

Supervivencia y condiciones del arbolado urbano en el Distrito 1 de la ciudad de El Alto: análisis preliminar de casos

Rolando Flores Lima

Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

Colegio de Arquitectos de La Paz

Abstract

This research analyzes the survival conditions of urban trees in District 1 of the city of El Alto, Bolivia, with an emphasis on public areas for pedestrian use. Based on field observations carried out in different sectors of this district, physical, social, and administrative factors that affect the development and permanence of trees planted in urban spaces were identified. The research is based on a qualitative-descriptive approach, with a record of environmental conditions, anthropogenic alterations, and characteristics of the immediate environment. Preliminary results show a high mortality rate and deterioration of trees, associated with a lack of planning, maintenance, and public awareness. This study seeks to contribute to the debate on green infrastructure and its role in building more livable, resilient, and sustainable cities in rapidly growing Andean urban contexts.

Keywords

Urban trees, green infrastructure, city of El Alto, District 1, public space, urban planning

Resumen

La presente investigación analiza las condiciones de supervivencia del arbolado urbano en el Distrito 1 de la ciudad de El Alto, Bolivia, con énfasis en áreas públicas de uso peatonal. A partir de observaciones de campo realizadas en distintos sectores de este distrito, se identificaron factores físicos, sociales y administrativos que afectan el desarrollo y la permanencia de árboles plantados en espacios urbanos. La investigación se basa en un enfoque cualitativo-descriptivo, con registro de condiciones ambientales, alteraciones antrópicas y características del entorno inmediato. Los resultados preliminares evidencian una alta tasa de mortalidad y deterioro del arbolado, asociada a la falta de planificación, mantenimiento y conciencia ciudadana. Este estudio busca aportar al debate sobre la infraestructura verde y su rol en la construcción de ciudades más habitables, resilientes y sostenibles, en contextos urbanos andinos de rápido crecimiento.

Palabras clave

Arbolado urbano, infraestructura verde, ciudad de El Alto, Distrito 1, espacio público, planificación urbana

1. Introducción

La ciudad de El Alto, situada a más de 4.000 metros sobre el nivel del mar, constituye uno de los centros urbanos más altos y dinámicos del continente. Su crecimiento acelerado, caracterizado por la expansión territorial, la alta densidad poblacional y una fuerte presión sobre el suelo urbanizable, ha generado tensiones entre el desarrollo urbano y la sostenibilidad ambiental. En este contexto, el arbolado urbano emerge como un componente esencial no solo por su valor estético, sino también por sus funciones ecológicas, sociales y microclimáticas. No obstante, la consolidación de una infraestructura verde efectiva en El Alto enfrenta desafíos específicos: suelos empobrecidos, escasez hídrica, baja humedad relativa, radiación solar intensa y una marcada variabilidad térmica diaria. Estos factores limitan la capacidad de muchas especies vegetales para establecerse y sobrevivir, sobre todo cuando se emplean especies exóticas sin una evaluación previa de su adaptación al entorno altiplánico.

A pesar de los esfuerzos municipales por incorporar áreas verdes en las urbanizaciones, persiste una alta tasa de mortalidad entre los individuos plantados, particularmente durante los primeros años de vida. Esto sugiere la necesidad de generar información técnica local que permita entender las

causas de esta baja supervivencia y definir criterios adecuados para la selección, manejo y conservación del arbolado urbano.

En este sentido, el presente estudio se enfoca en el Distrito 1 de la ciudad de El Alto, una de las zonas con mayor densidad urbana y actividad comercial. El propósito es analizar la supervivencia y las condiciones generales del arbolado urbano, evaluando tanto factores físicos (estado fitosanitario, inclinación, diámetro) como contextuales (tipo de entorno inmediato, especies plantadas, condiciones del suelo). La pregunta que guía esta investigación es: ¿qué especies de árboles urbanos presentan mayores niveles de supervivencia en el entorno del Distrito 1 de El Alto y qué factores determinan su éxito o fracaso en estas condiciones climáticas y urbanas?

El objetivo general es evaluar el estado actual del arbolado urbano en términos de supervivencia, adaptabilidad y condiciones ambientales, con el fin de ofrecer recomendaciones técnicas para fortalecer la planificación y gestión de infraestructura verde en contextos de alta altitud y expansión urbana.

2. Marco teórico

2.1. El arbolado urbano como componente estructural del ecosistema urbano

En la ciudad contemporánea el arbolado urbano no debe ser entendido como un simple elemento decorativo, sino como una infraestructura viva e indispensable para el funcionamiento del ecosistema urbano (Nowak & Dwyer). Su valor se extiende más allá del embellecimiento: interviene en procesos ecológicos clave como la regulación térmica, la purificación del aire, la infiltración de agua y la provisión de hábitat para la biodiversidad urbana (Gill et al.; Tzoulas et al.).

Autores como Beatley y Newman argumentan que, en contextos de alta densidad urbana, los árboles contribuyen también a la construcción de una “ciudad biofílica”, donde el contacto cotidiano con la naturaleza mejora la salud mental, reduce el estrés y fortalece el sentido de pertenencia territorial. Esto es especialmente importante en urbes como El Alto, caracterizadas por dinámicas de expansión rápida, densificación informal y fragmentación del espacio público.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [*Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO*]

ha reconocido que los bosques urbanos y periurbanos son esenciales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular los vinculados a ciudades sostenibles, acción climática y vida terrestre. En este marco, el arbolado urbano se convierte en un nodo articulador entre lo ecológico y lo social, y su supervivencia y estado deben ser monitoreados como indicadores de equidad y resiliencia urbana.

2.2. Ciudades de altura y desafíos ecofisiológicos para el arbolado urbano

La ciudad de El Alto constituye uno de los mayores desafíos para la silvicultura urbana debido a su altitud extrema, superior a los 4.000 m s. n. m., combinada con condiciones climáticas agresivas: baja humedad atmosférica, fuertes vientos, alta radiación UV, heladas nocturnas y suelos degradados (Torrez; Rodríguez). Este conjunto de factores impone restricciones significativas a la supervivencia y desarrollo de especies vegetales, especialmente aquellas no adaptadas a ambientes altiplánicos.

La literatura ecofisiológica sostiene que, a mayor altitud, la atmósfera se vuelve menos densa, reduciendo la tasa de fotosíntesis y transpiración vegetal, afectando la eficiencia hídrica y la estabilidad estructural del árbol (Larcher; Körner). Por ello, la planificación del arbolado urbano en estas zonas requiere no solo criterios paisajísticos o simbólicos, sino también consideraciones técnicas profundas en torno a la selección de especies nativas resistentes, técnicas de implantación protegida y manejo del estrés abiótico.

Estudios en otras ciudades andinas como Quito, La Paz o Cusco coinciden en señalar que el éxito del arbolado urbano en altura está íntimamente ligado a la compatibilidad ecológica del árbol con su microhábitat urbano (Rodríguez; Salbitano et al.), así como a la gestión pública a largo plazo. En este sentido la urbanización acelerada de El Alto, caracterizada por alta demanda de suelo y limitada inversión en espacio público verde, agrava aún más las posibilidades de consolidar cuerpos arbóreos estables.

2.3. Enfoques contemporáneos de gestión del arbolado urbano: justicia ecológica y sostenibilidad

A nivel conceptual, la gestión del arbolado urbano ha evolucionado desde modelos técnicos centrados en la plantación masiva hacia enfoques más integrales, como la silvicultura urbana estratégica (Clark et al.) y el concepto de infraestructura verde resiliente (Ahern). Estos modelos promueven la gestión

basada en datos, el monitoreo participativo y la vinculación con políticas de ordenamiento territorial.

En ciudades de América Latina los árboles urbanos también han sido resignificados desde perspectivas de justicia ecológica, al evidenciarse que las zonas más pobres suelen tener menor cobertura arbórea, peor calidad del aire y menor acceso a espacios verdes (Anguelovski; Dobbs et al.). Esta desigualdad ambiental se manifiesta también en El Alto, donde los barrios de reciente formación, generalmente autoconstruidos, tienen un déficit crónico de vegetación urbana. Además, existe una tensión estructural entre la necesidad de urbanizar suelo para vivienda y la urgencia de conservar o establecer redes verdes funcionales. Esta disyuntiva no puede resolverse sin una política pública explícita que priorice la vegetación urbana como un derecho ciudadano y como componente del bienestar colectivo (UN-Habitat).

Por tanto, evaluar la supervivencia y el estado del arbolado en El Alto no es un ejercicio meramente descriptivo, sino una herramienta crítica para diagnosticar el grado de sostenibilidad y equidad en la construcción del espacio urbano. Estudios como el presente contribuyen a llenar vacíos de información, alertan sobre debilidades estructurales en la planificación verde y ofrecen bases técnicas para una gestión más consciente y contextualizada del paisaje urbano en altura.

2.4. Focalización urbana

En contextos urbanos como El Alto, donde las presiones por el uso intensivo del suelo y las condiciones climáticas extremas dificultan la vegetación espontánea, el establecimiento de arbolado urbano se convierte en un acto planificado, técnico y político. La ecología urbana aporta un enfoque sistémico para entender cómo interactúan las dinámicas ecológicas y sociales en la configuración de los espacios verdes (Alberti; Grimm et al.). Bajo esta mirada, los árboles urbanos no pueden ser considerados simplemente como elementos decorativos o aislados, sino como partes activas de un ecosistema urbano en constante transformación.

A su vez, desde el enfoque del derecho a la ciudad (Lefebvre; Harvey), se plantea que todos los ciudadanos deben poder incidir en la producción del espacio urbano y gozar de condiciones de vida dignas, incluyendo entornos saludables y ambientalmente sustentables. En este marco, la falta de arbolado, o su débil permanencia en ciertos sectores, constituye una forma de exclusión territorial.

Finalmente, la incorporación del concepto de resiliencia urbana permite entender el arbolado no solo como un elemento pasivo del paisaje, sino como parte activa de las capacidades de adaptación y respuesta frente a crisis climáticas, contaminación o deterioro de la calidad de vida. Ahern sostiene que las ciudades resilientes son aquellas que integran infraestructura verde y promueven sistemas ecológicos funcionales dentro de su matriz urbana, no como decoración, sino como soporte para el bienestar colectivo.

Este marco teórico, por tanto, articula tres niveles de análisis: (1) el técnico-ecológico, que define los requisitos y limitaciones para la implantación de arbolado en altura; (2) el urbano-territorial, que evidencia los conflictos entre urbanización intensiva y naturaleza urbana; y (3) el político-social, que visibiliza las implicaciones de justicia ambiental y derecho al espacio público en la distribución del arbolado.

3. Metodología

3.1. Tipo de estudio

El presente trabajo corresponde a un estudio de carácter descriptivo y exploratorio, con enfoque cuantitativo, orientado a la evaluación del estado del arbolado urbano en el Distrito 1 de la ciudad de El Alto. Se aplicó una metodología basada en observación directa y registro estructurado de variables, con el objetivo de identificar patrones de supervivencia y condición de los árboles plantados en entornos urbanos.

3.2. Universo y muestra

El universo de estudio corresponde a la totalidad del arbolado urbano presente en áreas públicas (avenidas, plazas, parques y aceras) del Distrito 1. Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado, considerando como estratos los distintos barrios y zonas del distrito. A partir de un universo estimado de más de 4.500 individuos, se determinó una muestra representativa de 380 árboles, según el cálculo estadístico con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

3.3. Técnica de recolección de datos

Se diseñó una ficha técnica de evaluación en campo, aplicada mediante observación directa entre los meses de junio y agosto de 2024. La recolección fue ejecutada por un equipo multidisciplinario capacitado para garantizar la

homogeneidad en los registros. Las coordenadas geográficas fueron capturadas con GPS para su posterior georreferenciación.

3.4. Variables observadas

Las variables registradas se agruparon en tres categorías principales:

- Identificación del ejemplar: especie (nombre común y científico), origen (nativa/exótica), número de individuos por especie.
- Condición física del árbol: estado de salud general, presencia de plagas o daños, inclinación del tronco, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura estimada.
- Condición del entorno: tipo de superficie circundante (tierra, césped, acera, adoquín), presencia de alcorque, disponibilidad de riego, exposición al tráfico peatonal o vehicular.

Para evaluar el estado general del árbol se aplicó el Índice de Condición Visual (ICV), adaptado de protocolos utilizados en estudios de silvicultura urbana (Clark et al.), mediante la valoración de aspectos como color y densidad del follaje, integridad estructural y presencia de ramas muertas, entre otros.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron sistematizados en hojas de cálculo y procesados mediante análisis estadístico descriptivo (frecuencias, porcentajes, cruces bivariados). Se identificaron las especies con mayor y menor tasa de supervivencia, así como la relación entre el tipo de entorno y el estado del árbol.

3.6. Justificación metodológica

La elección de un diseño cuantitativo con observación directa permite capturar datos empíricos sobre la realidad actual del arbolado, lo que es fundamental para establecer una línea base sobre la cual formular políticas públicas. El uso de indicadores estandarizados como el ICV garantiza comparabilidad con estudios similares en otros contextos urbanos.

3.7. Diseño muestral

Se diseñó un muestreo intencionado estratificado, con base en criterios morfológicos y funcionales del espacio urbano. Se identificaron y seleccionaron 25 puntos de observación distribuidos entre parques, plazas, avenidas

arboladas, áreas institucionales y zonas de transición entre espacios verdes y trama edificada. Los criterios de inclusión para cada punto de muestreo fueron:

- Existencia de arbolado identificado en imágenes satelitales de años anteriores (2013-2015).
- Variabilidad en el uso del suelo y nivel de consolidación urbana.
- Accesibilidad y seguridad para el trabajo de campo.
- Representatividad dentro de la diversidad tipológica del espacio público del distrito.

Cada punto fue georreferenciado mediante GPS y registrado en fichas técnicas estandarizadas.

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación combinó herramientas de observación directa, registro fotográfico georreferenciado y análisis multitemporal de imágenes satelitales. La recolección de datos se efectuó entre los meses de marzo y abril de 2024. Se emplearon las siguientes técnicas específicas:

- Fichas de evaluación del arbolado, adaptadas de manuales técnicos municipales y guías de silvicultura urbana (FAO; Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia). Las fichas incluyeron:
 - * especie (identificada en campo o clasificada por morfotipo)
 - * altura aproximada
 - * diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP)
 - * estado fitosanitario
 - * presencia de tutores, riego o poda
 - * grado de estrés hídrico o mecánico
 - * condiciones del entorno (tipo de pavimento, interferencias, cercanía con redes o estructuras).
- Registro fotográfico sistemático con ubicación, fecha y ángulo de captura estandarizado.
- Comparación multitemporal de ortofotos y capturas históricas de *Google Earth* (años 2013, 2017, 2020, 2023) para determinar la permanencia, desaparición o sustitución del arbolado en los mismos sitios observados.
- Revisión de instrumentos normativos locales, incluyendo publicaciones como la *Propuesta de plan de manejo del arbolado urbano para el macrodistrito centro de La Paz* (Arze 1999); El valor ecológico, ornamental y de uso tradicional de las especies nativas de la ciudad de La Paz (Rodríguez); *Manual de Arbolado Urbano. Ciudad de La Paz* (Arze y Weeda); ordenanzas municipales y estudios técnicos relacionados con forestación urbana.

3.9. Procedimiento analítico

Los datos fueron sistematizados en una matriz de base de datos construida en Excel, luego exportada a herramientas SIG (QGIS) para su espacialización y visualización. Se aplicaron los siguientes criterios de análisis:

- Índice de Supervivencia del Arbolado (ISA): proporción de árboles que persisten en el mismo sitio entre 2013 y 2023.
- Condiciones del entorno inmediato: se identificaron patrones de afectación vinculados a infraestructura (asfaltado, obras civiles), actividades humanas (uso comercial, tránsito vehicular) o factores ambientales (exposición, inclinación del terreno).
- Análisis comparativo por tipo de espacio público: se identificaron tendencias de pérdida o conservación según el tipo de espacio (plaza, parque, avenida, entorno institucional, etc.).
- Tipología de amenazas: se clasificaron las causas de deterioro o desaparición del arbolado en categorías: intervención por obras, abandono, estrés hídrico, vandalismo, poda excesiva o inexistencia de mantenimiento.

3.10. Validación y limitaciones

El estudio presenta como fortaleza el uso de observación directa complementada con análisis multitemporal, lo que permite evaluar dinámicas de largo plazo. Sin embargo, se reconoce como limitación la imposibilidad de identificar con certeza todas las especies debido a la ausencia de señalización técnica o fichas previas. Asimismo, el estudio se concentró en un solo distrito, por lo que sus hallazgos no pueden generalizarse automáticamente a otros sectores de El Alto sin estudios adicionales.

4. Discusión

El levantamiento de datos abarcó un total de 270 individuos arbóreos distribuidos en puntos muestreados del Distrito 1 de la ciudad de El Alto. Esta unidad territorial, que representa una de las zonas fundacionales del municipio, fue seleccionada por su mixtura de usos urbanos, su densidad poblacional creciente y la presencia de corredores viales principales donde se ha promovido la plantación urbana en décadas recientes.

4.1. Supervivencia general del arbolado

De los árboles registrados, solo el 58% se encuentra en estado de supervivencia activo, es decir, con signos vitales visibles (brotes, follaje verde, respuesta al estímulo físico). El 42% restante muestra condiciones de muerte, colapso o deterioro irreversible, lo que revela una alta tasa de mortalidad para un espacio urbano consolidado. Este dato sugiere una debilidad estructural en la gestión del arbolado en este distrito, posiblemente atribuible a factores como el estrés hídrico, la compactación del suelo, la falta de mantenimiento o la selección inadecuada de especies.

4.2. Composición de especies

La diversidad florística identificada fue baja, destacándose la presencia de especies recurrentes como:

- Acacia (Acacia spp.)
- Pinus radiata (pino radiata)
- Cupressus spp. (ciprés)
- Eucalyptus globulus (eucalipto)
- Acer negundo (arce negundo)
- Schinus molle (molle)
- Populus nigra (álamo negro)

De estas, la Acacia spp. y el Pinus radiata fueron las más frecuentes, pero se identificó que el ciprés y el pino — pese a su abundancia — presentan una alta tasa de daño físico o debilitamiento estructural, posiblemente por su baja adaptabilidad a suelos compactados y su necesidad hídrica no satisfecha.

Especie	Subespecies	Características	Tiempo de Crecimiento	Herramientas de Cuidado
Ciprés (Cupressus spp.)	C. sempervirens, C. lusitanica, C. macrocarpa, C. arizonica	Coníferas de follaje perenne, resistentes a sequías	5-10 años	Riego moderado, poda anual
Pino (Pinus spp.)	P. radiata, P. sylvestris, P. pseudostrobus	Rápido crecimen- to, adaptable a suelos pobres	5-15 años	Riego ocasional, control de plagas
Molle (Schinus molle)	S. molle var. areira, S. molle var. rusbyi, S. molle var. dependens	Resistente a sequías, follaje aromático	4-7 años	Poda de forma- ción, riego ocasional

Especie	Subespecies	Características	Tiempo de Crecimiento	Herramientas de Cuidado
Ciruelo (<i>Prunus</i> spp.)	<i>P. domestica</i> , <i>P. salicina</i> , <i>P. cerasifera</i> , <i>P. spinosa</i>	Frutal caducifolio, requiere fríos invernales	3-6 años	Fertilización anual, riego moderado
Olmo (<i>Ulmus</i> spp.)	<i>U. pumila</i> , <i>U. minor</i>	Resistente a climas extremos, tolera suelos pobres	10-20 años	Riego profundo, poda cada 2 años
Acacia (<i>Acacia</i> spp.)	15 subespecies, incluyendo <i>A. dealbata</i> , <i>A. melanoxylon</i> , <i>A. farnesiana</i>	Rápido crecimiento, fija nitrógeno en el suelo	3-10 años	Poda ligera, resistencia a sequías
Álamo (<i>Populus</i> spp.)	<i>P. nigra</i> , <i>P. alba</i> , <i>P. tremula</i>	Adaptable a suelos húmedos, crecimiento rápido	5-15 años	Riego abundante, poda de saneamiento
Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp.)	<i>E. globulus</i> , <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i>	Altamente resistente, utilizado en reforestación	5-12 años	Poda de mantenimiento, control de plagas
Queñua (<i>Polylepis</i> spp.)	<i>P. tarapacana</i> , <i>P. pepel</i> , <i>P. incana</i> , <i>P. berterii</i> , <i>P. tomentella</i> , <i>P. subtusilbida</i>	Endémico de los Andes, resistente a heladas	10-30 años	Conservación de suelo, riego ocasional
Kiswara (<i>Buddleja</i> spp.)	<i>B. coriacea</i> , <i>B. incana</i> , <i>B. globosa</i> , <i>B. araucana</i> , <i>B. americana</i>	Resistente a sequías, importante en ecosistemas altoandinos	5-15 años	Poda regular, adaptación a suelos pobres
Naranja (<i>Citrus</i> sinensis)	---	Frutal de climas templados, sensible a heladas	5-8 años	Riego moderado, fertilización anual
Locoto (<i>Capsicum</i> pubescens)	---	Resistente a bajas temperaturas, frutos picantes	1-2 años	Riego moderado, soporte estructural
Tomate (<i>Solanum</i> lycopersicum)	---	Cultivo rápido, requiere sol y suelos fértiles	3-6 meses	Tutorado, riego constante
Kantuta (<i>Cantua</i> buxifolia)	---	Flor nacional de Bolivia, ornamental	2-5 años	Riego moderado, resistencia a heladas
Cedrón (<i>Aloysia</i> citrodora)	---	Arbusto aromático, usado en infusiones	2-3 años	Poda anual, riego moderado
Retama (<i>Spartium</i> junceum)	---	Arbusto resistente a sequías, ornamental	3-7 años	Riego moderado, poda ligera

Especie	Subespecies	Características	Tiempo de Crecimiento	Herramientas de Cuidado
Retama japonesa (<i>Cytisus scoparius</i>)	<i>C. scoparius</i> var. <i>scoparius</i> , <i>C. scoparius</i> var. <i>andreaeanus</i> , <i>C. scoparius</i> var. <i>montanus</i>	Invasiva, utilizada en estabilización de suelos	3-8 años	Control de propagación, poda constante
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	<i>R. officinalis</i> var. <i>angustifolius</i> , <i>R. officinalis</i> var. <i>prostratus</i> , <i>R. officinalis</i> var. <i>albiflorus</i>	Arbusto aromático, resistente a sequías	2-4 años	Poda anual, riego moderado
Rosa (<i>Rosa</i> spp.)	<i>R. chinensis</i> , <i>R. damascena</i> , <i>R. gallica</i> , <i>R. rugosa</i>	Ornamental, requiere cuidado intensivo	2-5 años	Poda estacional, fertilización frecuente
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	---	Frutal tropical, sensible al frío	5-8 años	Protección contra heladas, riego regular
Palta (Aguacate) (<i>Persea americana</i>)	---	Frutal de crecimiento lento, sensible a heladas	6-12 años	Fertilización regular, riego controlado
Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i>)	---	Resistente a climas fríos, ornamental y medicinal	2-4 años	Poda anual, riego moderado
Salvia (<i>Salvia officinalis</i>)	---	Medicinal y ornamental, adaptada a suelos secos	2-4 años	Poda regular, riego ocasional
Manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i>)	---	Cultivo rápido, usado en infusiones medicinales	6 meses	Riego constante, cosecha manual

Asimismo, se observó una escasa presencia de especies nativas altiplánicas, lo que evidencia un modelo de plantación históricamente exógeno y poco contextualizado.

4.3. Distribución y condiciones del arbolado

Los árboles fueron identificados en su mayoría en:

- Alineaciones viales (70%): sobre avenidas como 6 de Marzo, Av. Cívica, y arterias adyacentes.
- Espacios institucionales (18%): plazas, frontis de colegios, centros de salud.

- Lotes baldíos o bordes de áreas periurbanas (12%): donde el arbolado sobrevive de forma espontánea o por iniciativa vecinal.

Respecto a las condiciones de plantación y soporte, se encontró que:

- El 62% carece de protección física básica, como tutores, alcorques o rejillas.
- El 45% presenta afectaciones visibles: heridas de poda, corte de raíces, presencia de basura en la base o daños mecánicos por vehículos.
- Solo un 23% se encuentra en condiciones óptimas, entendiendo este estado como individuos sanos, enraizados, con espacio libre para el crecimiento radicular y sin conflictos con infraestructura urbana.

4.4. Altura y forma del arbolado

El promedio de altura de los árboles vivos registrados fue de 4,2 metros, con una gran variabilidad según especie y antigüedad de plantación. Muchos individuos juveniles muestran un crecimiento atrofiado o estancado, probablemente debido al estrés hídrico y a suelos empobrecidos. Además, se registraron formas de copa dispar y asimétrica en más del 40% de los ejemplares, reflejando podas inadecuadas, competencia por luz o daño físico por viento. Esta falta de estructura compromete la estabilidad mecánica y la funcionalidad ecológica del árbol.

4.5. El arbolado urbano como víctima de una urbanización sin planificación ecológica

Los resultados del estudio evidencian una tendencia crítica: el arbolado urbano en El Alto, particularmente en el Distrito 1, presenta una supervivencia extremadamente baja (28%) en el transcurso de una década. Este hecho no puede entenderse únicamente desde una dimensión técnica o ambiental, sino como una consecuencia directa de un modelo de urbanización que históricamente ha marginado el componente ecológico del diseño urbano.

La ciudad de El Alto es el paradigma de la urbanización informal y auto-construida en la región andina, resultado de dinámicas migratorias intensas, presión demográfica y ausencia de una planificación con criterios de sostenibilidad (Arbona y Kohl). En este contexto, el arbolado urbano no ha sido concebido como un componente estructural del espacio público, sino como un añadido secundario, ornamental o incluso estorboso para las lógicas de expansión vial o comercial. Este patrón de crecimiento urbano se reproduce en

otros centros urbanos periféricos de América Latina, donde el déficit de infraestructura verde revela fallas profundas de gobernanza territorial (Monkkonen; UN-Habitat).

La eliminación del arbolado responde entonces a una cultura técnica e institucional que prioriza el cemento sobre la vida, y a una visión del desarrollo que subordina la ecología a la lógica funcionalista de movilidad, comercio y construcción.

4.6. Efectos de la altitud extrema sobre la forestación urbana

Como ya se mencionó anteriormente, el caso de El Alto es también único desde el punto de vista biofísico. Situada a más de 4.000 metros sobre el nivel del mar, la ciudad enfrenta condiciones climáticas y edáficas severas: amplitudes térmicas extremas, fuerte radiación UV, baja humedad relativa y suelos pobres en materia orgánica (Körner). Estas características limitan drásticamente la variedad de especies aptas para arborización urbana y exigen una selección extremadamente cuidadosa de especies, así como un manejo técnico permanente.

Sin embargo, las observaciones de campo sugieren que gran parte de las plantaciones previas —realizadas en contextos de proyectos barriales, campañas institucionales o trabajos comunales— no siguieron criterios de adaptación ecológica ni de diseño sostenible. En muchos casos, se utilizaron especies exóticas de rápido crecimiento, como el eucalipto o el ciprés, sin estudios previos sobre su compatibilidad con el suelo, su impacto en los servicios ecosistémicos urbanos o su resistencia a eventos climáticos locales.

Este desajuste entre las condiciones del entorno y las especies plantadas refuerza la mortalidad temprana del arbolado, y demuestra una ausencia de planificación forestal urbana basada en evidencia científica y conocimiento técnico local.

4.7. Ausencia de gobernanza ambiental y fragmentación institucional

Un análisis transversal de los datos muestra que la supervivencia del arbolado no depende solamente del clima, sino sobre todo de decisiones humanas. La desaparición del arbolado coincide con procesos de renovación urbana no regulados, apertura de vías, remodelaciones de plazas y construcción de equipamientos que no integraron al arbolado como parte de la infraestructura urbana.

Este patrón es indicativo de una fragmentación institucional, donde las direcciones de obras públicas, saneamiento, movilidad urbana y medio ambiente no operan bajo criterios integrados. Esta desarticulación entre sectores —típica de gobiernos locales de países en desarrollo— impide el tratamiento del arbolado como parte de un sistema ecológico-urbano más amplio.

Además, la legislación existente en torno al arbolado urbano en Bolivia es dispersa, poco aplicada y sin mecanismos de fiscalización ciudadana. La falta de un catastro del arbolado, de protocolos de seguimiento y de indicadores de salud forestal urbana imposibilita cualquier gestión estratégica y participativa (Arze 2003; Rodríguez).

4.8. El arbolado como marcador de inequidad ambiental

Desde una perspectiva socio-ecológica, el deterioro del arbolado en El Alto también refleja desigualdades territoriales profundas. Las zonas donde el arbolado ha desaparecido con mayor velocidad coinciden con sectores populares, zonas periurbanas o áreas de alta densidad de comercio informal. Por el contrario, en los pocos espacios donde el arbolado ha sobrevivido —como en entornos institucionales cerrados o zonas con presencia militar— se observan condiciones mínimas de protección y mantenimiento.

Esto sugiere que el acceso a áreas verdes y a la sombra vegetal está condicionado por la ubicación social y política del territorio, reproduciendo lo que algunos autores han denominado “injusticias verdes” (Anguelovski; Heynen et al.). Estas brechas no solo afectan el confort térmico o la estética urbana, sino que tienen impactos directos en la salud física, mental y social de la población, especialmente de niños y adultos mayores.

En ciudades como Medellín, Santiago de Chile o Curitiba, el fortalecimiento del arbolado ha sido entendido como un mecanismo para redistribuir bienestar, reducir la criminalidad, fomentar la convivencia y mitigar los efectos del cambio climático urbano (Jacobs; Tzoulas et al.). El caso de El Alto, por el contrario, refleja un modelo de exclusión ambiental que profundiza la precariedad.

4.9. Ausencia de apropiación ciudadana: cultura, memoria y paisaje

Finalmente, la falta de supervivencia del arbolado también puede entenderse desde una perspectiva cultural. En muchas ciudades del mundo los

árboles son elementos cargados de sentido: conectan con la historia barrial, representan la memoria colectiva y configuran el paisaje urbano. En El Alto, en cambio, la precariedad de las condiciones de vida, el énfasis en la expansión acelerada y la presión del mercado informal han creado un entorno donde el árbol es visto como algo prescindible, incluso molesto.

En algunos puntos de muestreo se evidenciaron actos de vandalismo, remoción o desarraigo, lo que sugiere una debilidad en la cultura del cuidado y la apropiación del espacio verde. Esto no implica una falta de conciencia ambiental, más bien refleja la necesidad de repensar las estrategias de educación ambiental y participación ciudadana. Experiencias como las de Rosario (Argentina) o Quito (Ecuador), donde vecinos “adoptan” árboles y se convierten en sus cuidadores, demuestran que es posible generar una cultura del verde desde abajo, pero siempre con el acompañamiento de políticas públicas consistentes y presupuestos reales (UNESCO).

4.10. Supervivencia del arbolado urbano (2013-2023)

De los 25 puntos de muestreo analizados en el Distrito 1, solo en 8 se evidenció la permanencia parcial o total del arbolado presente en registros satelitales de 2013. En 17 puntos, los árboles originales fueron eliminados, sustituidos o presentaban signos claros de deterioro severo.

Se estimó un Índice de Supervivencia del Arbolado (ISA) general del 28%, lo que indica que menos de un tercio del arbolado registrado en el pasado logró mantenerse en el tiempo.

Tipo de espacio	Puntos evaluados	Puntos con arbolado sobreviviente	ISA estimado
Plazas y parques	10	4	40%
Avenidas y vías	9	2	22%
Espacios institucionales	6	2	33%

4.11. Causas de desaparición o deterioro del arbolado

El análisis de campo permitió identificar múltiples causas que explican la pérdida o debilitamiento del arbolado urbano. Estas se clasificaron en:

- Intervenciones urbanas (40%): apertura de vías, ensanchamiento de aceras, construcción de equipamientos o cierre de plazas.

- Falta de mantenimiento (28%): ausencia de riego, podas inadecuadas, falta de tutores o cercado.
- Factores ambientales extremos (20%): exposición solar intensa, suelos compactados, vientos fuertes propios de la altiplanicie a más de 4.000 m s. n. m.
- Vandalismo y usos indebidos (12%): quema de árboles, cortes intencionales, remoción de ejemplares por considerarlos “estorbo” en actividades barriales.

Esta multicausalidad refleja una débil institucionalidad para la gestión del arbolado urbano en El Alto, así como escasa apropiación comunitaria de estos elementos vegetales.

4.12. Caracterización del arbolado observado

En los casos donde aún persistía el arbolado, se observó lo siguiente:

- Especies frecuentes: predominio de *Cupressus sempervirens* (ciprés), *Populus nigra* (álamo), *Pinus radiata* (pino) y eucaliptos, especies introducidas por su tolerancia al clima seco y a la altitud.
- Condiciones fitosanitarias: más del 60% de los ejemplares sobrevivientes presentaban signos de estrés hídrico, inclinación estructural o daños en la base del tronco.
- Altura y edad promedio: entre 3 y 6 metros de altura. Se estimó una edad media de plantación de 8 a 15 años, en su mayoría sin manejo técnico adecuado.

4.13. Patrones espaciales y relación con el entorno urbano

Se identificaron zonas críticas en las que la transformación urbana fue particularmente agresiva con el arbolado, como las inmediaciones de la Av. 6 de Marzo, el entorno del Multifuncional y algunos parques pequeños convertidos en áreas de equipamiento.

Por el contrario, algunos espacios institucionales (entornos de escuelas o unidades militares) conservaron parcialmente su cobertura vegetal, aunque sin mantenimiento técnico. En estos casos, la presión urbanizadora es menor y los árboles logran cierta estabilidad.

5. Conclusiones y observaciones

5.1. Conclusiones

1. Alta mortalidad del arbolado urbano

El análisis longitudinal del arbolado en el Distrito 1 de El Alto demuestra una alarmante tasa de desaparición de árboles plantados durante la década 2010-2020, con una supervivencia inferior al 30%. Esta cifra revela la ausencia de una política coherente de gestión forestal urbana y refleja tanto debilidades estructurales institucionales como factores ecológicos y socioculturales desfavorables.

2. Contexto urbano y ambiental adverso

La altitud extrema de El Alto (4.000 m s. n. m.), junto con condiciones edáficas pobres y amplitudes térmicas significativas, plantea desafíos únicos para el desarrollo de masas forestales urbanas. Sin una planificación técnica adaptativa y específica al entorno, los programas de forestación están condenados al fracaso.

3. El arbolado como indicador de exclusión ecológica

El patrón espacial de desaparición del arbolado coincide con zonas de mayor vulnerabilidad social, precariedad urbana y menor presencia institucional, lo que sugiere que la vegetación urbana no solo embellece, sino que marca la desigual distribución del bienestar ecológico en la ciudad.

5.2. Falta de apropiación ciudadana y continuidad institucional

La corta vida del arbolado no se debe únicamente a factores físicos, sino también a una falta de arraigo simbólico, social y comunitario. Sin procesos de educación ambiental, apropiación vecinal y mantenimiento sostenido, las plantaciones no generan vínculo ni permanencia.

6. Recomendaciones

1. Diseñar una política municipal integral de infraestructura verde urbana

Se propone la creación de un Plan Maestro de Arbolado Urbano para El Alto, con enfoque distrital, participativo y basado en criterios ecológicos, culturales y de equidad territorial. Este plan debe incorporar la gestión de especies nativas adaptadas, catastro digital del arbolado y protocolos de mantenimiento multianual.

2. Articular el trabajo interinstitucional y normativo

Es urgente establecer mecanismos de coordinación entre las unidades municipales de medio ambiente, obras públicas, movilidad y planificación urbana. El arbolado debe ser considerado parte de la infraestructura básica de la ciudad, al mismo nivel que el alumbrado, la red vial o el alcantarillado.

3. Implementar programas de educación ambiental y “adopción de árboles”

Fortalecer la participación comunitaria mediante campañas de “apadrinamiento” de árboles, formación de brigadas ecológicas barriales y espacios de educación ambiental en unidades educativas. El árbol debe volver a ser un símbolo de identidad barrial.

4. Priorizar la forestación en zonas de mayor déficit verde

Se recomienda un enfoque de “justicia verde” en la planificación del arbolado, priorizando intervenciones en barrios populares, áreas escolares, mercados y zonas de alta vulnerabilidad social. El árbol debe contribuir a equilibrar las desigualdades territoriales.

5. Incluir al arbolado urbano en el marco del cambio climático

Toda estrategia de adaptación urbana debe incluir infraestructura ecológica. Se sugiere que el Municipio de El Alto incorpore metas de cobertura arbórea como parte de sus planes de mitigación del cambio climático, gestión del riesgo y resiliencia urbana.

6. Profundizar la investigación y monitoreo del arbolado

Este estudio puede ser base para un sistema permanente de monitoreo del arbolado urbano. Se sugiere realizar investigaciones multidisciplinarias que integren ecología, arquitectura del paisaje, ciencias sociales y salud pública para diseñar un modelo de ciudad andina verde, viable y resiliente.

Bibliografía citada

- AHERN, Jack. 2011. “From Fail-Safe to Safe-to-Fail: Sustainability and Resilience in the New Urban World”. *Landscape and Urban Planning* 100(4): 341-343.
- ALBERTI, Marina. 2008. *Advances in Urban Ecology: Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. New York: Springer.
- ANGUELOVSKI, Isabelle. 2014. *Neighborhood as Refuge: Community Reconstruction, Place Remaking, and Environmental Justice in the City*. Cambridge, MA.: The MIT Press.

- ARBONA, Juan M. & Benjamin Kohl. 2004. "La Paz-El Alto". *Cities* 21(3): 255-265.
- ARZE, Ana. 2003. "La vegetación urbana como patrimonio ecológico: Experiencias en La Paz. *Biodiversidad urbana en los Andes*". La Paz: Instituto de Ecología – Universidad Mayor de San Andrés. 127-142.
- . Arze, A. 1999. *Propuesta de plan de manejo del arbolado urbano para el macrodistrito centro de La Paz*. La Paz: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP).
- . y Heleen Weeda. 1996. *Manual de Arbolado Urbano. Ciudad de La Paz*. La Paz: Instituto de Ecología - Universidad Mayor de San Andrés. [<https://cebem.org/?p=9097>] página descargada el 15 de octubre, 2025.
- BEATLEY, Timothy. 2011. *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Washington, D.C.: Island Press.
- CLARK, James. R., et al. 1997. "A Model of Urban Forest Sustainability". *Journal of Arboriculture* 23(1): 17-30. [<https://www.naturewithin.info/Policy/ClarkSstnabtyModel.pdf>] página descargada el 15 de octubre, 2025.
- DOBBS, Cynnamon, et al. 2017. "Assessing the Drivers Shaping Global Patterns of Urban Vegetation Landscape Structure". *Science of the Total Environment* 592. 171-177.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2015. "Arboricultura urbana y periurbana en América Latina y el Caribe: una realidad: Roma: FAO. [https://www.fao.org/fileadmin/templates/FCIT/PDF/Brochure_FAO_3.pdf] página descargada el 15 de octubre, 2025.
- GILL, Susannah, et al. 2007. "Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure". *Built Environment* 33(1): 115-133.
- GRIMM, Nancy B., et al. 2000. "Integrated Approaches to Long-Term Studies of Urban Ecological Systems: Urban ecological systems present multiple challenges to ecologists—pervasive human impact and extreme heterogeneity of cities, and the need to integrate social and ecological approaches, concepts, and theory". *BioScience* 50(7): 571-584.
- HARVEY, David. 2008. "El derecho a la ciudad". *New Left Review* 53. 23-39. [<https://newleftreview.es/issues/53/articles/david-harvey-el-derecho-a-la-ciudad.pdf>] página descargada el 15 de octubre, 2025.
- HEYENEN, Nik, et al. 2006. "The Political Ecology of Uneven Urban Green Space: The Impact of Political Economy on Race and Ethnicity in Producing Environmental Inequality in Milwaukee". *Urban Affairs Review* 42(1): 3-25.
- JACOBS, Jane. 2011. *Muerte y vida de las grandes ciudades*. Ángel Abad y Ana Useros, trads. Madrid: Capitán Swing Libros. [<https://www.u-cursos.cl/fau/2015/2/AE4062/1/foro/r/Muerte-y-Vida-de-Las-Grandes-Ciudades-Jane-Jacobs.pdf>] página descargada el 15 de octubre, 2025.
- KÖRNER, Christian. 2007. "The Use of 'Altitude' in Ecological Research". *Trends in Ecology & Evolution* 22(11): 569-574.

- LARCHER, Walter. 2003. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Berlin, New York: Springer-Verlag.
- LEFEBVRE, Henri. 1978 [1968]. *El derecho a la ciudad*. 4ª edición. J. González-Pueyo, trad. Barcelona: Península.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). 2021. *Guía técnica de silvicultura urbana*. La Paz, Bolivia.
- MONKKONEN, Paavo. 2011. "Do Mexican Cities Sprawl? Housing-Finance Reform and Changing Patterns of Urban Growth". *Urban Geography* 32(3): 406-423.
- NEWMAN, Peter W.G. 1999. "Sustainability and Cities: Extending the Metabolism Model. *Landscape and Urban Planning* 44(4): 219-226.
- NOWAK, David J. & John F. Dwyer. 2007. "Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems". *Urban and Community Forestry in the Northeast*. John E. Kuser, ed. New York: Springer. 25-46.
[file:///C:/Users/ELM15/Downloads/Understanding_the_Benefits_and_Costs_of_Urban_Fore.pdf] página descargada el 15 de octubre, 2025.
- RODRÍGUEZ, Daisy. 2008. El valor ecológico, ornamental y de uso tradicional de las especies nativas de la ciudad de La Paz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés.
- SALBITANO, Fabio, et al. 2016. *Guidelines on Urban and Peri-Urban Forestry*. (FAO Forestry Paper No. 178). Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
[https://www.fao.org/3/a-i6210e.pdf] página descarga el 15 de octubre, 2025.
- TORREZ Huanacu, Roberto. 2014. Caracterización de suelos en relación a su aptitud y uso actual de la tierra en dos comunidades del municipio de Batallas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.
- TZOULAS, Konstantinos, et al. 2007. "Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas Using Green Infrastructure: A Literature Review". *Landscape and Urban Planning* 81(3): 167-178.
- UNESCO. 2020. *Education for Sustainable Development: A Roadmap*. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802] página descargada el 15 de octubre, 2025.
- UN-Habitat. 2016. *World Cities Report 2016. Urbanization and Development – Emerging Futures*. Eduardo López Moreno et al., eds. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme.
[https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf] página descargada el 15 de octubre, 2025.



New articles in this journal are licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 United States License.

Pitt

Open
Library
Publishing

This journal is published by [Pitt Open Library Publishing](https://bsj.pitt.edu).

