



REVISTA | VOLUMEN 6 | 2026

Rehabilitación De Canteras Urbanas Como Infraestructura Hídrica Sostenible: Una Estrategia Frente Al Cambio Climático En Bogotá Y Ciudades Latinoamericanas

Rehabilitation of Urban Quarries as Sustainable Water Infrastructure: A Climate Change Adaptation Strategy for Bogotá and Latin American Cities

Emmanuel Guerra Pinilla

Escuela Politécnica Superior De Linares, Universidad De Jaén, Jaén, España,

Franciscos Corpas Iglesias

Escuela Politécnica Superior De Linares, Universidad De Jaén, Jaén, España,

Harol león Zambrano Urbano

Escuela de Ingenieros Militares del Ejército Nacional de Colombia, docenteharol.zambrano@esing.edu.co

Sumario

p /122	I. Agua, ciudad y territorio minado en tiempos de inseguridad hídrica
p /124	II. Sostenibilidad hídrica urbana: hacia un nuevo ciclo del agua en ciudades del sur global
	2.1. Rehabilitación de pasivos mineros urbanos: del legado extractivo a la infraestructura hídrica
p /126	III. Metodología: Evaluación exploratoria de predios mineros para infraestructura hídrica urbana
	3.1. Fundamentación de la matriz de sostenibilidad
	3.2. Construcción y aplicación de la matriz de sostenibilidad
	3.3. Clasificación de viabilidad de los predios
	3.4. Aplicación al caso de estudio: Bogotá
	3.4.1. <i>Resultados del análisis documental</i>
	3.4.2. <i>Propuesta de clasificación y priorización</i>
p /132	IV. Conclusiones
	4.1. Hallazgos principales
	4.2. Aportes y propuesta del estudio
p /133	V. Bibliografía

Resumen

La creciente inseguridad hídrica en las ciudades, agravada por el cambio climático y la expansión urbana desordenada, requiere estrategias de adaptación más integrales y creativas. Este artículo propone reutilizar canteras urbanas inactivas como infraestructura hídrica para fortalecer el sistema de abastecimiento en Bogotá, Colombia. A partir de un enfoque cualitativo y exploratorio, se analizan 29 predios con antecedentes extractivos en diferentes localidades de la ciudad, sin procesos activos de restauración ni estudios técnicos recientes. La metodología propone una matriz de sostenibilidad que evalúa la viabilidad de estos terrenos como reservorios urbanos, zonas de retención hídrica o espacios para restauración ecológica. Esta matriz considera cinco dimensiones: ambiental, social, económica, tecnológica e institucional. La propuesta sostiene que, si se gestionan con un enfoque ambiental y territorial, estos pasivos mineros pueden convertirse en piezas clave de infraestructura azul-verde. Además, se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular los relacionados con el agua (ODS 6), ciudades sostenibles (ODS 11) y acción climática (ODS 13). La propuesta es replicable en otras ciudades latinoamericanas con problemáticas similares y resalta el rol de la academia en la formulación de metodologías aplicables, el seguimiento técnico y la incidencia en políticas públicas.

Abstract

Growing water insecurity in cities, exacerbated by climate change and unplanned urban expansion, demands more comprehensive and innovative adaptation strategies. This article proposes the reuse of inactive urban quarries as water infrastructure to strengthen the water supply system in Bogotá, Colombia. Based on a qualitative and exploratory approach, the study analyzes 29 sites with a history of extractive activity located across different areas of the city, none of which currently have active restoration processes or recent technical assessments. The methodology introduces a sustainability matrix to evaluate the feasibility of these sites as urban reservoirs, water retention areas, or spaces for ecological restoration. This matrix considers five dimensions: environmental, social, economic, technological, and institutional. The study argues that, when managed through an environmental and territorial planning approach, these mining liabilities can be transformed into key components of blue-green infrastructure. Furthermore, the proposal aligns with the Sustainable Development Goals, particularly those related to clean water and sanitation (SDG 6), sustainable cities and communities (SDG 11), and climate action (SDG 13). The approach is replicable in other Latin American cities facing similar challenges and highlights the role of academia in developing applicable methodologies, providing technical monitoring, and influencing public policy.

Palabras clave

Sostenibilidad hídrica urbana; pasivos mineros; canteras inactivas; infraestructura verde-azul; restauración ecológica; objetivos de Desarrollo Sostenible; Resiliencia Urbana; Usme; Bogotá.

Keywords

Urban water sustainability; mining liabilities; inactive quarries; blue-green infrastructure; ecological restoration; Sustainable Development Goals; urban resilience; Usme; Bogotá



Foto: José Nicolás Castellanos

I. Agua, ciudad y territorio minado en tiempos de inseguridad hídrica

El agua es un recurso esencial para la vida, el bienestar humano y el desarrollo económico. Su disponibilidad condiciona el funcionamiento de sectores estratégicos como la agricultura, la energía y la industria, y está directamente vinculada con el empleo, la salud pública y la reducción de la pobreza [1]. En países de ingresos bajos y medios, donde la infraestructura hídrica es frágil y la gobernanza limitada, garantizar el acceso confiable al agua representa uno de los desafíos estructurales más importantes del siglo XXI.

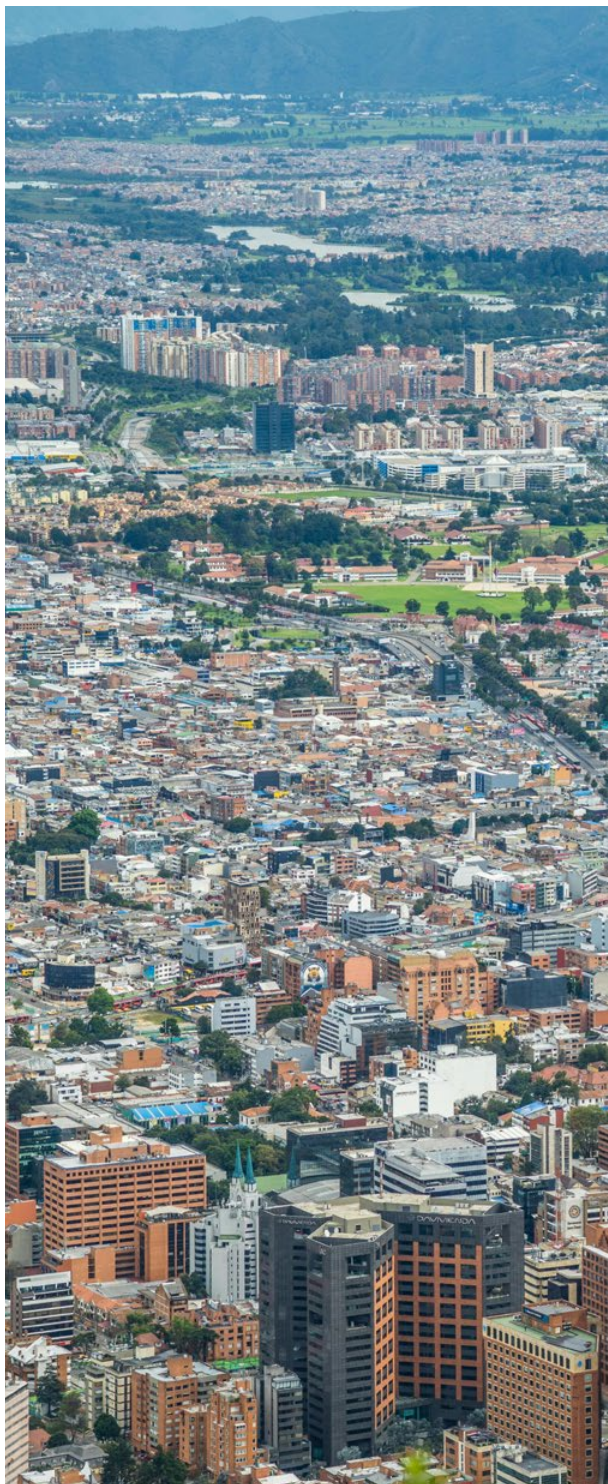
A nivel global, más de 2.4 mil millones de personas viven en condiciones de estrés hídrico, 2 mil millones carecen de acceso a agua potable gestionada de forma segura, y 3.5 mil millones no cuentan con servicios de saneamiento adecuados [1]. Esta crisis se agrava por el cambio climático, que altera los regímenes de precipitación, acelera la pérdida de humedales y reduce la capacidad de los ecosistemas para sostener fuentes confiables de agua dulce [2, 3]. Ríos que se secan, suelos que se salinizan y acuíferos que se agotan son síntomas de un deterioro global sostenido.

En América Latina, pese a concentrar cerca del 30 % del agua dulce del planeta, las desigualdades en el acceso, la infraestructura deficiente y la sobreexplotación de fuentes hídricas son críticas [4]. Las ciudades de la región enfrentan vulnerabilidades estructurales como la expansión informal del suelo urbano, la débil planificación territorial, la contaminación minera y la existencia de pasivos ambientales no gestionados. Estos factores, combinados con eventos hidrometeorológicos

extremos como sequías prolongadas y lluvias torrenciales, requieren estrategias de resiliencia hídrica urbana que aprovechen los recursos territoriales disponibles y fomenten soluciones basadas en la naturaleza [6, 9].

Una alternativa emergente consiste en rehabilitar pasivos mineros urbanos—como canteras y minas abandonadas—para transformarlos en reservorios artificiales, zonas de retención o humedales urbanos. Estos espacios, ubicados comúnmente en la periferia de las ciudades, ofrecen condiciones favorables como capacidad de almacenamiento, infraestructura previa y posibilidades de restauración ecológica. Casos exitosos en España, Sudáfrica, India, Chile o Australia demuestran que estas áreas pueden reconvertirse en infraestructuras hídricas estratégicas bajo modelos sostenibles e inclusivos [10, 14].

En este contexto, la ciudad de Bogotá (Colombia) enfrenta una crisis hídrica marcada por la disminución de los niveles de sus embalses, la presión estructural sobre el sistema Chingaza y la implementación de cortes programados de agua entre 2024 y 2025 [5]. Simultáneamente, el Distrito Capital cuenta con al menos 29 predios con antecedentes mineros inactivos, principalmente en localidades como Usme, Ciudad Bolívar y Rafael Uribe Uribe. Estas áreas, hoy degradadas, carecen de restauración ambiental activa y no están integradas al sistema de planificación territorial, a pesar de su potencial para convertirse en espacios funcionales de captación pluvial, conservación de acuíferos y uso comunitario.



Frente a este panorama, resulta clave explorar alternativas que integren la recuperación de territorios degradados con la necesidad urgente de adaptación hídrica urbana. En particular, la reconversión de canteras inactivas como infraestructuras funcionales para la gestión del agua representa una oportunidad aún subexplorada en ciudades como Bogotá. Este estudio se propone abrir dos líneas de análisis complementarias: por un lado, examinar los principios y desafíos de la sostenibilidad hídrica urbana en el contexto de las ciudades del sur global, con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza y en estrategias territoriales que permitan cerrar el ciclo del agua a nivel local [6, 9]; y por otro, analizar el potencial de la rehabilitación de pasivos mineros como mecanismo para restaurar suelos, regenerar ecosistemas urbanos y crear infraestructuras azules a partir de espacios previamente degradados [10, 14].

Ambas perspectivas confluyen en la necesidad de desarrollar herramientas técnicas que orienten decisiones sobre el uso futuro de estos predios, articulando criterios ambientales, sociales, institucionales y de gobernanza urbana. A partir de este enfoque se estructura la propuesta metodológica del estudio. En este contexto, la investigación se orienta a responder la siguiente pregunta: ¿Cómo pueden las canteras urbanas inactivas en Bogotá ser evaluadas y priorizadas, mediante una matriz de sostenibilidad, para su reconversión en infraestructura hídrica urbana como estrategia de adaptación al cambio climático? A partir de esta pregunta, el estudio busca aportar una herramienta metodológica que permita orientar la toma de decisiones en planificación territorial y gestión del agua, especialmente en ciudades del sur global con problemáticas similares.

II. Sostenibilidad hídrica urbana: hacia un nuevo ciclo del agua en ciudades del sur global

La sostenibilidad hídrica urbana se refiere a la capacidad de una ciudad para garantizar el acceso equitativo, la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico en el presente, sin comprometer su uso por parte de las generaciones futuras. Este concepto incorpora dimensiones ecológicas, sociales, tecnológicas e institucionales, y se orienta tanto a la eficiencia como a la resiliencia de los sistemas urbanos frente a fenómenos como el cambio climático, el crecimiento poblacional y la presión sobre los ecosistemas [6].

En las últimas décadas, se han promovido enfoques como la infraestructura verde y azul, que integran elementos naturales (ríos urbanos, humedales, suelos permeables, arbolado) con sistemas urbanos para cumplir funciones clave: regulación hídrica, reducción de escorrentías, recarga de acuíferos, mejora microclimática y conectividad ecológica [7]. Este tipo de soluciones, en conjunto con las llamadas Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), permiten reducir el estrés hídrico y restaurar procesos ecosistémicos urbanos mediante intervenciones como jardines de

lluvia, techos verdes, terrazas de retención o lagunas artificiales [8].

Sin embargo, en muchas ciudades del sur global, la sostenibilidad hídrica enfrenta retos estructurales. La urbanización informal, el déficit de servicios básicos, la infraestructura envejecida, y la fragmentación institucional dificultan la gestión integrada del recurso [9]. A esto se suman fenómenos extremos—como sequías prolongadas, inundaciones o contaminación de fuentes—que agravan la desigualdad en el acceso y comprometen la salud ambiental de los territorios.

En este escenario, la recuperación de espacios urbanos degradados como antiguos sitios extractivos, vertederos o canteras, representa una alternativa viable para ampliar las capacidades hídricas de las ciudades. Reincorporar estos espacios al sistema urbano mediante intervenciones sostenibles permite no solo aumentar el almacenamiento o la retención del agua, sino también cerrar el ciclo del agua desde una lógica territorial, ecológica y socialmente inclusiva.

2.1. Rehabilitación de pasivos mineros urbanos: del legado extractivo a la infraestructura hídrica

La rehabilitación de pasivos mineros ha cobrado relevancia como estrategia para trans-

formar territorios degradados en infraestructuras con valor ecológico, hídrico y social.

Un pasivo minero se define como el área o paisaje alterado por la actividad extractiva que, tras el cese de operaciones, conserva impactos ambientales negativos y carece de restauración efectiva. Aunque históricamente han sido considerados espacios residuales o conflictivos, su reconversión funcional ha demostrado ser viable en distintos contextos urbanos y rurales.

En países como España, Sudáfrica, India, Australia o. Estos casos no solo restauran la función ecológica del suelo, sino que aportan a la seguridad hídrica, al paisaje urbano y al bienestar ciudadano:

- En España, los lagos de Meirama y As Pontes (Galicia) son modelos de reconversión de minas de lignito en cuerpos de agua con funciones recreativas, ecológicas y de almacenamiento [10].
- En Sudáfrica, el caso de Emalahleni ha reutilizado túneles mineros como sistemas de captación y almacenamiento de agua [11].
- En India, las minas rehabilitadas en Punjab y Maharashtra funcionan como depósitos agrícolas o parques [12].
- En Australia, algunas canteras en desuso en el área metropolitana de Melbourne han sido convertidas en lagos urbanos con beneficios paisajísticos y climáticos [13].

- En Chile, en la zona minera de Andacollo, se han impulsado procesos de revegetación y reutilización hídrica de tajos abandonados [14].

Estas experiencias internacionales permiten identificar factores críticos de éxito: análisis geotécnico y de calidad del suelo, tratamiento de aguas residuales y lixiviados, participación comunitaria en el proceso de restauración y marcos regulatorios que integren el uso pos-minero con la planificación territorial.

No obstante, uno de los mayores obstáculos para su aplicación es la ausencia de normativas claras sobre el uso alternativo del suelo minero en entornos urbanos. En muchos países, la legislación minera prioriza el cierre técnico (sellado, remoción, compensación), pero no contempla la posibilidad de transformar estos espacios en infraestructura funcional, ni articula estos procesos con las políticas de ordenamiento urbano o gestión del recurso hídrico.

En el caso colombiano, la Ley 685 de 2001 – Código de Minas, establece que, al finalizar la operación, el titular debe ejecutar las obras ambientales necesarias para el cierre, extendiendo la garantía ambiental tres años después del fin del contrato (art. 209) [15]. No obstante, el uso posterior del predio no se regula explícitamente. Instrumentos como el Plan de Manejo, Recuperación y Restauración Ambiental (PMRRA) o el Plan de Restauración y Rehabilitación (PRR) tienen potencial para orientar estas transformaciones, pero su implementación sigue siendo limitada y rara vez se articula con las necesidades urbanas.

Ante este vacío, la academia puede desempeñar un papel clave: desde la generación de metodologías técnicas para evaluar la viabilidad de rehabilitación, hasta la construcción de indicadores de sostenibilidad, propuestas normativas y modelos de cogestión institucional-comunitaria. La investigación aplicada, como la que aquí se plantea, puede servir de insumo para orientar políticas públicas más integradas y responder a los desafíos urbanos desde una lógica regenerativa.



Foto: Deyler Rivera

III. Metodología: Evaluación exploratoria de predios mineros para infraestructura hídrica urbana

Este estudio adopta un enfoque cualitativo-descriptivo, estructurado a partir de un estudio de caso en la ciudad de Bogotá (Colombia). Su objetivo es identificar estrategias sostenibles frente a la creciente inseguridad hídrica urbana, mediante la evaluación del potencial de rehabilitación de pasivos mineros urbanos —predios previamente utilizados para la extracción de arcillas y materiales de construcción— como alternativa para ampliar

la infraestructura hídrica descentralizada en zonas periurbanas.

En este contexto, la investigación propone una herramienta metodológica de carácter multicriterio que permite analizar de manera integral las condiciones de estos predios, articulando variables ambientales, sociales, económicas, tecnológicas e institucionales. Esta herramienta se concreta en una matriz de sostenibilidad orientada a la priorización de áreas con potencial de reconversión funcional.

3.1. Fundamentación de la matriz de sostenibilidad

La matriz de sostenibilidad se fundamenta en un enfoque integral de análisis territorial, en el cual la viabilidad de reconversión de pasivos mineros no depende exclusivamente de variables biofísicas, sino de la interacción entre factores ambientales, sociales, económicos, tecnológicos e institucionales. Este enfoque reconoce la complejidad de los sistemas urbanos y la necesidad de incorporar múltiples dimensiones en los procesos de planificación y toma de decisiones.

En este sentido, la selección de las cinco dimensiones que estructuran la matriz responde a marcos conceptuales ampliamente utilizados en la evaluación de sostenibilidad y proyectos de infraestructura, como el modelo Envision

(Institute for Sustainable Infrastructure) y el estándar P5 (GPM Global), los cuales proponen enfoques multicriterio para integrar aspectos técnicos, ambientales y de gobernanza.

Asimismo, la literatura sobre sostenibilidad hídrica urbana y soluciones basadas en la naturaleza resalta la importancia de articular variables ecológicas con dinámicas sociales e institucionales, especialmente en contextos del sur global, donde las limitaciones en información, planificación y capacidad institucional condicionan la viabilidad de las intervenciones.

Bajo esta perspectiva, la matriz no se concibe únicamente como una herramienta técnica de evaluación, sino como un instrumento de apoyo a la planificación territorial, orientado a

identificar oportunidades de reconversión de espacios degradados en infraestructuras ur-

banas resilientes y funcionales desde el punto de vista hídrico.

3.2. Construcción y aplicación de la matriz de sostenibilidad

La matriz de sostenibilidad se configura como una herramienta de evaluación multicriterio orientada a analizar el potencial de reconversión de predios con antecedentes mineros en infraestructura hídrica urbana. Su propósito es clasificar, comparar y priorizar estos espacios

a partir de criterios técnicos, ecológicos y socioterritoriales, permitiendo orientar decisiones en etapas tempranas de planificación.

La estructura de la matriz, incluyendo sus dimensiones y criterios de evaluación, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de evaluación por dimensión en la matriz de sostenibilidad para la rehabilitación de pasivos mineros urbanos.

MATRIZ DE SOSTENIBILIDAD	
DIMENSIÓN	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
Ambiental	- El predio presenta morfología apta para retención o almacenamiento de agua. - Existe evidencia de infiltración natural o conectividad con acuíferos. - Tiene capacidad para restauración ecológica con vegetación nativa. - El predio tiene condiciones para abastecimiento, almacenamiento y filtración natural del agua.
Social	- El predio es accesible y cercano a comunidades vulnerables. - Existe potencial de uso comunitario (recreación, agricultura, educación ambiental). - Hay antecedentes de apropiación social o demandas vecinales. - La intervención evitaría conflictos de uso o procesos de desplazamiento.
Económica	- Existen posibilidades de cofinanciación o inversión pública/privada. - El predio ofrece beneficios económicos indirectos (empleo, valorización, ecoturismo). - Se prevé un costo razonable de intervención. - El uso como infraestructura hídrica puede sustituir o complementar obras grises.
Tecnológica	- El suelo ha sido o puede ser caracterizado para evaluar su uso hídrico. - Existe viabilidad para uso de tecnologías sostenibles, almacenamiento y tratamiento. - Es posible realizar modelación hidrológica para simular su capacidad. - Puede ser monitoreado con sensores de humedad, nivel y calidad.
Institucional	- El predio cuenta con expediente o instrumento ambiental (PMDRA o PRR). - No existen barreras normativas para su restauración o cambio de uso. - Hay articulación entre entidades (SSA, EAAB, POR, IDIGER). - Puede ser integrado al sistema de gestión y planeamiento hídrico.

Para garantizar su aplicabilidad, la matriz se apoya en un sistema de evaluación basado en una escala ordinal de cinco niveles, que permite estimar el grado de cumplimiento de cada criterio: desde un nivel muy bajo (1) hasta un nivel óptimo (5). Esta escala facilita la comparación entre predios, especialmente en contextos donde la información disponible es limitada o heterogénea.

Adicionalmente, se incorpora un sistema de ponderación que asigna distintos niveles de importancia a cada dimensión, en función de su incidencia en la viabilidad hídrica de los predios. En este sentido, se otorga un mayor peso a las dimensiones ambiental (30 %) y tecnológica (25 %), dado su papel determinante en la capacidad de almacenamiento, infiltración y manejo del recurso hídrico. Por su parte, las dimensiones institucional (20 %), social (15 %) y económica (10 %) complementan el análisis, incorporando factores relacionados con la gobernanza, la apropiación territorial y la viabilidad financiera de las intervenciones.

A partir de estos elementos, la aplicación de la matriz se desarrolla de manera secuencial. En primer lugar, se realiza la recopilación de información secundaria proveniente de fuentes ofi-

ciales, particularmente de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), así como de documentos asociados a cada predio. En segundo lugar, se asignan puntajes a cada criterio con base en la evidencia disponible, lo que permite calcular un valor ponderado total para cada unidad de análisis. Finalmente, estos resultados son utilizados como base para la clasificación de los predios según su nivel de viabilidad.

En el caso de Bogotá, la aplicación de la matriz se sustenta en un análisis documental que permitió identificar 29 predios con antecedentes extractivos en distintas localidades de la ciudad (ver Ilustración 1). Muchos de estos terrenos se encuentran por fuera del polígono minero vigente, sin procesos activos de restauración ambiental ni integración en los instrumentos de planificación territorial o ecológica del Distrito Capital [16]. Aunque algunos cuentan con expedientes ambientales, solo tres incluyen instrumentos formales de recuperación —como el Plan de Manejo, Restauración y Recuperación Ambiental (PMRRA) o el Plan de Restauración y Rehabilitación (PRR)— y únicamente uno presenta implementación parcial, sin evidencia clara de seguimiento ni articulación institucional [15, 16].

Ilustración 1. Mapa de Bogotá con localización de predios Secretaría Distrital de Ambiente. (2025). Inventario de predios con afectación ambiental por extracción de arcillas y materiales de construcción. Bogotá, Colombia.



Esta limitada disponibilidad de información técnica y el bajo nivel de implementación institucional refuerzan la pertinencia de la matriz como herramienta de diagnóstico preliminar, permitiendo establecer una primera aproximación para la priorización de intervenciones, la identificación de vacíos técnicos y la definición de rutas de acción en procesos de rehabilitación de pasivos mineros urbanos.

Asimismo, la metodología se nutre de experiencias internacionales de reconversión de espacios mineros, como el caso del lago Meirama en Galicia (España), donde un antiguo tajo fue transformado en un embalse de gran capacidad con funciones ecológicas, hídricas y recreativas [10]. Estas referencias permiten contextualizar la aplicabilidad de la propuesta en escenarios reales y fortalecer su proyección como estrategia replicable en ciudades con problemáticas similares.

*Ilustración 2: Línea de tiempo del Lago Meirama en Cerceda, A Coruña (Naturgy, s.f.)
Ilustración recuperada de la página: naturgy.com*



En síntesis, la matriz de sostenibilidad se consolida como una herramienta operativa que articula el diagnóstico ambiental con la planificación urbana, facilitando la identificación de

predios con mayor potencial de reconversión y orientando futuras intervenciones bajo un enfoque de sostenibilidad y resiliencia territorial.

3.3. Clasificación de viabilidad de los predios

Una vez aplicada la matriz de sostenibilidad, se establece un sistema de clasificación cuantitativa basado en porcentajes, con el fin de determinar el grado de viabilidad de los predios para su reconversión en infraestructura hídrica urbana. Este sistema permite traducir los resultados de la evaluación multicriterio en categorías operativas que facilitan la toma de decisiones.

La clasificación se estructura en cuatro niveles de viabilidad (ver Tabla 2). Los predios con un

puntaje igual o superior al 80 % se consideran de alta viabilidad, al cumplir de manera significativa con los criterios establecidos. Aquellos con valores entre 60 % y 79 % presentan viabilidad media y pueden requerir ajustes técnicos o normativos para su implementación. Los predios con puntajes entre 40 % y 59 % se clasifican con viabilidad baja, mientras que aquellos por debajo del 40 % se consideran no viables dentro de esta estrategia.

Tabla 1. Criterios de evaluación por dimensión en la matriz de sostenibilidad para la rehabilitación de pasivos mineros urbanos.

CLASIFICACIÓN DE VIABILIDAD DE PREDIOS SEGUN PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO EN LA MATRIZ DE SOSTENIBILIDAD

PORCENTAJE OBTENIDO	CLASIFICACIÓN	INTERPRETACIÓN GENERAL
80 – 100 %	Alta viabilidad	Apto para intervención inmediata como infraestructura hídrica urbana.
60 – 79 %	Viabilidad media	Requiere ajustes técnicos para su desarrollo.
40 – 59 %	Viabilidad baja	Presenta limitaciones significativas; se sugiere evaluación complementaria.
< 40 %	No viable	No recomendable para este tipo de intervención en las condiciones actuales.

Este sistema de clasificación no solo permite organizar los predios en función de su potencial de reconversión, sino que también constituye un instrumento de priorización para la planificación territorial. En particular, facilita la identificación de intervenciones de corto, mediano y

largo plazo, así como la asignación eficiente de recursos técnicos, institucionales y financieros. De este modo, la matriz trasciende su función evaluativa y se consolida como una herramienta operativa para orientar procesos de rehabilitación de pasivos mineros en contextos urbanos.

3.4. Aplicación al caso de estudio: Bogotá

La aplicación exploratoria de la matriz de sostenibilidad en el contexto de Bogotá permitió analizar 29 predios con antecedentes extractivos, identificados a partir de información oficial

de la Secretaría Distrital de Ambiente. A partir de este ejercicio, se establece una línea base preliminar sobre su viabilidad para ser transformados en infraestructura hídrica urbana.

3.4.1. Resultados del análisis documental

Los resultados evidencian un bajo nivel de avance en términos institucionales y técnicos. Según la información disponible, solo tres de estos predios cuentan con instrumentos ambientales formales —como el Plan de Manejo, Restauración y Recuperación Ambiental (PMRRA) o el Plan de Restauración y Rehabilitación (PRR)— y únicamente uno presenta un grado parcial de implementación [16]. Asimismo, no se registran estudios técnicos detallados de suelos en la mayoría de los casos, a

pesar de su carácter obligatorio para la formulación de planes de recuperación.

Esta situación refleja una brecha significativa entre el potencial físico de los predios y su nivel de desarrollo institucional. Mientras que varios de estos espacios presentan condiciones favorables desde el punto de vista ambiental —como capacidad de retención hídrica y localización estratégica—, la ausencia de información técnica y de instrumentos de gestión limita su incorporación efectiva en la planificación hídrica urbana.

3.4.2. Propuesta de clasificación y priorización.

A partir de estos hallazgos, se propone una tipología de tratamiento que clasifica los predios según su nivel de avance institucional y técnico:

1. Predios con instrumento ambiental en ejecución: candidatos directos para estudios piloto, con necesidad de verificación técnica adicional.
2. Predios con instrumento aprobado, pero sin implementación: requieren reactivación institucional y articulación entre entidades.
3. Predios sin instrumento ni estudios técnicos: constituyen el universo exploratorio más amplio, donde la matriz ofrece mayor valor diagnóstico.

Esta clasificación permite optimizar recursos, orientar estudios de prefactibilidad y apoyar la

toma de decisiones bajo un enfoque territorial, progresivo y adaptado a las capacidades institucionales. En este sentido, la aplicación de la matriz no solo facilita la identificación de oportunidades de intervención, sino que también permite reconocer los principales vacíos técnicos e institucionales que deben ser abordados en fases posteriores de planificación y diseño.

En términos generales, la aplicación exploratoria de la matriz evidencia que estos predios representan un campo estratégico de intervención aún no integrado en la planificación urbana formal. El potencial de estos predios como infraestructura hídrica urbana radica tanto en sus condiciones físicas como en la posibilidad de articular procesos de restauración ambiental con estrategias de adaptación

IV. Conclusiones

4.1 Hallazgos principales

El análisis de la inseguridad hídrica en contextos urbanos del sur global evidencia la necesidad de replantear el uso de territorios degradados como parte de las estrategias de adaptación climática. En el caso de Bogotá, el estudio permitió identificar un conjunto de predios con antecedentes mineros que, a pesar de su estado actual, presentan condiciones favorables para su reconversión en infraestructura hídrica urbana.

No obstante, los resultados también evidencian un bajo nivel de desarrollo institucional y técnico en los procesos de rehabilitación. La escasa implementación de instrumentos am-

bientales, la ausencia de estudios geotécnicos y la débil articulación entre entidades reflejan una brecha significativa entre el potencial físico de estos espacios y su integración en la planificación territorial.

Asimismo, se identifican barreras estructurales persistentes, como la falta de normativas claras sobre el uso posminero en suelos urbanos y la ausencia de incentivos para la restauración activa. Estas limitaciones restringen la incorporación efectiva de estos predios en estrategias de sostenibilidad hídrica, a pesar de su alto potencial ecológico y funcional.

4.2 Aportes y propuesta del estudio

Frente a este escenario, el estudio plantea una metodología exploratoria basada en una matriz de sostenibilidad multicriterio, que permite evaluar y priorizar el potencial de reconversión de pasivos mineros en infraestructura hídrica urbana. Esta herramienta constituye un aporte técnico relevante, especialmente en contextos con limitaciones de información, al facilitar la toma de decisiones en procesos de planificación territorial y gestión del recurso hídrico.

Complementariamente, la tipología de clasificación propuesta permite orientar intervenciones diferenciadas según el nivel de avance institucional y técnico de los predios, contribuyendo a optimizar recursos, estructurar procesos de rehabilitación progresivos y fortalecer la articulación entre actores públicos, privados y comunitarios.

Finalmente, aunque el estudio se centra en Bogotá, la estrategia planteada es replicable en otras ciudades latinoamericanas con dinámicas similares de expansión urbana y presencia de pasivos mineros. En este sentido, el artículo resalta el papel de la academia en la generación de metodologías aplicables, el acompañamiento técnico y la incidencia en la formulación de políticas públicas orientadas hacia modelos de desarrollo urbano más sostenibles, resilientes y adaptados al cambio climático.

V. Bibliografía

1. Banco Mundial. (2024). *Agua: visión general*. Recuperado el 25 de marzo de 2026, de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
2. UNESCO. (2022). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022*. WWAP-UNESCO.
3. United Nations. (2023). *Global water security 2023 assessment*. UN-Water/UNESCO.
4. CEPAL. (2022). *La crisis del agua en América Latina y el Caribe: Entre la abundancia y la inequidad*. CEPAL.
5. El Espectador. (2024). *Bogotá enfrenta cortes de agua por escasez: El nivel de los embalses cae al 40 %*. Recuperado el 25 de marzo de 2026, de <https://www.elespectador.com>
6. UN-Water. (2021). *Sustainable water management in cities*. United Nations.
7. Benedict, M., & McMahon, E. (2012). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
8. IUCN. (2020). *Nature-based solutions for water*. International Union for Conservation of Nature.
9. Satterthwaite, D. (2020). Urban resilience and water security in the Global South. *Environment and Urbanization*, 32(2), 399–416.
10. Endesa. (2021). *El lago de Meirama: De mina a ecosistema*. Xunta de Galicia.
11. Amin, A. (2019). Mining infrastructure as water storage: The Emalahleni experience. *Water SA*, 45(3), 234–242.
12. Sharma, R. (2018). Rehabilitation of abandoned mines in India: Urban and rural examples. *Journal of Environmental Planning*.
13. Melbourne Water. (2020). *Post-mining landscapes: Water retention and biodiversity*. Government of Victoria.
14. Sernageomin. (2017). *Plan de cierre y re-conversión minera en Andacollo*. Ministerio de Minería de Chile.
15. República de Colombia. (2001). Ley 685 de 2001 – *Código de Minas*. Diario Oficial No. 44.545.
16. Secretaría Distrital de Ambiente. (2025). *Oficio de respuesta a Derecho de Petición No. 2025EE116453*. Bogotá D.C.