

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE HABITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE
MAGÍSTER EN URBANISMO CON MENCIÓN EN
GOBERNANZA Y PLANIFICACIÓN URBANA
CON ENFOQUE AL CAMBIO CLIMÁTICO

TITULO

**Soluciones basadas en la naturaleza para la
conservación de Quebradas Urbanas, caso de estudio
quebrada Caupicho - Quito**

Volumen I
Trabajo de Titulación

JORGE ARMANDO JUCA ZAPATA

Grace Yépez. Arq. PhD

DIRECTORA

QUITO – ECUADOR

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia cuyo apoyo incondicional me ha motivado a continuar con la actualización de conocimientos, la confianza y el apoyo brindado han sido fundamentales para lograr esta meta.

A todos los que comparten el amor hacia la naturaleza y procuran a través de sus acciones mantener el equilibrio entre el medio natural y el medio construido

Agradecimiento

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a Universidad que me acogió y mis profesores y mentores, cuyos conocimientos y orientación han sido esenciales para guiarme en este proceso de investigación, de igual manera reconozco el trabajo de las organizaciones que trabajan incansablemente en favor de la conservación de nuestros recursos naturales

Tabla de contenidos

RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN	6
II. PROBLEMÁTICA Y ESTADO DEL ARTE	9
2.1. Problemática	9
2.2. Justificación.....	13
2.3. Estado del arte	15
2.3.1. Antecedentes	15
2.3.2. Quebradas y vulnerabilidad al cambio climático	16
2.3.3. Normativa de Quito para la conservación de quebradas	17
2.3.4. Aplicación de PUGS en la quebrada Caupicho	19
2.3.5. Planes de implementación en las áreas de protección de la quebrada.....	20
2.3.6. Soluciones sostenibles basadas en la naturaleza.....	21
III. OBJETIVOS	22
3.2. 3.1. Objetivo general	22
3.3. Objetivos específicos.....	23
IV. METODOLOGÍA	23
4.1. Comprensión de los compromisos internacionales y normativa nacional en cuanto a la conservación de quebradas.....	23
4.1.1. Revisión documental y análisis normativo	23
4.1.2. Entrevista con actores clave.....	24
4.2. Análisis del estado actual de la quebrada Caupicho, en relación con la ocupación del área de protección ecológica	25
4.3. Soluciones sostenibles para la conservación de la quebrada Caupicho ...	26
V. RESULTADOS	29
5.1. Análisis de compromisos internacionales y normativa nacional.....	29
5.1.1. Análisis de la entrevista.....	34
5.2. Análisis del estado actual de la quebrada Caupicho, estado de los taludes y el riesgo de colapso de infraestructuras.	34
5.2.1. Recopilación de datos geoespaciales.....	34
5.2.2. Visitas de campo para verificación del estado de la quebrada.....	39
VI. IDENTIFICACION DE SOLUCIONES SOSTENIBLES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA QUEBRADA CAUPICHO	56
6.1. Infraestructura Verde en Predios Privados	57
6.2. Calles e Infraestructura Urbana	59
6.3. Restauración de Espacios Públicos Abiertos.....	63
6.4. Protección y restauración de espacios naturales	64
VII. DISCUSIÓN	69
VIII. CONCLUSIONES	73
IX. BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	81
INDICE DE CUADROS	86
INDICE DE FIGURAS	87
INDICE DE ANEXOS	89

RESUMEN

Este trabajo propone un diagnóstico y plantea propuestas de infraestructura verde enfocado en soluciones basadas en la naturaleza para la conservación de quebradas urbanas del sur de la ciudad de Quito, tomando como caso de estudio la quebrada Caupicho. Las quebradas, que históricamente han servido como corredores ecológicos, así como áreas de gestión y amortiguamiento hidrológico, están sometidas a una intensa presión urbana debido a la expansión descontrolada de la ciudad, la contaminación y la ocupación regular e irregular del suelo que no ha reconocido su funcionamiento primordial en la gestión de aguas lluvias y escorrentías, están generando problemas serios de resolver y serán aún más complejos en escenarios de cambio climático. Es en este contexto, que se propone una metodología ajustada para analizar el estado actual de la quebrada Caupicho a partir de diagnosticar la ocupación y estado de sus áreas de protección ecológica, comprender la normativa nacional, los compromisos internacionales relacionados a la conservación de cuerpos hídricos y así entender las brechas normativas y técnicas para la protección efectiva de las quebradas. A partir de este diagnóstico se propone un conjunto de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) teóricas que combinan infraestructuras verdes, azules y grises, orientadas a mejorar la resiliencia ecológica de la quebrada, mitigar los efectos producidos por el cambio climático y promover la integración de los habitantes locales en la gestión de estos espacios. Para establecer la posible implementación de estas propuestas se evaluaron los acuerdos internacionales y la normativa nacional para identificar las posibles barreras, como la falta de coordinación entre actores locales y la insuficiente aplicación de normativas vigentes.

Para el proceso metodológico se realizó un mapeo específico de la quebrada ya que esto permitió identificar las características similares para tipificar las zonas y determinar las que necesitaban intervención. A partir de lo anterior, se eligieron los espacios que más ameritaban manejo, entre ellas, las que presentan altos niveles de riesgo de colapso debido a la erosión del suelo, pues estos espacios necesitan de algún manejo que mitigue el

impacto del cambio climático. Este estudio se enfocará en estas soluciones principalmente por una cuestión de tiempo y alcance de este trabajo. Los resultados obtenidos nos permiten concluir que la adopción de soluciones sostenibles como las SbN no solo pueden contribuir a la restauración ecológica de la quebrada, sino que también pueden generar beneficios socioambientales, como el progreso de la calidad de vida en los barrios adyacentes, la reducción de riesgos de inundaciones, y la potenciación del tejido social mediante la participación comunitaria para su recuperación, protección y gestión. Es importante remarcar que este trabajo académico se ha focalizado en acciones directas en la quebrada y el problema de aguas residuales enviadas ilegalmente por actores públicos y privados no ha sido abordado. Este problema es coyuntural y clave para mejorar el estado de la quebrada ya que afectan directamente al caudal natural de la quebrada y por tanto a la calidad del agua que es la base para una verdadera restauración de la quebrada. Nos parece primordial hacer esta aclaración. La información sobre este tema ha sido difícil de ser obtenida, pero en sitio se puede observar tantos puntos clandestinos de viviendas, de calles y del alcantarillado público que llega a la quebrada directamente. Las competencias municipales de cuidado, mantenimiento y protección no son claras aun generando una zona gris de la acción de las entidades municipales.

Las propuestas aquí presentadas permiten evidenciar que la implementación de soluciones sostenibles en quebradas urbanas no solo es necesaria para la conservación de estos ecosistemas, sino también constituye una estrategia clave para la adaptación urbana al cambio climático, buscando un futuro más sostenible y resiliente para estos lugares y para las personas de la ciudad de Quito que habitan con las quebradas. Estos sistemas verdes deben ser potencializadas ya que en un contexto de cambio climático son una infraestructura verde aliada para la ciudad.

Palabras clave: Infraestructura verde, conservación de Quebradas, Soluciones Sostenibles, Soluciones basadas en la Naturaleza, resiliencia, adaptación al cambio climático, Normativa.

I. INTRODUCCIÓN

La acelerada expansión urbana y el crecimiento poblacional en el Distrito Metropolitano de Quito han ejercido una presión significativa sobre los recursos naturales, especialmente sobre las quebradas. En Quito, la población ha crecido considerablemente, pasando de 1,4 millones en 1982 a 2,87 millones en 2022, lo que ha impulsado la urbanización en zonas aptas y no aptas como las quebradas. (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022; Quito Cómo Vamos, 2023). Las quebradas son formaciones geográficas esenciales no solo para la biodiversidad local, sino también para la regulación del ciclo hídrico y la prevención de desastres naturales Centro de Cambio Global UC, 2023; Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2022). Sin embargo, la urbanización desmedida y las intervenciones antrópicas han provocado una degradación severa de estos ecosistemas, manifestándose en problemas como la erosión, las inundaciones y escorrentías descontrolados. (Vasquez & Medina, 2020) En el caso de la quebrada Caupicho, ubicada al sur de Quito, las zonas de protección han sido invadidas por asentamientos no regulados, lo que ha deteriorado el ambiente, erosionado los suelos y reducido la biodiversidad, afectando tanto al ecosistema como a las comunidades locales (Rodríguez & Pérez, 2020).

La quebrada Caupicho, es una de las quebradas mayores aun existente al sur de la ciudad y cruza los barrios: Asistencia Social, Bienestar Social, Carlos Eduardo Franco Méndez, Ciudadela Metropolitana Caupicho, Clemente Sánchez de Orellana, La Puerta Negra, Salvador Allende, San Blas 1, Santa Isabel, Solidaridad, Tréboles del Sur, Valle del Sur, Venceremos de Turubamba. La quebrada Caupicho forma parte de un ecosistema urbano primordial de esta zona y enfrenta presiones significativas, no solo por la invasión de sus zonas de protección, sino también por la falta de políticas efectivas que regulen y protejan adecuadamente estos espacios (González & Martínez, 2019). A medida que las ciudades crecen, los cuerpos hídricos urbanos son relegados a un segundo plano,

perdiendo su valor ecológico en beneficio del desarrollo urbano lo que lleva a su degradación (Centro de Cambio Global UC, 2023). El descontrol en el crecimiento urbano ha sido una de las principales causas de la degradación de las quebradas en Quito, especialmente en sus zonas de protección ecológica (El Comercio, 2016). Este fenómeno no es exclusivo de la ciudad, ya que muchas áreas urbanas en América Latina enfrentan problemas similares, como lo evidencian los casos de Bogotá, Lima y Ciudad de México (García et al., 2019). En la ciudad de Quito, el proceso de urbanización ha avanzado sobre estas zonas protegidas, las cuales son usualmente habitadas por familias de bajos ingresos, quienes han ocupado terrenos sin la infraestructura necesaria, ni la planificación urbana adecuada (Molina, 2018).

La escasa regulación y la falta políticas que garanticen el cumplimiento de las normativas de protección, han facilitado la ocupación ilegal de las zonas de protección de la quebrada Caupicho (Fonseca, 2024). A partir de lo anterior, se ha creado un ciclo de vulnerabilidad que incrementa el riesgo de desastres como inundaciones y deslizamientos de tierra, y esto a su vez, ha debilitado aún más los ecosistemas frágiles de la zona (Guzmán & Herrera, 2021). Algunas ciudades como Bogotá y Lima, han comenzado a implementar programas exitosos de restauración, demostrando que la recuperación de este tipo de zonas, es posible (García et al., 2019).

La urbanización ha propiciado el uso inadecuado del espacio sobre los cuerpos hídricos en áreas metropolitanas (El Comercio, 2016). Recientemente, se han llevado a cabo estudios que han determinado que la invasión de zonas de protección disminuye la capacidad de los ríos y quebradas para soportar el agua de lluvia, lo que aumenta las posibilidades de inundaciones y erosión (Pérez & Fernández, 2020). Así mismo, Moreno et al., (2018) resaltan las soluciones innovadoras que se han abordado en ciudades como Seúl, Portland y Medellín, las cuales se han basado en la participación de las comunidades aledañas a las zonas de protección y estrategias de intervención ecológicas que propician la restauración de cuerpos hídricos urbanos.

En Colombia, en la ciudad de Medellín, se ha llevado a cabo una estrategia innovadora en la que se ha integrado la planificación y gestión del uso adecuado del agua por medio del parque Lineal Río Medellín. A pesar de que el enfoque de este proyecto no ha sido la recuperación ecológica de las riberas del río, si se ha logrado mejorar la calidad del río, aportando en la mejoría de la calidad de vida de las comunidades aledañas. Por su parte, el proyecto de recuperación del arroyo Cheonggyecheon en Seúl ha demostrado que es posible transformar un espacio urbano mediante la restauración de un cuerpo hídrico, lo que ha resultado en una mejora en la calidad del agua y en la creación de nuevos espacios verdes para la ciudadanía (Kim & Park, 2020).

Este estudio tiene como objetivo principal responder a la pregunta: ¿Que soluciones sostenibles, pueden contribuir a la conservación de la quebrada Caupicho en Quito, en el contexto del crecimiento urbano y del cambio climático?

Para abordar esta cuestión, la investigación categoriza zonas planteando tipologías a lo largo de la quebrada para su mejor entendimiento. A partir de este análisis se establecen tipologías donde se propone Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

Las soluciones verdes ahora integradas en la definición de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) se enfocan en la restauración y conservación de la vegetación nativa para mejorar la biodiversidad y estabilizar el suelo. Las soluciones azules son parte de las SbN y buscan optimizar el manejo de las aguas pluviales y mejorar la calidad del agua mediante técnicas de infiltración, procesos naturales de remediación para mejorar la calidad del agua. Finalmente, las soluciones grises implican la implementación de infraestructuras técnicas, como sistemas de drenaje y conformación de taludes para mitigar los efectos de la erosión y las inundaciones. En una aproximación sistémica de soluciones se evidencian que estas soluciones grises y SbN pueden trabajar juntas (Gobierno del Distrito Metropolitano de Quito, 2020).

Como se describe en la Guía para implementar Soluciones basadas en la Naturaleza en Quito, las SbN han sido estudiadas y aplicadas desde hace al menos 20 años y desde hace casi 10 años las SbN han demostrado su eficacia a escala mundial. Estas soluciones han demostrado su capacidad para revolucionar las prácticas de planificación urbana incorporando la naturaleza como vector de respuestas eficaces, solidas, pertinentes y económicas a los retos de la resiliencia, el bienestar urbano y la protección ambiental. (N. Salmon, G. Yépez et all (2024).

Este estudio proporciona una base indispensable en la búsqueda del diseño de políticas y prácticas de conservación, a través de un modelo integrador que se fundamenta en el enfoque sostenible para la gestión de quebradas. Los resultados obtenidos además de contribuir con la protección de la Quebrada Caupicho, sirve como una pauta para replicarse en otras fuentes hídricas de la ciudad.

II. PROBLEMÁTICA Y ESTADO DEL ARTE

2.1. Problemática

La quebrada Caupicho, se encuentra ubicada al sur de Quito, y es un claro ejemplo de cómo la urbanización no planificada puede afectar negativamente los ecosistemas naturales. Desde la década de 1980, la ciudad ha experimentado un crecimiento acelerado, particularmente en zonas periféricas, este hecho ha generado una expansión urbana donde se ha invadido áreas naturales de conservación hídrica, como las quebradas. Este crecimiento desordenado se ha propiciado debido a que no se cuenta con una adecuada planificación urbana, ni se aplican políticas que prioricen el cumplimiento de las normativas ambientales; este hecho se constituye como el promotor de la problemática en la que se han ocupado las áreas de protección natural, como las zonas ribereñas de la quebrada Caupicho (Torres & Andrade, 2019).

El impacto de la urbanización en la quebrada es múltiple. Por un lado, la ocupación informal ha reducido severamente la cobertura vegetal en las áreas circundantes al eliminar la flora nativa que era esencial para la estabilización del suelo y el flujo de agua. La ausencia de vegetación ha incrementado la erosión de los márgenes de la quebrada, lo que ha generado un aumento en el arrastre de sedimentos y agua cargada de contaminantes hacia la vía fluvial (Ramirez et al., 2020). Además, los asentamientos ilegales a menudo no proporcionan la infraestructura adecuada para la gestión de aguas residuales y de aguas pluviales, lo que agrava aún más el problema de contaminación dentro de la quebrada.

Un informe del Municipio de Quito estimó que el 30% de las zonas de protección de la quebrada han sido ocupadas de manera ilegal, lo que ha afectado la calidad del agua y aumentado la vulnerabilidad de las comunidades locales ante inundaciones (Muñoz et al., 2022). La quebrada se desborda con frecuencia durante la temporada de lluvias debido a la disminución de los amortiguadores naturales. Este fenómeno no solo daña la infraestructura circundante, sino que también amenaza la seguridad de las personas que viven en estas áreas.

Los efectos indirectos del cambio climático también contribuyen a la presión sobre la quebrada. En los últimos años Quito ha sufrido eventos climáticos más severos, como lluvias intensas y prolongadas. Estos fenómenos, combinados con la pérdida de vegetación y cambios en los sistemas naturales de canalización de agua, han llevado a inundaciones más altas y severas en las áreas circundantes a las quebradas. Esta situación resalta la creciente necesidad de desarrollar soluciones sostenibles que no solo mitiguen la degradación, sino que también permitan a la ciudad adaptarse a los impactos del cambio climático (Pérez & Andrade, 2022).

Según Quito Informa (2020), la quebrada Caupicho fue declarado área de emergencia recientemente debido a su avanzado estado de degradación que abarca daños tanto a propiedad privada como pública ocasionados por deslizamientos de tierra y movimientos de tierra de proporciones considerables.

El Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) en Quito emite políticas respecto a la utilización y ocupación del suelo, que busca la conservación de las quebradas como eje integral en la gestión urbana ambiental.

Sin embargo, en lo que respecta al caso de la Quebrada Caupicho, la implementación efectiva de estas regulaciones enfrenta restricciones significativas. La ausencia de un modelo de gestión para esta área ha resultado en la degradación ambiental de la quebrada, lo cual ha afectado negativamente su biodiversidad, calidad del agua y función ecológica. Esta situación destaca precisamente la necesidad de analizar la aplicación normativa dentro de la problemática de gestión de quebradas para lograr su conservación a largo plazo. La falta de planes específicos o modelos de gestión permite respuestas parciales por parte de las autoridades municipales para abordar la emergencia. En este contexto a través de la categorización de particularidades comunes a lo largo de la quebrada se proponen SbN en combinación de soluciones grises, que pueden formar parte de un modelo de gestión.

En el 2022, la empresa YES Innovation, implemento un proyecto de SbN para el Programa Mundial de Alimentos con fondos de la USAID en la Quebrada Caupicho. Se estudio la quebrada y se determinó el área de implementación en el tramo abierto en uno de los últimos remanentes verdes de la quebrada. Este tramo es el último antes de juntarse al Rio Machángara. En su página web, YES Innovation describe que: “El objetivo del proyecto fue restaurar y poner en valor a la quebrada Caupicho con Soluciones Basadas en la Naturaleza, para sensibilizar a la comunidad y a los actores locales a su importancia y buen funcionamiento en el territorio frente al cambio climático y riesgos. Se trabajó con los vecinos de la quebrada del último tramo de la quebrada y con equipos técnicos para la implementación de ocho tipos de dispositivos inspirados en la naturaleza para gestionar agua, introducir vegetación y facilitar accesos. Todos de bajo costo, robustos y construibles con materiales disponibles localmente. Este fue un piloto a escala 1:1 que debía ser mantenido, monitoreado y estudiado por la ciudad, sin embargo, YES Innovation nos

informa que esta intervención no es cuidada por la municipalidad y las entidades competentes para su mantenimiento, perdiendo así una oportunidad de seguimiento y validación de SbN en este sitio que podría ser una referencia técnica para toda la ciudad.

La quebrada Caupicho tiene pocos remanentes abiertos, en los barrios que atraviesa la quebrada es considerada un problema y se busca condenarla bajo vías, como la solución vial escalafón II proyectada sobre la quebrada, también es sometida a rellenos en el límite de las propiedades privadas con la quebrada que someten sus márgenes para crear más áreas construibles precarias, inestables y vulnerables de alto riesgo. (G. Yépez. 2021)

La quebrada Caupicho es una de las vertientes principales del Río Machángara. El Río Machángara es sujeto de derechos y en el 2024 una sentencia a la ciudad para su protección y restauración ha sido proclamada con la obligación para el Municipio de un plan de acción específica para su protección y restauración. En esta sentencia se establece que se deben plantear SbN y pilotos de infraestructura verde para procurar mejorar la calidad del agua del río y sus afluentes.

La ausencia de un plan de gestión integral para la quebrada ha contribuido al deterioro continuo del ecosistema. Aunque esta fuente hídrica forma parte del Plan de Uso y Manejo de Suelos (PUGS) de Quito, las medidas tomadas hasta ahora no son suficientes para mitigar el daño ambiental. La falta de un enfoque coordinado entre las autoridades locales y las comunidades ha sofocado muchas iniciativas de restauración y conservación, permitiendo que el medio ambiente continúe degradándose (Vargas & Espinoza, 2021).

En octubre de 2024, la quebrada Caupicho en Quito experimentó episodios críticos debido a las lluvias torrenciales tras un periodo de estiaje. El 2 de octubre, la inundación del río Capulí se desbordó en los barrios Solanda, Nueva Aurora y La Lucha de los Pobres. Este último volvió a verse afectado el 10 de octubre, cuando el colector alcanzó su límite. Aunque no hubo pérdidas humanas, los daños materiales fueron significativos, evidenciando la necesidad urgente de medidas preventivas en las quebradas de Quito (El Comercio, 2024).

2.2. Justificación

El estudio propuesto se justifica dada la relevancia de la conservación de los ecosistemas más aún en la realidad ambiental y riesgos de la ciudad. La gestión de las quebradas son un factor clave que debe incluirse al momento de que las entidades administradoras y de control del cantón Quito desarrollen el plan de uso y gestión de suelo (PUGs) y planes específicos de protección ambiental y gestión frente a riesgos. Concretamente la quebrada de Caupicho actúa como un regulador natural del flujo de agua de una parte significativa del sur de Quito. Su función es especialmente crucial durante la temporada de lluvias, cuando las precipitaciones pueden causar inundaciones significativas como las vividas en octubre del 2024. La modificación de su cuenca hidrográfica, construyendo edificios e impermeabilizando el suelo a modificado la carga hídrica de esta quebrada, sin contar que aguas residuales están conectadas a la quebrada de manera ilegal por parte pública y privada. La pérdida de vegetación y la ocupación de áreas de protección a proximidad de la quebrada han debilitado su función natural de drenaje, lo que ha resultado en un aumento de las inundaciones y ha puesto en riesgo la seguridad de las comunidades locales que habitan en la quebrada o en sus alrededores. La restauración de las áreas de protección ecológica y la implementación de soluciones sostenibles pueden ayudar con la estabilidad de los taludes y mejorar la capacidad de la quebrada para gestionar agua, reduciendo en un grado el riesgo de desastres naturales, sin embargo, una gestión integral de esta quebrada es fundamental. La restauración de la quebrada es más compleja que tratar sus bordes ya que se debe entender el mal funcionamiento hídrico de la quebrada y sus principales causas como es el envío de aguas residuales y de lluvias sin un manejo ambiental¹. La restauración de los ecosistemas ribereños puede contribuir con la disminución de la intensidad y la frecuencia de las inundaciones, la reducción en la erosión

¹ En este trabajo nos centraremos en propuestas de las riberas de quebradas por una cuestión de tiempo y alcance de esta investigación que está vinculada a los tiempos académicos de la Maestría sin embargo se deja abierto este tema para discusión y nuevas investigaciones.

del suelo que pone en peligro el colapso de estructuras por desprendimiento del suelo, lo que es crucial para la seguridad de las áreas vulnerables.

La restauración de la quebrada Caupicho no solo responde a desafíos locales, sino que también contribuye a objetivos globales de sostenibilidad. Esta iniciativa se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el ODS6 (Agua limpia y saneamiento), el ODS11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS13 (Acción por el clima), promoviendo la adaptación al cambio climático mediante la gestión sostenible de recursos hídricos y el fortalecimiento de la resiliencia urbana frente a eventos extremos, con el propósito de obtener beneficios como:

- La mitigación de efectos climáticos extremos a través de la vegetación restaurada que actúa como un amortiguador natural, absorbiendo el agua de lluvia y liberándola gradualmente, lo que ayuda a prevenir inundaciones y reduce la escorrentía. La FAO 2023 menciona que la restauración de paisajes forestales, especialmente en zonas degradadas, puede mejorar los servicios hidrológicos al incrementar la infiltración de agua en los suelos, ayudando a mitigar el impacto de inundaciones y mejorar la disponibilidad de agua en estaciones secas, con un impacto positivo en el 40%.
- La reducción de emisiones de carbono mediante árboles y la vegetación autóctona se absorbe dióxido de carbono de la atmósfera, lo que contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero. En el marco de la Agenda 2030, la restauración de ecosistemas urbanos es reconocida como una estrategia clave para combatir el cambio climático y alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (Pérez & Andrade, 2022).

Según la guía desarrollada por Yes Innovation (2023), las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) pueden ser una respuesta a varios desafíos de la ciudad frente a cambio climático y se plantea que las intervenciones propuestas incluyan servicios ecosistémicos para la conservación de la biodiversidad, estabilidad climática, calidad del suelo, calidad del

agua, reducción de riesgos por eventos extremos, provisión de alimento y/o energía y servicios culturales y seguridad alimentaria.

El conocimiento de los procesos sugeridos a considerarse en dicha Guía serán un elemento base para toma de decisiones por parte de la autoridad municipal del Municipio de Quito puesto que se espera propiciar el debate informado y construir herramientas de aplicación de acciones específicas para la conservación de quebradas. Aunque la Guía SbN de Quito no es una norma técnica, esta guía propone soluciones concretas para varios casos en la ciudad y en el caso de las quebradas existen soluciones, pero no son exhaustivas y podrían completarse.

Ante la ausencia de planes específicos que regulen y aseguren la aplicación efectiva de la normativa para la conservación de las quebradas, se propone la incorporación de soluciones sostenibles en la quebrada Caupicho. Estas soluciones buscan mitigar los efectos derivados del cambio climático y mejorar la resiliencia ambiental de este ecosistema urbano de estas zonas, pero se recalca que para una solución sostenible es necesario un plan integral donde se abarquen temas de gestión urbana de aguas servidas, aguas lluvias, control de la urbanización, así como una planificación por sectores para una gestión adecuada de la escorrentía en las áreas urbanizadas alrededor de la quebrada.

2.3. Estado del arte

2.3.1. Antecedentes

Según el estudio Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza, desarrollada por Zuchetti et al. (2020) en la que se determinó el objetivo de promover la adaptación de las ciudades para reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas mediante la aplicación de la metodología con enfoque mixto, con diseño no experimental, de tipo analítico deductivo y descriptivo se alcanzó como resultados la necesidad de que las entidades del sector público se involucren activamente con la sociedad en general para generar políticas que reduzcan los impactos de las acciones humanas sobre la naturaleza y

más bien esto sea reemplazado por el compromiso de la población en la recuperación de las zonas degradadas, además que propone una guía de acciones específicas como la generación de capacidades , acceso al financiamiento de grupos sociales comprometidos con la protección medio ambiental que entre otras cosas propongan acciones de formación ciudadana, siendo relevante además la cooperación del sector privado empresarial en las acciones de recuperación de las zonas afectadas.

De acuerdo a la investigación desarrollada por Álvarez (2021) con el tema Propuesta de ordenanza municipal para la conservación de la biodiversidad, recursos naturales, ecosistemas frágiles y zonas de importancia hídrica del cantón Cuenca en la cual se empleó como metodología un enfoque cualitativo, con diseño no experimental, de tipo descriptivo, de campo, longitudinal y con método analítico inductivo, mediante lo que se expone como resultado una propuesta conformada por tres secciones que tratan sobre la normativa requerida bajo ordenanza y/o modificaciones a las ya existentes en donde debe resaltarse las regulaciones ambientales y el propiciar el compromiso de la sociedad en general, la segunda sección hace referencia a un análisis técnico en donde se detallan la riqueza natural justificando la preservación de los ecosistemas, como último apartado de la propuesta se plantea los aspectos técnicos y legales que resalten la importancia de preservar los ecosistemas en donde además se describen falencias detectadas en cuanto a la gestión municipal.

2.3.2. Quebradas y vulnerabilidad al cambio climático

Se puede definir a una quebrada como *“la formación geográfica que corresponde a un cauce de agua con una limitada estrechez, que se ha creado como producto de la erosión del agua a lo largo del tiempo, generalmente se encuentran rodeadas y/o cubiertas de flora y son el hábitat de especies”* (Crisanto y Lannacone, 2023).

Otra definición la plantea Ramírez et al. (2017) quien dice sobre las quebradas, *“son cauces de un ancho limitado formadas por el desgaste de la tierra, contribuyen a la preservación de los ecosistemas y la gestión de aguas especialmente en las zonas rurales”*.

Este elemento de los ecosistemas, así como otros, se encuentra expuesto a situaciones de vulnerabilidad debido a factores generados por el cambio climático (Siclari, 2020), pudiendo ser estos reinterpretados así:

- Incremento de la temperatura y del caudal natural por envíos ilegales o por modificaciones morfológicas lo que a la vez hace que la temperatura del agua suba y afecte a la flora y fauna existente, matando la quebrada como ecosistema
- Deslizamientos de tierra, debido a las construcciones en límite de quebrada, un alto nivel de precipitaciones y una erosión paulatina de sus riberas siendo fuentes de posibles taponamientos, inundaciones, daños a infraestructura y en ocasiones hasta pérdidas de vidas
- Reducción de los recursos naturales, las quebradas pueden alcanzar niveles de degradación que provoquen daños a plantas o alimentos que se benefician del agua que estas proporcionan
- Impacto a las actividades agrícolas

2.3.3. Normativa de Quito para la conservación de quebradas

De acuerdo a lo que establece por parte de la Alcaldía Metropolitana de Quito (2024).es un desafío que se ha planteado como institución, el aplicar cambios para mitigar la problemática generada sobre las quebradas por parte de la población, específicamente por las descargas domésticas e industriales tanto en la zona urbana como rural, siendo una de las metas trazadas el regular, prevenir y controlar estos hechos, así mismo con el fin de dar un giro a la limitada intervención de recuperación se establece un plan de acción para la recuperación, monitoreo y protección de fuentes hídricas. Además, se ha establecido desde la entidad administradora del cantón Quito, la implementación del Plan Estratégico Integral de ríos y quebradas del DMQ en el año 2024.

La autoridad administradora del territorio de la ciudad de Quito desde sus potestades ha emitido basado en lo determinado en la Constitución de la República del Ecuador,

ordenanzas que regulan las acciones sobre los recursos naturales, en donde se incluyen las quebradas, como se puede ver a continuación.

El Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Distrito Metropolitano de Quito (PMDOT) define a la Infraestructura Verde como *"(...) todo componente, subcomponente o elemento natural que en su conjunto mantiene, sustenta, restaura los procesos ecológicos naturales como el ciclo del agua y purificación del aire, y que genera resiliencia a través de los beneficios de la naturaleza o servicios ecosistémicos a la ciudad u otros asentamientos humanos para la mejora de la calidad del hábitat, a través de la protección y valorización de la naturaleza y su relevancia contra los efectos del cambio climático y de la inequidad social y ambiental. Se pretende lograr esto mediante la conservación de las áreas naturales protegidas, la consolidación de los corredores ecológicos, de la Red Verde Urbana y la protección y recuperación de quebradas, entre otros"*. El mismo Plan define a la Infraestructura Azul como *"(...) todo componente, subcomponente, elemento o procesos relacionados con el agua, su ciclo natural y sus ecosistemas acuáticos, que cuentan con una especial relevancia para la conservación y restauración de sus fuentes, su captación, tratamiento, suministro, diseño urbano, uso eficiente y saneamiento, así como aspectos cruciales contra los efectos del cambio climático y de la inequidad social y ambiental"*.

Según la Presidencia de la República del Ecuador (2019) se emite el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, en donde se estipula normativa específica sobre acciones dirigidas a la protección de las quebradas, entre otros recursos naturales, así como prohibiciones específicas tales como la eliminación de residuos, disposición inadecuada de sustancias químicas, entre otras.

Se establece la existencia de 1800 quebradas en el distrito metropolitano, de las cuales 180 quebradas se encuentran priorizadas según la Secretaria del Ambiente, así mismo se establece los riesgos y vulnerabilidades que estas poseen debido al cambio climático, así como a acciones humanas como la expansión urbana a zonas rurales, lo que

ha dado origen a los asentamientos en zonas de riesgo provocando además degradación de la vegetación, cambios en las pendientes desviación y taponamiento de causas, entre otros. Sobre estos hechos, a partir de una sentencia derivada de una acción de protección se emite y aprueba en segundo debate la Ordenanza No.060-2023, denominada Verde-Azul en donde se determina la obligación de regular, prevenir y controlar la contaminación en estas zonas (Alcandía Metropolitana de Quito, 2023).

Otro cuerpo normativo que regula las acciones sobre las quebradas en el distrito metropolitano de Quito se encuentra contenido del el Plan de Uso y gestión de Suelo (2024) en donde se especifica el ordenamiento territorial y la planificación urbanística, su alcance normativo es vinculante y de cumplimiento obligatorio, a través del documento mencionado se busca ordenar la ciudad considerando aspectos tales como la matriz biofísica, condiciones climatológicas, hidro ecológicas, geomorfológicas y ecosistémicas; integración urbano-rural; articulación territorial; equilibrio territorial, desarrollo sostenible y estructurar el área urbana en sus distintos factores (Secretaría de territorio, hábitat y vivienda, 2021).

2.3.4. Aplicación de PUGS en la quebrada Caupicho

2.3.4.1. Descripción de la quebrada Caupicho.

La quebrada de Caupicho se constituye en la unidad de análisis de esta investigación, la cual se conforma por un cauce de que va de 35 y 50 metros, una profundidad que varía entre 10 y 20 metros y taludes que cuentan con inclinaciones de entre 80 y 90 grados, el flujo de agua es constante y en su lecho se pueden encontrar rocas y fragmentos de material desprendido, la contaminación que se da en esta quebrada es importante puesto que se observan troncos, residuos plásticos, domiciliarios, materiales de construcción, troncos, basura en general, lo que obviamente afecta en forma drástica a la conservación de la vida y el ecosistema en general de esta zona así como el riesgo que su deterioro genera sobre las viviendas de los sectores del entorno (Secretaria de Ambiente, 2017).

2.3.4.2. Plan de uso y gestión de suelo.

Un Plan de Uso y Gestión de Suelo es un instrumento normativo de planificación que permite a los GAD municipales y metropolitanos regular y gestionar el uso, la ocupación y transformación del suelo, conforme la visión del desarrollo y el modelo territorial deseado del cantón. (Arquitecturaurbana, 2023).

El Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) de Quito establece directrices para la conservación de quebradas como parte integral de la gestión ambiental urbana basándose además en las ordenanzas, cuerpo legales y ordenanzas específicas, sin embargo, para la quebrada de Caupicho, la aplicación efectiva de estas directrices enfrenta desafíos significativos puesto que se considera no es incluida, esta área ha resultado en la degradación ambiental de la quebrada, afectando su biodiversidad, calidad del agua y función ecológica. Esta situación subraya la necesidad de evaluar la eficacia del PUGS de Quito en el manejo de quebradas para garantizar su conservación a largo plazo, más bien se han dado acciones correctivas o de mitigación a los hechos que se han generado en cuanto a socavones y deslaves.

2.3.5. Planes de implementación en las áreas de protección de la quebrada

En cuerpos normativos como el PUGS para el cantón Quito, incluye acciones generales y específicas para ciertas quebradas, no se menciona un plan de acción preventivo o correctivo sobre la unidad de análisis, quebrada de Caupicho, sino que más bien se establecen proyectos para contra restar los efectos negativos de los daños que se generan por este recurso los cuales se realizan como parte de la intervención de la entidad administrativa sobre este bien (Quito Informa, 2023).

Estas intervenciones corresponden a:

Proyecto 1: rehabilitación de la alcantarilla del cruce vial de la quebrada Chuzalongo del barrio Valles del Sur. Se amplió el diámetro de 400 mm a 1.200mm. Esto permite

una mejor circulación del agua pluvial hacia el colector. Es importante resaltar que, desde la finalización de este trabajo ya no se registran inundaciones en la zona.

Proyecto 2: ejecución de obras de mitigación en la quebrada Caupicho (Protección de taludes quebrada Caupicho)

Actualmente la zona de intervención tiene una limpieza del cauce y la protección de taludes de los márgenes izquierdo y derecho de la quebrada, con un enrocado de longitud de 160 metros y una altura de 4.50 metros. La protección de taludes cuenta con diques que permiten aligerar la fuerza del cauce del río en la temporada de lluvias, de esta manera ayuda a la estabilidad de los taludes que soportan la infraestructura vial.

Proyecto 3: recuperación de la estructura de soporte de la mesa vial de la calle E3F, Zona 7 del barrio Valles del Sur. (Quito Informa, 2023, p. 1)

2.3.6. Soluciones sostenibles basadas en la naturaleza

Ante la problemática ambiental que enfrentan las quebradas urbanas como la Caupicho, diversas ciudades alrededor del mundo han implementado soluciones basadas en la naturaleza (SbN) como enfoques estratégicos para restaurar y conservar este valioso recurso, alineándose con las definiciones y objetivos propuestos por organizaciones internacionales como la ONU y la UICN. Estas alternativas facilitan la gestión sostenible de los recursos hídricos en las zonas urbanas, como ejemplo, la quebrada Caupicho; así mismo, permite identificar las intervenciones adecuadas en la búsqueda de mitigar el impacto negativo del cambio climático, el cual se ha desencadenado por las acciones del ser humano.

En el mismo orden de ideas, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) determina que las soluciones basadas en la naturaleza se sustentan en el uso adecuado de los sistemas y procesos espontáneos para enfrentar desafíos sociales, como la gestión del agua, la reducción de riesgos y la conservación de la biodiversidad (ONU, 2020). Esta

definición resalta la importancia de restaurar, proteger y gestionar los ecosistemas de forma tal que se prioricen los beneficios tanto para el entorno como para las comunidades humanas, aprovechando los servicios ecosistémicos.

Por su parte, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) describe este tipo de soluciones como acciones que buscan "trabajar con la naturaleza para abordar los desafíos sociales y ambientales" (UICN, 2020). Estas acciones buscan integrar de forma eficiente la infraestructura ecológica en las políticas urbanas, como en el caso de las quebradas urbanas de Quito, donde se pueden emplear prácticas como la reforestación de cuencas, la restauración de hábitats y la gestión sostenible del agua.

Soluciones Verdes: Este tipo de alternativas se enfocan en la restauración ecológica, la cual consiste en la reforestación con especies vegetales nativas en taludes y la creación de corredores biológicos. Estas acciones estabilizan suelos, reducen la erosión y mejoran la biodiversidad.

Soluciones Azules: Se enfocan en la gestión del agua mediante la restauración de cauces naturales, humedales artificiales y sistemas de drenaje sostenible. Estas medidas mejoran la calidad del agua y regulan el flujo hídrico.

Soluciones Grises: Son obras civiles como muros de contención y canalización, necesarias en áreas de alto riesgo, pero deben integrarse con soluciones verdes y azules para reducir su impacto ambiental.

III. OBJETIVOS

3.2. 3.1. Objetivo general

- Evaluar y proponer soluciones basadas en la naturaleza en la Quebrada Caupicho, que puedan integrarse en una norma técnica para su conservación, considerando los compromisos internacionales y la normativa nacional vigente

3.3. Objetivos específicos

- Comprender los compromisos internacionales y la normativa nacional en cuanto a la conservación de quebrada
- Entender el estado actual de la quebrada Caupicho, específicamente en relación con la ocupación de las franjas de protección
- Establecer soluciones basadas en la naturaleza que aborden los problemas específicos de la quebrada Caupicho, en función de su contexto urbano y las normativas vigentes para su integración en la norma técnica de la ordenanza verde y azul.

IV. METODOLOGÍA

La metodología de este estudio está diseñada para abordar los objetivos de comprender los compromisos internacionales y la aplicación normativa nacional, diagnosticar el estado de la quebrada Caupicho y establecer soluciones sostenibles basadas en la naturaleza, con enfoques verdes, azules y grises. Para lo cual, se estructuró en tres fases principales: revisión documental y normativa, análisis geoespacial con herramientas SIG, y trabajo de campo. Cada fase implica un enfoque sistemático y se basa en la revisión documental, herramientas de análisis espacial, complementadas con visitas de campo para generar información visual y establecimiento de propuestas sostenibles que ayuden con la conservación de la quebrada.

4.1. Comprensión de los compromisos internacionales y normativa nacional en cuanto a la conservación de quebradas

4.1.1. Revisión documental y análisis normativo

La fase inicial del estudio se centró en un análisis detallado de la normativa vigente y de los compromisos internacionales que influyen en la conservación de las quebradas

urbanas en Ecuador. Esta revisión incluyó un estudio tanto de los acuerdos internacionales como de la legislación nacional y local para la conservación de quebradas urbanas. El propósito de obtener una comprensión profunda del marco jurídico que regula las áreas naturales y los cuerpos de agua en el país, además de identificar los compromisos asumidos por Ecuador en el ámbito internacional.

En el plano internacional, se consideraron varios instrumentos clave, entre los que se encuentran: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible donde se consideraron los ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima), El acuerdo de Paris, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, Nueva Agenda Urbana, UICN ESTANDAR SbN

A nivel nacional, se examinaron diversas normativas y políticas relevantes, entre las que se incluyen: La Constitución de la República del Ecuador, el Código Orgánico del Ambiente, la Estrategia Nacional de Biodiversidad, Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025, el plan de nacional del cambio climático, PLANMICC 2025-2070, ASHE, LAS NDC II, Plan de Uso y Gestión del Suelo de Quito (PUGS 2024): el Plan de resiliencia de quito, El plan de acción climático de quito, la ordenanza verde y azul, sentencias judiciales del rio monjas y rio Machángara.

Para facilitar la comprensión, se utilizó una matriz de análisis normativo que permitió sistematizar la información y destacar de manera clara las áreas de incumplimiento y las debilidades en la gestión de la quebrada.

4.1.2. Entrevista con actores clave

Como parte de la metodología, se llevó a cabo una entrevista abierta con Pablo Zapata, jefe de la Unidad de Microcuencas Hidrográficas de la Secretaría de Ambiente de Quito con el objetivo de recopilar información técnica y obtener perspectivas institucionales sobre la gestión y conservación de la quebrada.

4.2. Análisis del estado actual de la quebrada Caupicho, en relación con la ocupación del área de protección ecológica

Para analizar el estado actual de la quebrada Caupicho, se empleó un enfoque geoespacial mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La quebrada y su área de protección ecológica fueron delimitadas usando capas de datos obtenidas del geoportal del Municipio de Quito, shapefile de accidentes geográficos y áreas de protección ecológica las cuales se encuentran definidas en el PUGS 2024, se cruzó la información con el shapefile de catastro para verificar las construcciones que se encuentran dentro del área de protección ecológica, finalmente se cruzó la información con las capas de exposición a inundaciones y movimientos en masa. con el propósito de evaluar su estado actual, para lo cual, en función de las características ocupacionales y exposición a riesgos naturales, se dividió la quebrada en cinco zonas, cada zona fue evaluada en términos de profundidad, ancho del cauce y número de edificaciones.

Tras el análisis geoespacial, se realizaron visitas de campo a las cinco zonas propuestas con el objetivo de verificar el estado de los taludes en el área de protección y evaluar el riesgo de colapso de las infraestructuras cercanas a la quebrada. En el transcurso de estas visitas se ejecutaron las siguientes actividades:

Evaluación del riesgo de colapso de taludes: Para ello se hizo un análisis a través de la observación directa de los taludes en el área protegida, así mismo, se buscó determinar algunos signos de inestabilidad como erosión del suelo, desprendimientos de tierra o inclinación de taludes que puedan representar algún tipo de riesgo para las infraestructuras.

Verificación de medidas de estabilización: Este paso consistió en la revisión de estructuras de protección; entre ellos, los muros de contención y los sistemas de drenaje, a través de los cuales se disminuye la acumulación de agua o la erosión de taludes.

Evidencia de problemas. Se verificó los problemas que presenta la quebrada a lo largo de las zonas de intervención.

Documentación fotográfica: Se tomaron fotografías de los taludes, problemas identificados y las infraestructuras inspeccionadas, considerando las zonas de intervención en las que se dividió la quebrada. Se documentó el estado de los taludes y las medidas de mitigación observadas en cada zona.

4.3. Soluciones sostenibles para la conservación de la quebrada Caupicho

A partir de la comprensión de los compromisos internacionales, la normativa nacional y local en conjunto con el análisis geoespacial y las visitas de campo, se realizó un diagnóstico de los principales problemas que afectan la conservación de la quebrada Caupicho. Se establece un conjunto de soluciones sostenibles divididas en tres categorías: verdes, azules y grises, alineadas con la normativa vigente y las características urbanas de la quebrada Caupicho.

Soluciones verdes: Se centran en el uso de la naturaleza y los ecosistemas para enfrentar problemas ambientales. Estas soluciones suelen ser multifuncionales, ya que, además de cumplir su propósito principal, mejoran la biodiversidad y la calidad de vida.

Soluciones azules: Enfocadas en el manejo y conservación de cuerpos de agua, como ríos, lagos, océanos y acuíferos. Estas soluciones ayudan a mantener la salud de los ecosistemas acuáticos

Soluciones grises: Se basan en infraestructuras tradicionales de ingeniería, generalmente con un enfoque más tecnológico, son efectivas para enfrentar desafíos inmediatos, como la protección contra desastres naturales. Sin embargo, pueden ser más costosas.

Implementación de SbN en la Quebrada Caupicho: La quebrada ha tenido varias intervenciones realizadas por universidades como la Universidad Central quien construyó cruces peatonales y de pequeñas mejoras en ciertos puntos de la quebrada y se ha recesado una intervención de SbN en el último tramo de la Quebrada paralela al Parque Caupicho realizada en el 2022 por YES Innovation. Se implementaron 8 tipos de SbN

adaptadas al sitio para gestionar agua, introducir vegetación y facilitar accesos con un presupuesto bajo y soluciones robustas y construidas con materiales y técnicas constructivas locales. Con la implementación, la quebrada fue mantenida, se levantaron sedimentos fortaleciendo su capacidad de drenaje e infiltración para evitar inundaciones en las viviendas vecinas a la quebrada. La implementación no produjo desechos ya que todo se reutilizó en sitio y se usó madera de los árboles que habían sido tumbados por lluvias y vientos fuertes en la zona que estaban abandonados en el parque. Se mejoraron accesos formalizando pasarelas y caminerías, con condiciones de accesibilidad universal para todas las edades y usos, mejorando la conectividad-caminabilidad del sitio.

YES Innovation describe así las implementaciones realizadas en el sitio; Los sistemas naturales fueron re-potencializados en taludes, se construyeron jardines de lluvia, se rearborizó y se formalizaron micro bosques (técnica Miyawaki). Se buscó un manejo y tratamiento de los lodos de remoción de la quebrada que fueron secados en sitio, se utilizó árboles caídos en el sitio, con ellos se construyeron “lasañas” basadas en técnicas de permacultura de tipo Hügelkultur. El área abandonada a usos pastorales ha mejorado, se han limitado y tratado las fuentes de contaminación múltiples que existían en el lugar tratando aguas residuales de las casas vecinas que no pueden conectarse a la red pública. Se implementó lombrifiltros que permiten limpiar estas aguas y enviarlas limpias a la quebrada mostrando la capacidad de estas soluciones autónomas descentralizadas. El sitio no se ha inundado y los habitantes reconocen la mejora del sitio.

Se trabajó con mano de obra local del sur de la ciudad, se integraron mujeres en la plantación, se usó materiales locales reciclables y desechos de la misma obra con un diseño optimizado para evitar desperdicios. Se usaron técnicas constructivas eficientes limitando gastos innecesarios, sin desperdicio de tiempo ni material y disminuyendo la huella ecológica de la intervención con propuestas de compensación en sitio. Se utilizó poca agua, los dispositivos que necesitaron hormigón fueron elaborados en sitio con medidas y cantidades justas controlando el impacto de la construcción (manejo de desechos, de agua,

encofrados reutilizados). Los residuos fueron gestionados en obra con cero desalijos de lodos o desechos vegetales, se gestionó únicamente la salida de neumáticos y basura no reciclable. Se establecieron horarios de trabajo para no interrumpir las actividades de los vecinos y reducir el impacto en términos de ruido, polvo y desechos. El proyecto prescindió de iluminación artificial debido a la sensibilidad del entorno natural y sus especies de flora y fauna.

La obra busca además mostrar a la comunidad una nueva forma de recuperar y trabajar, de manera colectiva y participativa, con actores locales (decisores públicos, técnicos municipales, vecinos, maestros, empresas, etc.). Se buscó transferir estos conocimientos de manera concreta en un territorio específico buscando alternativas más sostenibles. Se restauraron áreas verdes, se crearon jardines y se aportó al arbolado del sitio. Se plantaron 210 árboles y cerca de 80 plantas endémicas y naturalizadas. Se integró artistas locales en la pintura de dos murales en la obra. La obra es pionera y ejemplar en la implementación de SbN en remanentes naturales en contextos urbanos.



Mapa 1: Barrios Caupicho y tramo delimitado (2022).

Figura 1. Barrios Caupicho y tramo delimitado (2022)

Fuente: Tramo de intervención, YES Innovation, 2022

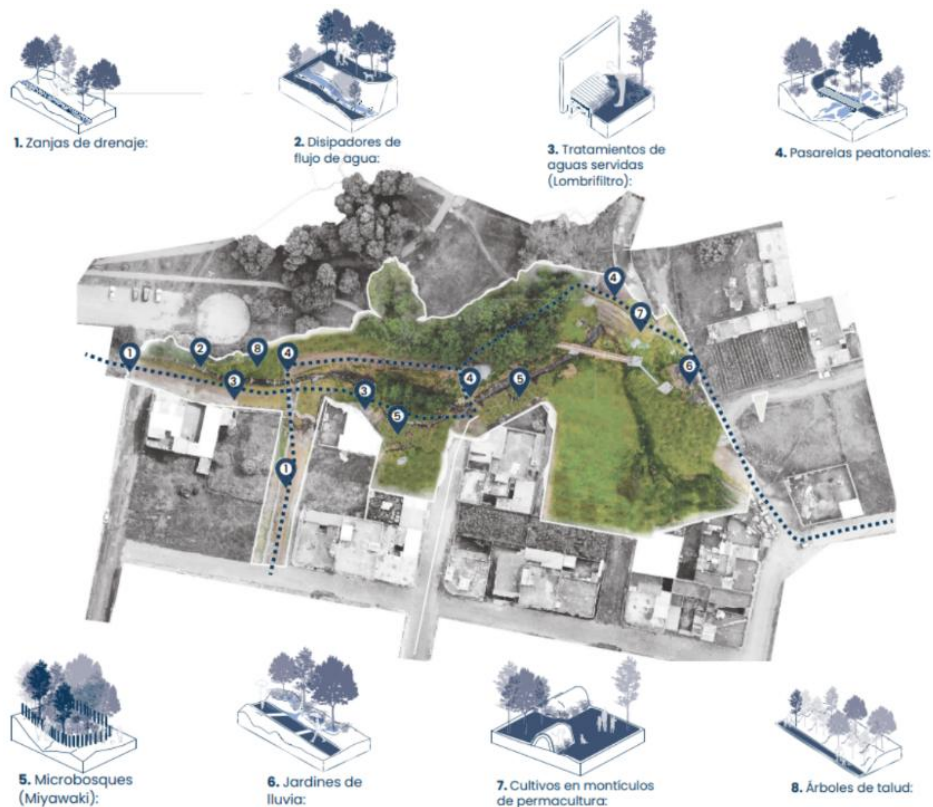


Figura 2. Barrios Caupicho y tramo delimitado (2022)

Fuente: Soluciones basadas en la Naturaleza implementadas en el tramo de intervención de la Quebrada Caupicho, YES Innovation, 2022

V. RESULTADOS

5.1. Análisis de compromisos internacionales y normativa nacional

El análisis documental sobre los compromisos internacionales adoptados por Ecuador en conjunto con las normativas nacionales y locales enfocadas en la conservación de quebradas, evidencia la existencia de un marco normativo integral, que promueve la conservación ambiental y la gestión sostenible de los ecosistemas hídricos. Entre los compromisos internacionales más relevantes se encuentran los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales establecen directrices claras para garantizar agua limpia y saneamiento (**ODS 6**), promover ciudades sostenibles (**ODS 11**) y tomar acción climática (**ODS 13**). Estos objetivos alineados con el Acuerdo de París (2015) que busca reducir las emisiones de CO₂ y fortalecer de resiliencia climática, el Marco de Sendai (2015) que busca

reducir la vulnerabilidad ante desastres naturales y la Nueva Agenda Urbana (2016) que promueve la resiliencia urbana mediante la implementación de soluciones sostenibles. Consisten en un conjunto de instrumentos que establecen pautas claras de restauración para ecosistemas en degradación, gestión sostenible del agua y la promoción de soluciones basadas en la naturaleza (NbS) para ciudades resilientes. El Estándar Global de NbS de la UICN 2020 también ofrece criterios prácticos para el diseño y la evaluación de soluciones sostenibles para garantizar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo.

A nivel nacional, la Constitución de 2008 de Ecuador, junto con el Código Orgánico del Ambiente aprobado en 2017, establece los derechos particulares de la naturaleza y sus correspondientes obligaciones para protegerla, convirtiéndolos en fundamentales para la conservación de los recursos naturales. Al mismo tiempo, el Plan Nacional de Cambio Climático (2012) y la Estrategia ASHE (2017) integran acciones comunitarias y gubernamentales para restaurar ecosistemas con el fin de adaptarse al cambio climático. A nivel local, dentro del marco del Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025, el Plan de Resiliencia de Quito (2017) y el Plan de Acción Climática de Quito (2021) enfatizan la necesidad de establecer infraestructura verde y azul, al mismo tiempo que mantienen la sostenibilidad urbana a través de la conservación de las quebradas de la ciudad.

En este contexto, la Ordenanza Verde y azul de Quito (060-2023) y el Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS 2024) destacan por establecer áreas de protección ecológica a través del control del uso del suelo alrededor de las fuentes hídricas para mantener sus funciones ecosistémicas. Sin embargo, la aplicación de estas regulaciones es claramente deficiente, como lo demuestran las brechas identificadas en la gestión de la quebrada Caupicho.

La sentencia del río Machángara, de fecha agosto de 2024, expresa la necesidad de desarrollar un plan de restauración integral para el río y sus afluentes, como la quebrada Caupicho, que implica:

- Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, preferiblemente plantas basadas en tecnologías de la naturaleza.
- Eliminar embaulamientos y restaurar humedales y lagunas urbanas.
- Establecer reservas fluviales y restaurar las riberas con especies nativas.
- Realizar un mapeo y priorización de las áreas más afectadas
- Promover infraestructura verde y azul en la ciudad

A pesar de estos esfuerzos, la implementación de estas regulaciones ha sido escasa y presenta considerables brechas. Algunas de las brechas identificadas son la ausencia de planes estratégicos para la gestión de quebradas que se adhieran a los derechos naturales, así como la ausencia de mecanismos de supervisión efectivos que dificulten el control de los proyectos y su adherencia. Además, ha existido una ausencia demostrada de financiamiento adecuado para iniciativas de restauración ambiental, lo que restringe severamente la acción real. Por último, la coordinación general entre las agencias estatales ha reducido la fusión de las iniciativas de diferentes agencias y, por lo tanto, las respuestas a los desafíos que plantea el medio ambiente son fragmentadas.

Cuadro 1. Compromisos internacionales y normativa nacional y local con el análisis de brechas detectadas para su aplicación.

Instrumento normativo o acuerdo	Obligaciones establecidas	Estado en la quebrada Caupicho	Brechas detectadas
Agenda 2030 y ODS (6, 11, 13) (2015)	- Garantizar agua limpia y saneamiento (ODS 6). - Promover ciudades sostenibles (ODS 11). - Tomar acción climática (ODS 13).	Persisten conexiones ilegales de aguas residuales. Falta de gestión urbana sostenible en áreas críticas.	Insuficiente implementación de soluciones de manejo hídrico y saneamiento. Escasa integración de resiliencia climática en políticas locales.
Acuerdo de París (2015)	- Reducción de emisiones y fortalecimiento de resiliencia climática. - Restauración de ecosistemas degradados.	No se han iniciado proyectos de restauración en la quebrada. Persisten daños en taludes y pérdida de vegetación.	Falta de planes específicos para restaurar la quebrada y reducir riesgos relacionados con el cambio climático.
Marco de Sendai (2015)	- Reducir vulnerabilidad ante desastres naturales. - Gestionar riesgos como inundaciones y deslizamientos de tierra.	Alta vulnerabilidad en zonas ocupadas y taludes erosionados. Falta de medidas preventivas.	No existen planes de gestión integral para desastres. Las zonas en riesgo no cuentan con infraestructura adecuada.

Nueva Agenda Urbana (2016)	<ul style="list-style-type: none"> - Promover resiliencia urbana mediante soluciones sostenibles. - Integrar infraestructura verde-azul en la planificación. 	Soluciones basadas en la naturaleza aún no implementadas en la quebrada Caupicho.	Falta de integración de políticas urbanas sostenibles en la gestión de quebradas.
UICN Estándar Global de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) (2020)	<p>Diseñar SbN que sean escalables, sostenibles y efectivas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vincular las SbN con el manejo hídrico y la restauración ecológica. 	Las propuestas de reforestación y restauración no están evaluadas bajo el estándar.	Falta de alineación con los criterios de efectividad y sostenibilidad establecidos por el estándar SbN.
Constitución del Ecuador (2008)	<ul style="list-style-type: none"> - Reconoce los derechos de la naturaleza. - Obliga al Estado a conservar ecosistemas frágiles. 	Degradación persistente de la quebrada por ocupación y contaminación.	Insuficiente acción gubernamental para garantizar el respeto a los derechos de la naturaleza en áreas urbanas.
Código Orgánico del Ambiente (COA) (2017)	<ul style="list-style-type: none"> - Prohíbe contaminación y degradación de cuerpos de agua. - Establece la obligatoriedad de restaurar áreas afectadas. 	Conexiones ilegales no fiscalizadas. Descargas directas de desechos sólidos y líquidos en el cauce.	Falta de fiscalización y sanción efectiva a quienes infringen la normativa ambiental.
Plan Nacional del Cambio Climático (2012)	<p>Establecer medidas de adaptación climática en ecosistemas estratégicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restaurar y proteger áreas degradadas por actividades humanas. 	No se han desarrollado proyectos para aumentar la resiliencia climática en la quebrada.	Falta de alineación entre los objetivos del plan y la implementación local.
Estrategia ASHE (Adaptación al Cambio Climático en Ecuador) (2017)	<ul style="list-style-type: none"> - Restaurar ecosistemas como medida de adaptación al cambio climático. - Promover participación comunitaria en soluciones sostenibles. 	Falta de inclusión de la comunidad en los proyectos de conservación. Degradación continua de los taludes.	Escasa articulación entre la comunidad y las autoridades locales para implementar medidas adaptativas.
Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025	<ul style="list-style-type: none"> - Protección de ecosistemas estratégicos en áreas urbanas. - Promoción de soluciones sostenibles en gestión ambiental. 	Soluciones propuestas de forma aislada sin un plan integral. Ecosistemas degradados.	Carencia de mecanismos de financiamiento y ejecución de soluciones integradas.
PLANMICC 2025-2070	Implementación de estrategias climáticas de largo plazo. Promoción de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza	La quebrada Caupicho no ha sido incluida en estrategias climáticas a largo plazo. Falta de integración de la quebrada en el PLANMICC.	Carencia de acciones específicas para mejorar la resiliencia climática de la zona.

NDC II (2022)	Compromisos actualizados para la reducción de emisiones y adaptación climática Implementación de soluciones basadas en la naturaleza y restauración ecológica	No se han desarrollado proyectos específicos alineados con los compromisos NDC en la quebrada Caupicho	Falta de articulación entre los objetivos del NDC II y las acciones locales de restauración y conservación.
Plan de Resiliencia de Quito (2017)	Proteger ecosistemas estratégicos para reducir vulnerabilidades. - Implementar infraestructura verde para aumentar resiliencia urbana.	Intervenciones en la quebrada no están alineadas con este plan. Alta vulnerabilidad en las zonas urbanas.	Falta de coordinación entre los planes de resiliencia y las intervenciones locales en la quebrada Caupicho.
Plan de Acción Climático de Quito (2021)	- Reducir riesgos climáticos mediante infraestructura verde y restauración ecológica. - Incorporar participación comunitaria en la gestión.	No se ha priorizado la restauración de la quebrada en el plan climático.	Débil integración de la gestión de quebradas en las estrategias climáticas de la ciudad.
Sentencia del Río Monjas (2022)	- Obliga al Municipio a restaurar y conservar el ecosistema del río Monjas y sus afluentes. - Establece la creación de planes de acción específicos y monitoreo continuo.	La quebrada Caupicho, como ecosistema afluente, no ha sido integrada en las acciones de cumplimiento de la sentencia.	Falta de inclusión de la quebrada en el plan integral del río Monjas. Escaso avance en monitoreo y restauración de afluentes del sur.
Ordenanza Verde y Azul (060-2023)	- Promoción de infraestructura verde y azul. - Regulación y control de la contaminación en quebradas.	Persisten ocupaciones y conexiones ilegales. Intervenciones limitadas y reactivas.	Ausencia de proyectos estructurados para implementar infraestructura verde y azul en la quebrada.
PUGS 2024	- Delimitación de áreas de protección ecológica. - Regulación del uso del suelo para conservar quebradas.	30% del área de protección ecológica ocupada. Ausencia de monitoreo constante y acción preventiva.	Falta de medidas de control y restauración en las áreas definidas como protegidas.
Sentencia del río Machángara (2024)	- Exige restauración y protección de los afluentes. - Obliga al Municipio a desarrollar planes específicos de conservación.	No existe un plan de restauración integral para la quebrada Caupicho. Persisten ocupaciones y contaminación.	Falta de integración de la quebrada en un plan general de manejo. Débil implementación de acciones de restauración exigidas.

Fuente: Elaboración propia, 2024

5.1.1. Análisis de la entrevista

El análisis realizado de la aplicación normativa se enriqueció con la información proporcionada por Pablo Zapata, Jefe de la Unidad de Microcuencas Hidrográficas de la Secretaría de Ambiente realizada en julio 2024. Durante la entrevista, se destacó que la ciudad de Quito carece de un plan de gestión integral para las quebradas, lo que obstaculiza la conservación efectiva de estos ecosistemas. Además, se mencionó que en la actualidad se están desarrollando consultorías para identificar y diagnosticar sistemas hídricos con el propósito de desarrollar planes y proyectos, como; el plan estratégico de ríos y quebradas, el plan de infraestructura verde y azul que permita la implementación de soluciones basadas en la naturaleza y su articulación con políticas públicas. Y el plan estratégico de Microcuencas: que considera la planificación en cuencas altas, medias y bajas. Este diagnóstico pone de manifiesto la necesidad urgente de establecer un enfoque coordinado que integre estos esfuerzos para garantizar la protección adecuada de la quebrada Caupicho.

5.2. Análisis del estado actual de la quebrada Caupicho, estado de los taludes y el riesgo de colapso de infraestructuras.

5.2.1. Recopilación de datos geoespaciales

El proceso investigativo parte por la ubicación del caso de estudio – Quebrada Caupicho, la cual se ubica en la zona sur del cantón, se extiende por 4,25 km aproximadamente entre las parroquias de Turubamba y Quitumbe y se encuentra rodeado de los barrios: Asistencia Social, Bienestar Social, Carlos Eduardo Franco Méndez, Ciudadela Metropolitana Caupicho, Clemente Sánchez de Orellana, La Puerta Negra, Salvador Allende, San Blas 1, Santa Isabel, Solidaridad, Tréboles del Sur, Valle del Sur, Venceremos de Turubamba.

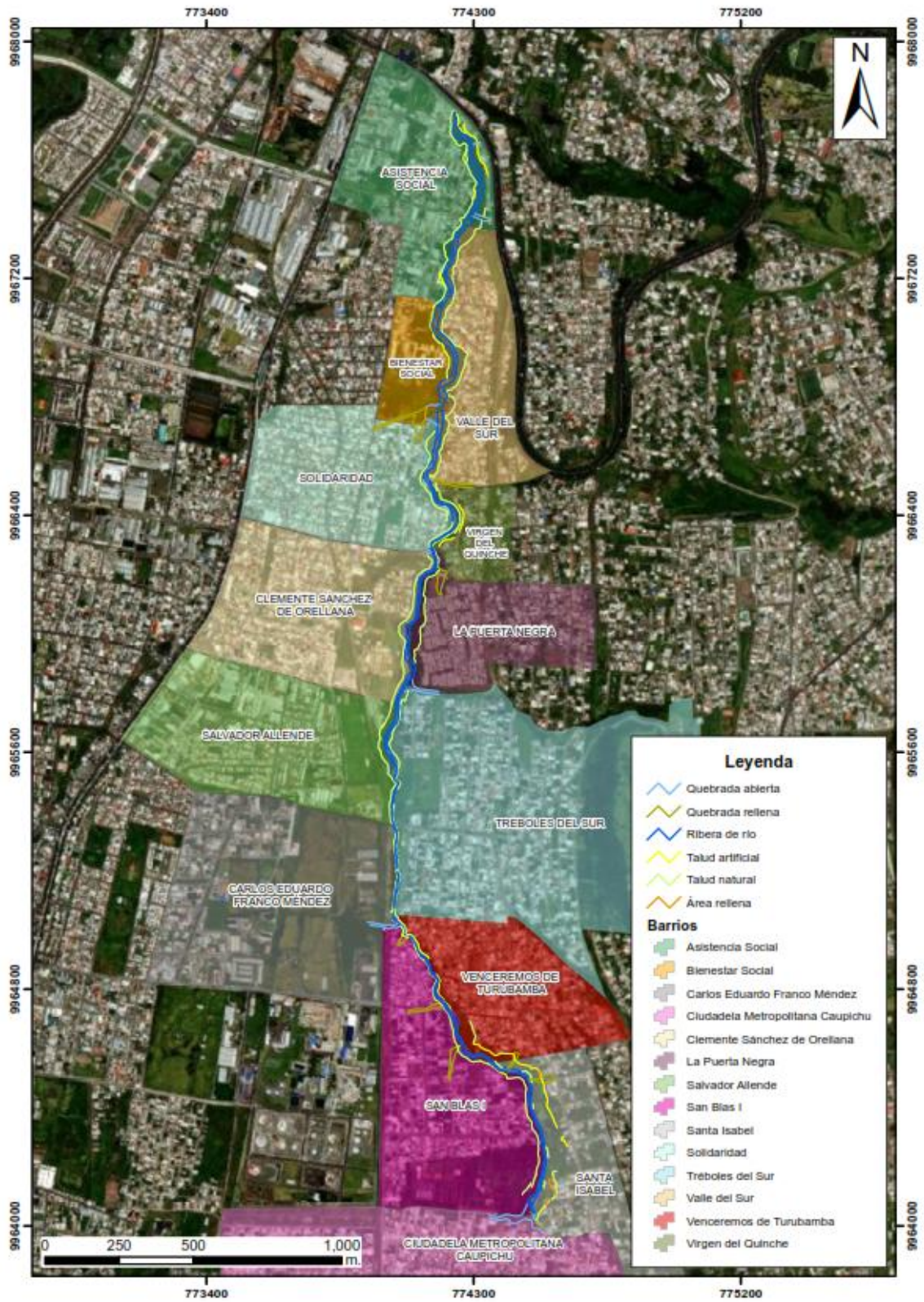


Figura 3. Quebrada Caupicho, barrios que la rodean
Fuente: PUGS 2024, Elaboración propia,

Mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se identificó el recorrido de la quebrada Caupicho y su área de protección ecológica. Para ello, se emplearon los shapefiles disponibles en el Geoportal del Municipio de Quito, específicamente en el apartado correspondiente al PUGS 2024. Estos datos incluyeron información sobre accidentes geográficos y áreas de protección ecológica.

El análisis se complementó con un cruce de información que incorporó shapefiles de exposición a inundaciones y movimientos en masa, que en conjunto con el crece del catastro municipal permitió identificar las viviendas ubicadas dentro del área de protección ecológica de la quebrada. A partir de este análisis, se llevó a cabo la división del recorrido de la quebrada en cinco zonas de intervención, cada una con características específicas que reflejan la ocupación urbana y los riesgos naturales, como inundaciones y deslizamientos de tierra. En este proceso, se identificaron las viviendas ubicadas dentro del área de protección ecológica. La investigación se complementó con la elaboración de mapas y visitas de inspección visual en cada una de estas zonas.

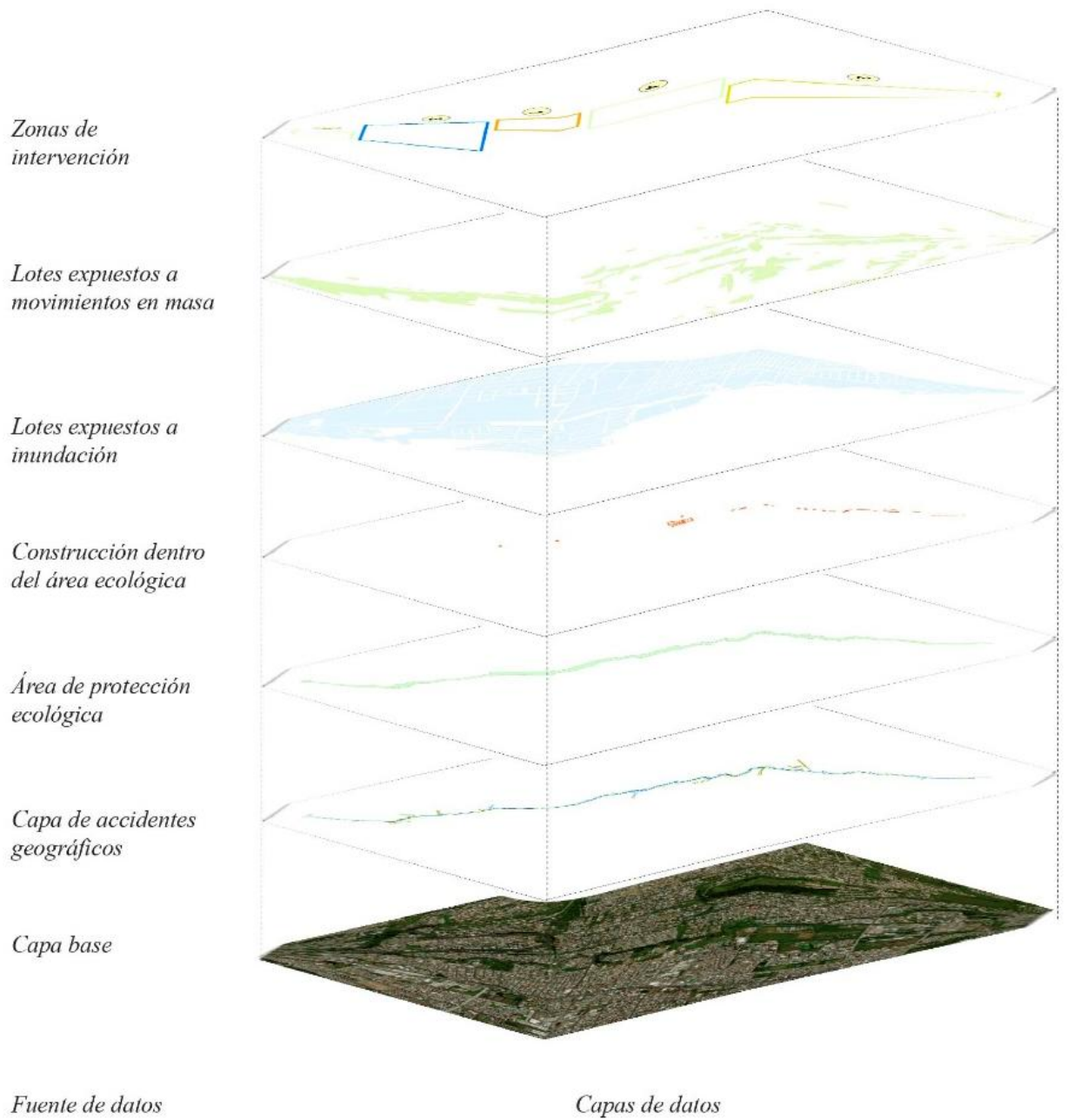


Figura 4. Quebrada Caupicho, shapefile utilizados para el proceso de investigación con el cual se determinan las zonas de intervención

Fuente: Elaboración propia. PUGS 2024

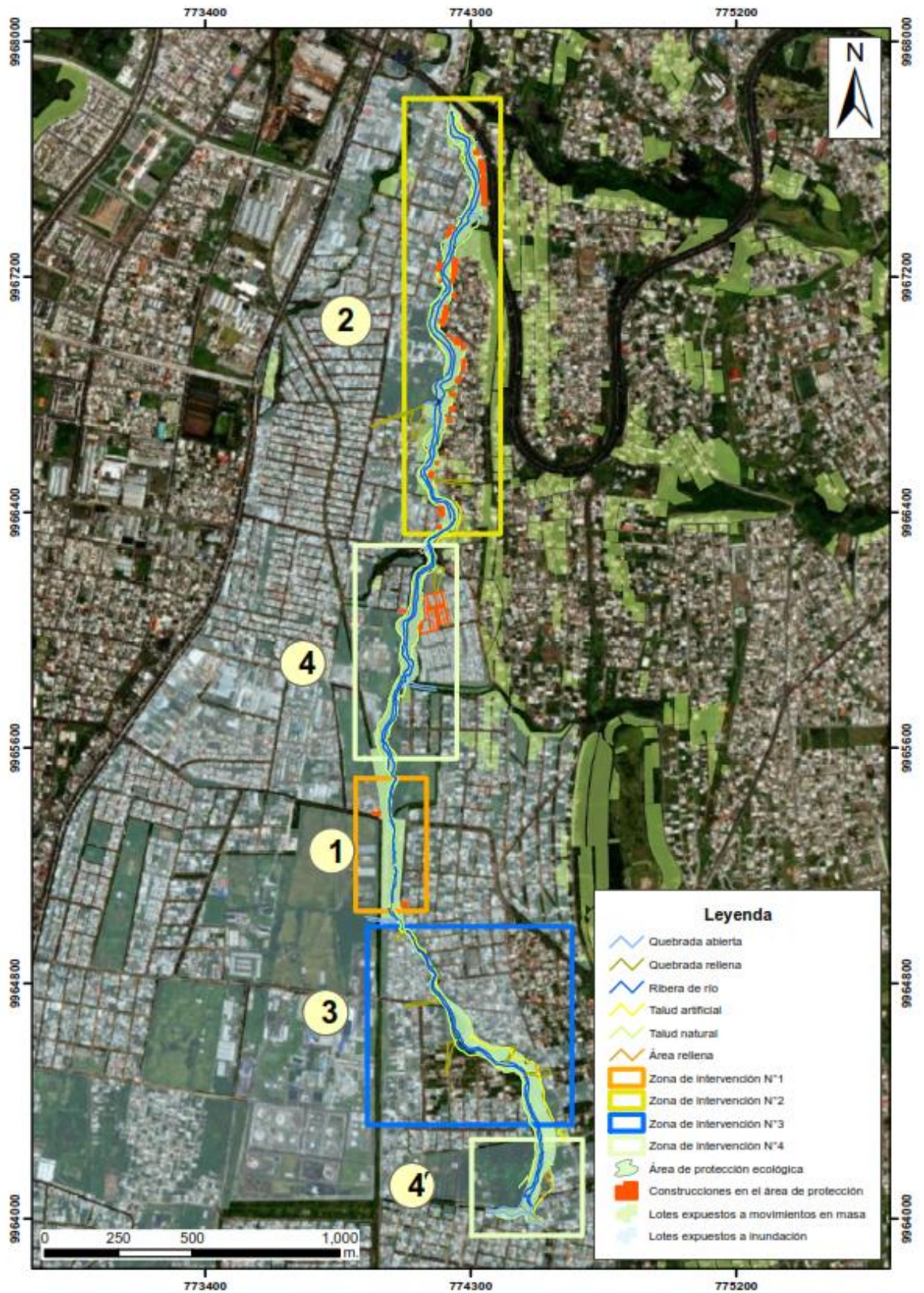


Figura 5. Quebrada Caupicho, identificación de las zonas de intervención
Fuente: Elaboración propia. PUGS 2024

Cuadro 2. Quebrada Caupicho, zonas de intervención

Zona de intervención	Descripción	Profundidad (m)	Ancho (m)	Construcciones dentro del área de protección ecológica
1	Áreas verdes y edificaciones en los laterales de la quebrada. Lotes expuestos a inundación.	> 1 m	4 - 14 m	2
2	Edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación.	4 - 10 m	14 - 73 m	64
3	Edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a inundación.	1 - 16 m	6 - 78 m	0
4	Áreas verdes y edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación.	2 - 12 m	16 - 75 m	2
4'	Áreas verdes y edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación.	7 - 12 m	25 - 53 m	0

Fuente: Elaboración propia, 2024

Nota: El sector se dividió en 5 zonas, de acuerdo con las características que presenta cada una. Sin embargo, se incluyen los numerales 4 y 4', ya que ambas zonas comparten características similares. La diferencia radica en que, en una de ellas, existen construcciones dentro del área de protección ecológica.

5.2.2. Visitas de campo para verificación del estado de la quebrada

El análisis geoespacial, que incluyó la visualización de imágenes satelitales de alta resolución y la integración de mapas catastrales, permitió identificar un alto grado de ocupación urbana dentro del área destinada a la protección ecológica. En particular, la Zona 2 presenta un total de 64 edificaciones, lo que evidencia un incumplimiento significativo a la normativa vigente que prohíbe construir sobre áreas de protección ecológica. Esta zona presenta lotes con exposición a riesgos naturales como movimientos en masa e inundación, además la impermeabilización del suelo provocada por las edificaciones incrementa la vulnerabilidad del área, elevando el riesgo de erosión y deslizamientos, lo que pone en peligro tanto a la infraestructura de las viviendas como la salud del ecosistema.

Las Zonas 1, 4, presentan 2 edificaciones dentro del área de protección ecológica por cada zona y las zonas 3, 4', no presentan edificaciones en del área de protección ecológica, sin embargo, se plantea la necesidad de intervención debido a su exposición a riesgos naturales como inundaciones y movimientos en masa.

A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes de cada zona, así como las características ambientales y los riesgos observados.

Zona 1: Espacios verdes y edificaciones en los laterales, lotes expuestos a inundación

A través de inspecciones visuales y el análisis de imágenes satelitales, se identificó que esta área aún conserva una notable franja de vegetación. Sin embargo, la falta de vegetación adecuada en las laderas y la acumulación de sedimentos cerca de los márgenes de la quebrada contribuyen a la erosión de las laderas, lo que aumenta la susceptibilidad del área durante fuertes lluvias. Las fotografías de campo tomadas durante las visitas al sitio demostraron la contaminación perjudicial en forma de residuos sólidos y sedimentos dentro del curso de agua, lo que impacta tanto en la calidad del agua como en la capacidad de la quebrada para modular el flujo superficial.

La degradación de la vegetación contribuye a la desestabilización del suelo, aumentando la probabilidad de deslizamientos de tierra y, posteriormente, posibles alteraciones en el flujo natural del agua, especialmente en pendientes mayores de 70 grados. Conformar correctamente los taludes, así como gestionar los depósitos de sedimentos en los bordes, es crucial para minimizar la erosión y garantizar la estabilidad de las pendientes. La creación de taludes sólidos, la conformación de terrazas jardín, la implementación de sistemas de drenaje eficientes y la reforestación de la zona son medidas clave para mitigar estos problemas.

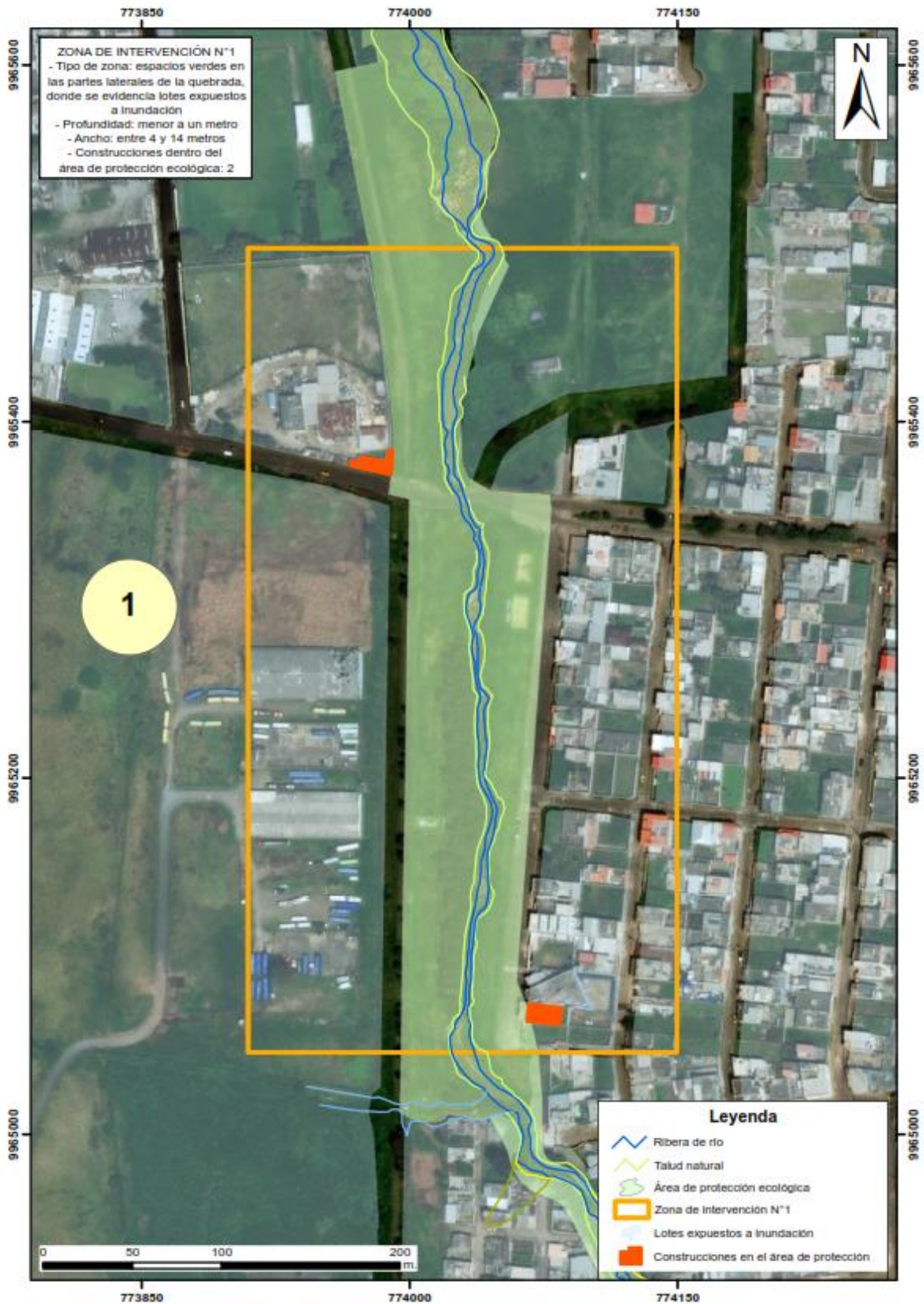


Figura 6. Quebrada Caupicho - zona de intervención 1, espacios verdes y edificaciones alrededor del área de protección ecológica
Fuente: Elaboración propia, PUGS 2024



Figura 7. Zona de intervención 1, cruce de conexiones de agua potable, acumulación de basura y sedimentos

Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 8. Zona de intervención 1, acumulación de sedimentos y vegetación degradada aquí se ve como el caudal varía por las zonas sin vegetación en las riberas de la quebrada,

Fuente: *Elaboración propia, 2024*

Zona 2: Edificaciones en laterales y lotes expuestos a movimientos en masa e inundación

El análisis de imágenes satelitales junto con las visitas de campo permitió verificar que estas edificaciones están ubicadas en sectores de alto riesgo, especialmente por la inestabilidad de los taludes, los cuales presentan inclinaciones superiores a 70 grados y están desprovistas de cobertura vegetal. Se evidenció un marcado proceso de erosión en los taludes, con signos claros de deslizamientos de tierra que afectan de manera directa a las viviendas cercanas. Las construcciones se encuentran en suelos inestables, donde la intervención humana ha alterado la estructura natural del terreno, disminuyendo su resistencia frente a la gravedad y al impacto de las lluvias. En muchos de estos casos, las viviendas carecen de sistemas adecuados de drenaje y otros sistemas de infraestructura de soporte, lo que incrementa su vulnerabilidad frente a desastres durante la temporada de precipitaciones.

Los mapas generados indicaron una considerable variabilidad en el ancho de la quebrada, con algunas áreas alcanzando hasta 73 metros de ancho, lo cual complica la implementación de medidas para gestionar el agua de lluvia. La escorrentía excesiva, especialmente durante eventos de lluvias intensas, ha sido identificada como uno de los principales factores que contribuyen a la inestabilidad de los taludes y a los deslizamientos de tierra detectados en las inspecciones.



Figura 9. Quebrada Caupicho - zona de intervención 2, Edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación.

Fuente: Elaboración propia, PUGS 2024



Figura 10. Zona de intervención 2, riesgo de colapso de viviendas por erosión de taludes, descargas ilegales de aguas servidas
Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 11. Zona de intervención 2, riesgo de colapso de viviendas por erosión de taludes, degradación vegetal de taludes
Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 12. Zona de intervención 2, erosión de taludes vegetación degradada
Fuente: *Elaboración propia, 2024*

Zona 3: Edificaciones en las partes laterales y lotes expuestos a inundación

La ausencia de construcciones dentro del área de protección representa una oportunidad para la restauración ecológica y la implementación de soluciones sostenibles. Sin embargo, el estado de los taludes en esta zona también muestra signos de erosión, aunque menos severos en comparación con las zonas 1 y 2. Las fotografías tomadas durante las inspecciones revelan que los taludes están cubiertos por vegetación en algunas áreas, pero en otras, la falta de cobertura vegetal ha aumentado la exposición del suelo a la erosión hídrica.

Las imágenes satelitales también mostraron que en algunos puntos la quebrada se estrecha significativamente, lo que aumenta el riesgo de desbordamientos. Las visitas de campo confirmaron que las viviendas cercanas están ubicadas en terrenos que podrían verse afectados por inundaciones si no se implementan sistemas adecuados de manejo de aguas pluviales.

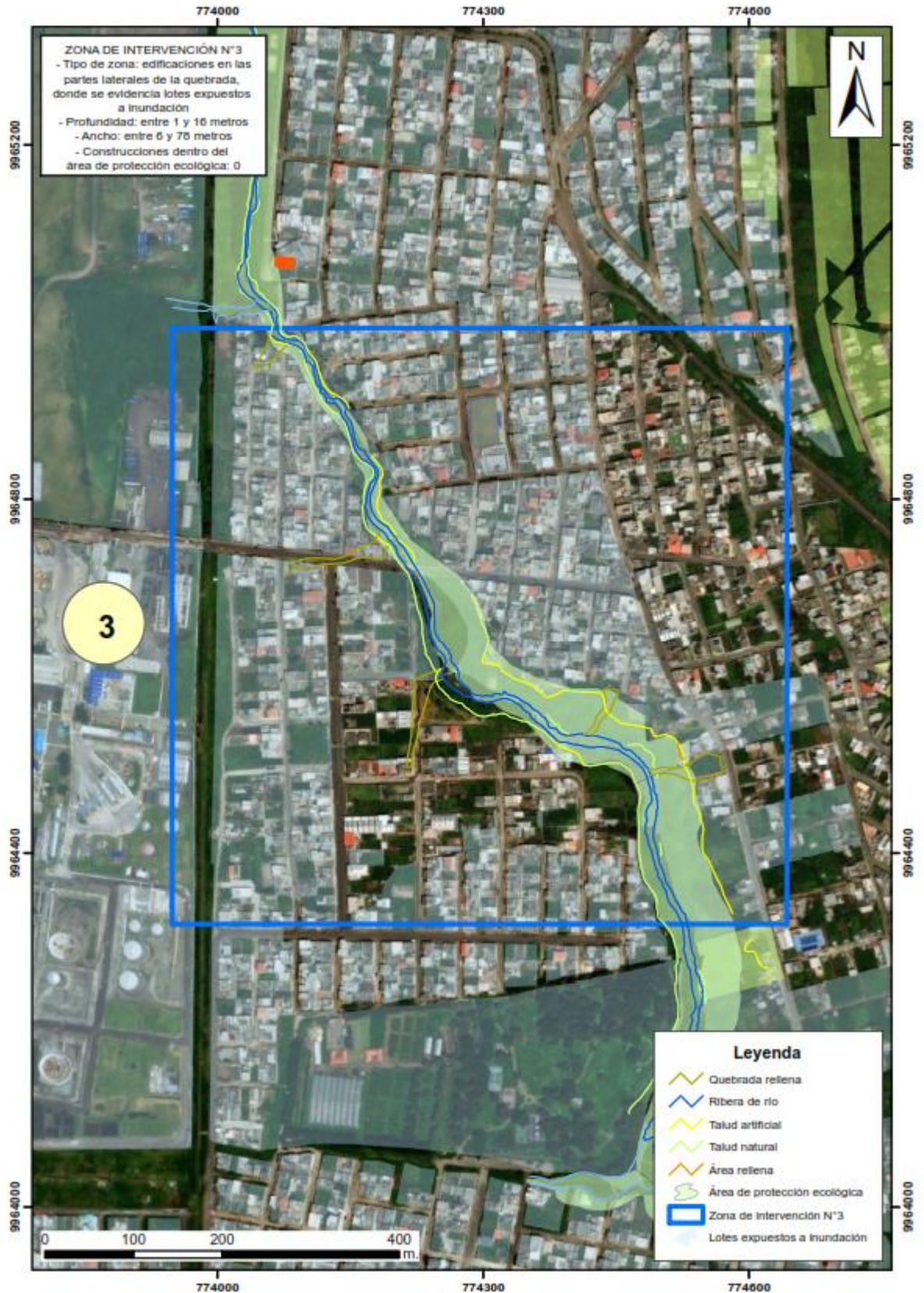


Figura 13. Quebrada Caupicho, zona de intervención 3, Edificaciones en las partes laterales de la quebrada. lotes expuestos a inundación
Fuente: Elaboración propia, PUGS 2024



Figura 14. Zona de intervención 3, acumulación de escombros y basura, vegetación degradada

Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 15. Zona de intervención 3, erosión y desprendimiento de taludes, vegetación degradada, acumulación de sedimentos

Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 16. Zona de intervención 3, desprendimiento de taludes, vegetación degradada, acumulación de escombros
Fuente: *Elaboración propia, 2024*

Zona 4: Áreas verdes y edificaciones laterales, con lotes expuestos a movimientos en masa e inundación

Las inspecciones visuales confirmaron que los taludes en esta zona presentan signos de erosión, pero la cobertura vegetal aún es suficiente en algunos tramos para estabilizar el suelo. Sin embargo, en áreas donde la cobertura vegetal no es suficiente y se registran desprendimientos de los taludes, lo que indica que la intervención es necesaria para prevenir futuros desastres.

La acumulación de escombros y desechos a lo largo del cauce también fue evidente en esta zona, lo que afecta el flujo de agua y aumenta el riesgo de obstrucciones que podrían causar inundaciones durante las lluvias intensas. Las fotografías capturadas durante las inspecciones muestran tramos de la quebrada donde el Municipio se encuentra realizando obras de mitigación a través de la construcción muros de gavión para evitar daños a infraestructuras existentes.



Figura 17. Quebrada Caupicho - zona de intervención 4, Áreas verdes y edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación
Fuente: Elaboración propia, PUGS 2024



Figura 18. Zona de intervención 4, conformación de muros de gavión en taludes con desprendimiento por erosión para evitar el colapso de la vía Susana Letor
Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 19. Zona de intervención 4, desprendimiento de taludes por erosión, vegetación degradada
Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 20. Zona de intervención 4, acumulación de escombros y sedimentos en el borde de la quebrada.

Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 21. Zona de intervención 4, acumulación de escombros, desprendimiento de taludes

Fuente: *Elaboración propia, 2024*



Figura 22. Zona de intervención 4, descargas ilegales de aguas servidas, acumulación de escombros

Fuente: *Elaboración propia, 2024*

ZONA 4': ÁREAS VERDES Y EDIFICACIONES LATERALES, CON LOTES EXPUESTOS A MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIÓN

Los mapas y las observaciones realizadas durante las inspecciones revelaron la presencia de un colector con muros de hormigón armado en el tramo inicial del área de estudio, diseñado para encauzar las aguas de la quebrada y prevenir la erosión de sus márgenes. Sin embargo, la ausencia de vegetación en ciertos tramos incrementa la inestabilidad del terreno. Dado que esta área es vulnerable a inundaciones, la adopción de soluciones sostenibles es una medida viable para mitigar posibles impactos asociados al cambio climático.

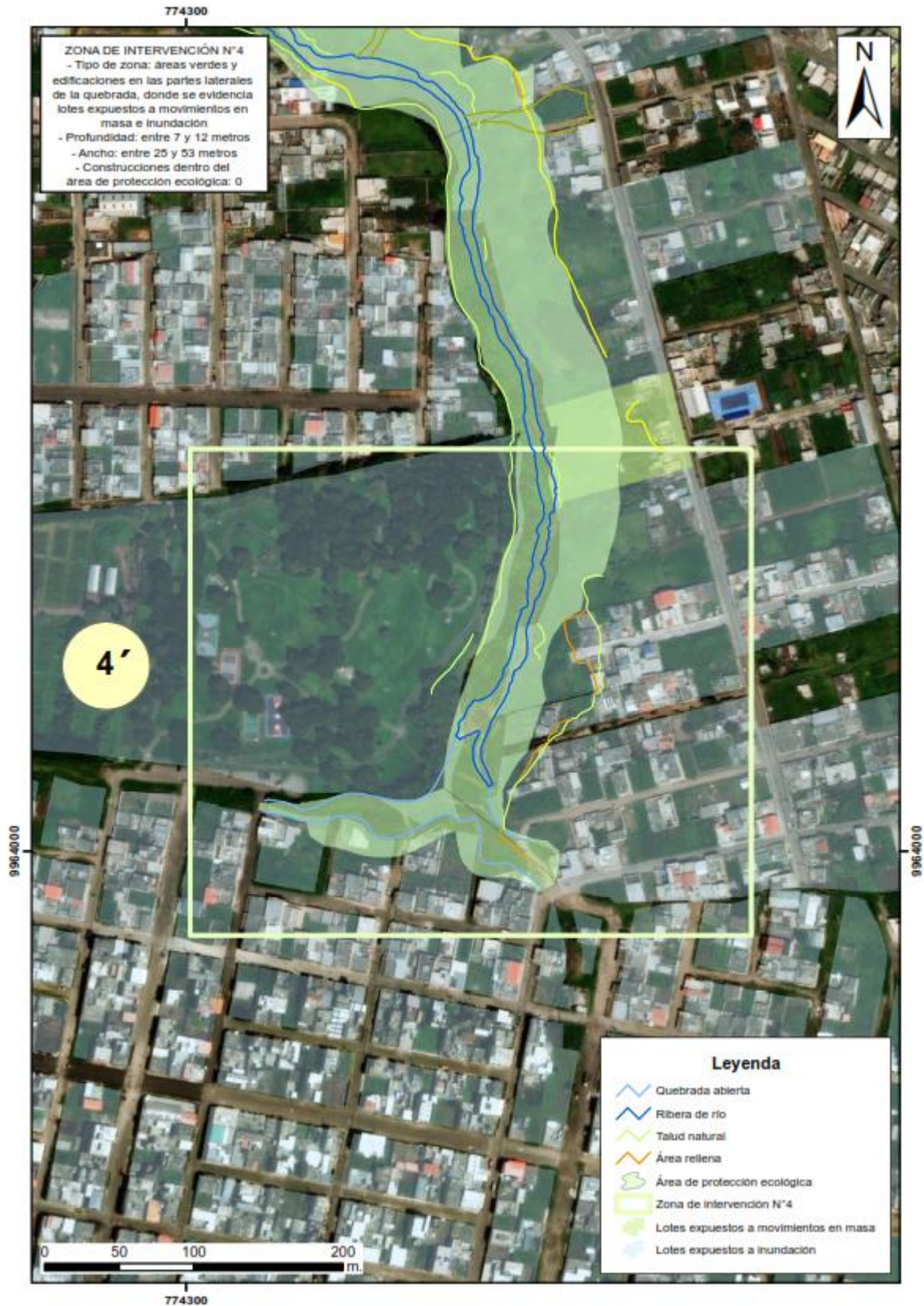


Figura 23. Quebrada Caupicho - zona de intervención 4', Áreas verdes y edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación.
Fuente: Elaboración propia, PUGS 2024



Figura 24. Zona de intervención 4' – muros de hormigón armado que evitan el desprendimiento de taludes

Fuente: Elaboración propia, PUGS 2024



Figura 25. Quebrada Caupicho, zona de intervención 4', desprendimiento de taludes por erosión, vegetación degradada.

Fuente: Elaboración propia, PUGS 2024

Las visitas de campo realizadas revelaron múltiples signos de inestabilidad en taludes debido a la erosión del suelo originada por falta de cobertura vegetal, acumulación de escombros y sedimentos en el cauce de la quebrada que ocasionan desprendimientos de tierra, lo que indica un riesgo inminente para las infraestructuras cercanas. En la Zona 2, donde se concentra la mayoría de las construcciones, existen condiciones muy críticas que necesitan atención inmediata. Se evidenció que en muchos casos no se cuenta con estructuras de protección adecuadas, como muros de contención para estabilizar las pendientes o sistemas de drenaje que podrían minimizar el impacto de las fuertes lluvias y la erosión.

La documentación fotográfica recopilada durante estas visitas sirvió para ilustrar la condición crítica de las laderas y la ocupación dentro de la zona de protección, demostrando la necesidad de que se implementen medidas de mitigación.

VI. IDENTIFICACION DE SOLUCIONES SOSTENIBLES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA QUEBRADA CAUPICHO

La quebrada Caupicho necesita atención especial no solo en términos de políticas, sino también en soluciones basadas en la naturaleza (NbS) y planificación del uso del suelo. Los objetivos de conservación de Caupicho están fundamentados en acuerdos internacionales como el Acuerdo de París y el Marco de Sendai, así como en políticas locales, como la Ordenanza 060-2023 y la demanda del río Machángara, que desarrollan directrices para la conservación de ecosistemas estratégico.

La combinación del análisis geoespacial utilizando herramientas SIG y las inspecciones de campo permitió identificar varios factores que comprometen la estabilidad y funcionalidad ecológica de la quebrada, incluyendo:

- Ocupación irregular en la franja de protección ecológica de la quebrada
- Erosión del suelo y desestabilización de los taludes.

- Acumulación de escombros y sedimentos, lo que afecta la calidad del agua y la biodiversidad.
- Déficit de cobertura vegetal, incrementando la vulnerabilidad del ecosistema.
- Falta de infraestructura adecuada, para la mitigación de impactos ambientales.
- Descargas ilegales de aguas servidas, que contribuyen a la contaminación del cauce.
- Falta de estrategias de conservación, limitando la resiliencia del ecosistema frente a impactos antropogénicos y climáticos.

Ante estos desafíos, la restauración de la quebrada debe abordarse desde un enfoque multiescalar y multifuncional, considerando tanto el entorno natural como el urbano. Para ello, se proponen intervenciones estructuradas en cuatro áreas clave:

6.1. Infraestructura Verde en Predios Privados

Los lotes privados ubicados en la periferia de la quebrada pueden integrar SbN para reducir su impacto ambiental y mejorar la resiliencia urbana. Se propone la implementación de:

- **Jardines y pozos de infiltración**, para captar y filtrar aguas pluviales, mejorando la absorción del agua al subsuelo, recargando los acuíferos y reduciendo la escorrentía superficial.
- **Cubierta y fachadas vegetales**, Para favorecer la regulación térmica y la retención de agua.
- Tratamiento de aguas residuales que carecen de conexión al alcantarillado, reduciendo la contaminación directa en la quebrada.
- **Vegetación perimetral con especies nativas**, para mejorar la biodiversidad y la calidad del microclima.

- **Balcón vegetalizado**, contribuyendo a la captación de agua y generación de microhábitats urbanos.
- **Pavimentos permeables**, que permiten la filtración de agua y reducen la escorrentía superficial, almacenan agua debajo de la superficie y liberan gradualmente la humedad en el suelo
- **Macetas de retención**, que captan agua de lluvia y contribuyen a la humidificación del entorno
- **Sistemas de recolección de agua lluvia**, promoviendo su almacenamiento y reutilización.

Zonas de aplicación: En todas las zonas, especialmente en las zonas 1, 2 y 3, donde predominan edificaciones cercanas a la quebrada.

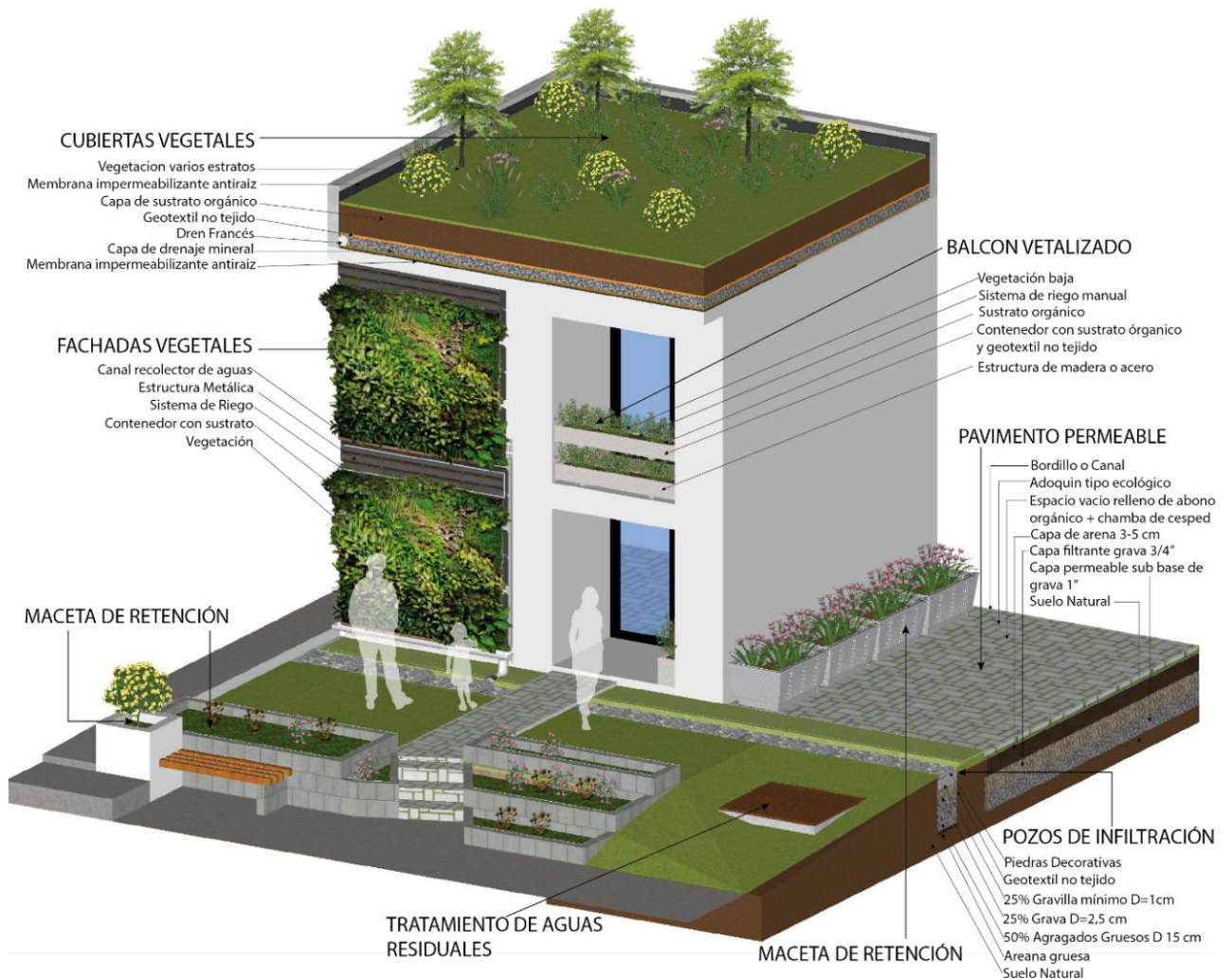


Figura 26. Soluciones Basadas en la Naturales para predios privados.
Fuente: *Elaboración propia, 2025, basada en la guía de SbN en Quito 2023*

Es fundamental que los predios privados sin acceso a alcantarillado implementen sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales. Esto evitará la descarga directa de efluentes en la quebrada, reduciendo la contaminación del ecosistema y favoreciendo la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad.

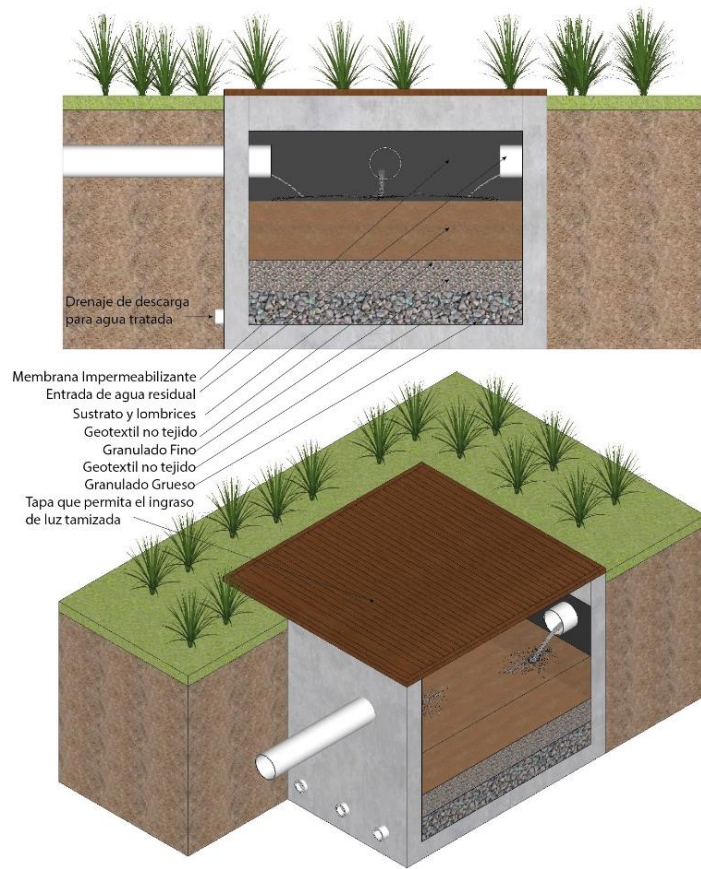


Figura 27. Tratamiento de Aguas Residuales
Fuente: *Elaboración propia, 2025, basada en la guía de SbN en Quito 2023*

6.2. Calles e Infraestructura Urbana

El rediseño de la infraestructura vial y pluvial en las áreas adyacentes a la quebrada es fundamental para gestionar la escorrentía y evitar el arrastre de sedimentos hacia el cauce. Las intervenciones propuestas incluyen:

- **Pavimentos permeables y franjas de drenaje:** Estas soluciones permiten la captura y el almacenamiento temporal de aguas pluviales mientras facilitan su infiltración en el suelo. De esta manera, se reduce el escurrimiento superficial y se alivia la carga sobre los sistemas de alcantarillado, mitigando así el riesgo de colapsos durante lluvias intensas.
- **Jardines de lluvia: Ubicados en el entorno urbano,** los jardines de lluvia utilizan suelo y vegetación especializados para facilitar la captura de agua de lluvia, disminuyendo la escorrentía superficial al mismo tiempo que mejoran la calidad del agua que ingresa al sistema de drenaje.
- **Arborización urbana con vegetación estratificada:** Para la estabilización del suelo y restauración ecológica en quebradas, es importante contar con una vegetación estratificada que incluya árboles de diferentes alturas (bajo, medio y alto), ya que cada estrato cumple un papel en el equilibrio del ecosistema. Los árboles grandes brindan sombra lo cual disminuye la evaporación del agua, además, los arbustos y plantas intermedias son barreras naturales que disminuyen la velocidad del viento y de las lluvias, ayudando a prevenir la erosión. Las plantas herbáceas, que poseen raíces superficiales, ayudan a reforzar la estructura del suelo y mejorar la infiltración del agua. Esta combinación no solo optimiza la captación de agua, sino que también promueve la biodiversidad, protege contra fenómenos climáticos extremos y regula el microclima.

Zonas de aplicación: Zonas 1, 2, 3, 4 y 4' Para evitar que sedimentos y residuos lleguen a la quebrada Caupicho, es esencial aplicar estrategias como la arborización urbana con vegetación estratificada con especies nativas, las barreras filtrantes y el drenaje sostenible. Estas medidas ayudan a reducir la erosión, mejorar la infiltración y proteger el ecosistema.

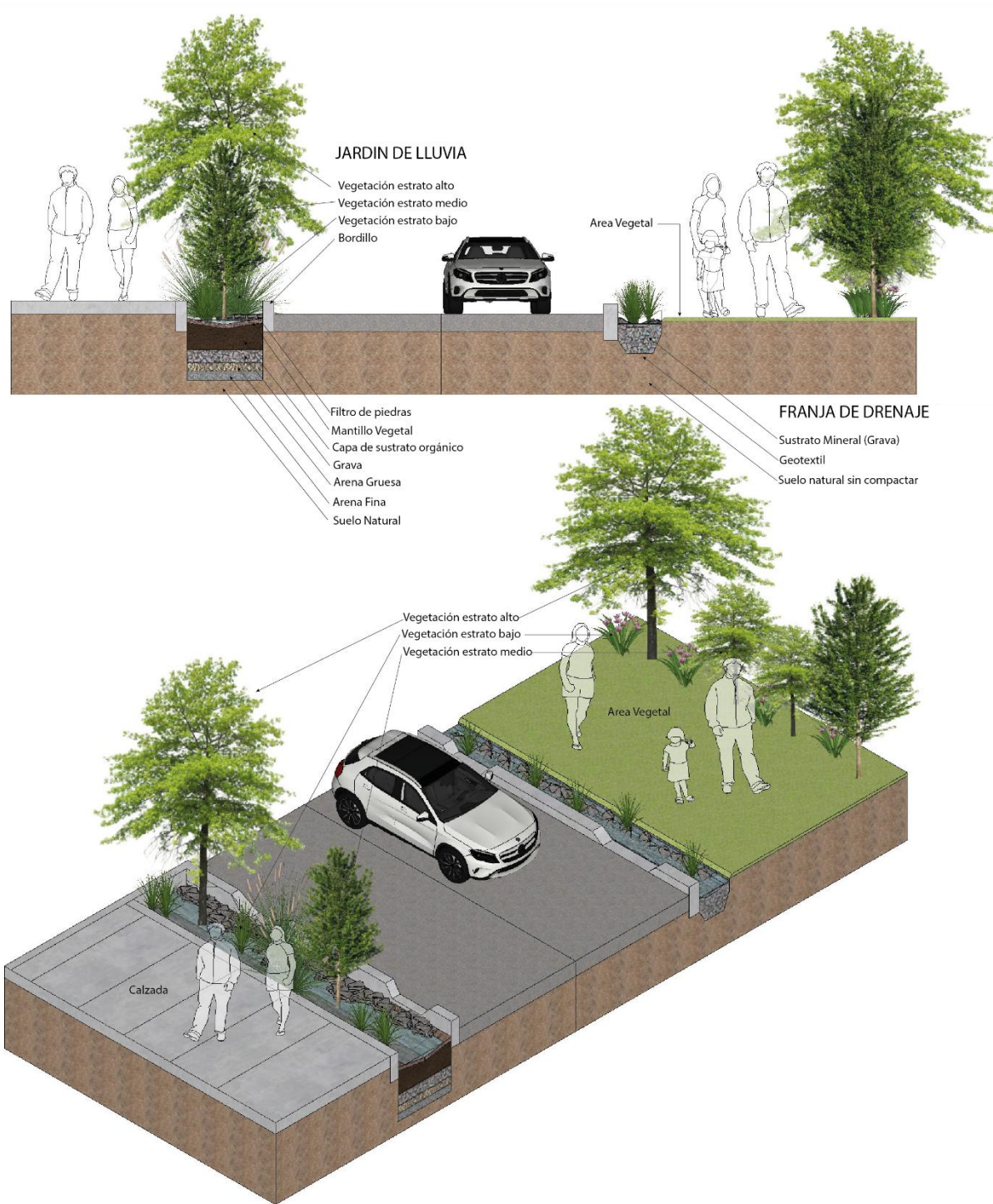


Figura 28. Jardines de lluvia, Franjas de drenaje, arborización Urbana en vías de dos carriles

Fuente: Elaboración propia, 2025, basada en la guía de SbN en Quito 2023

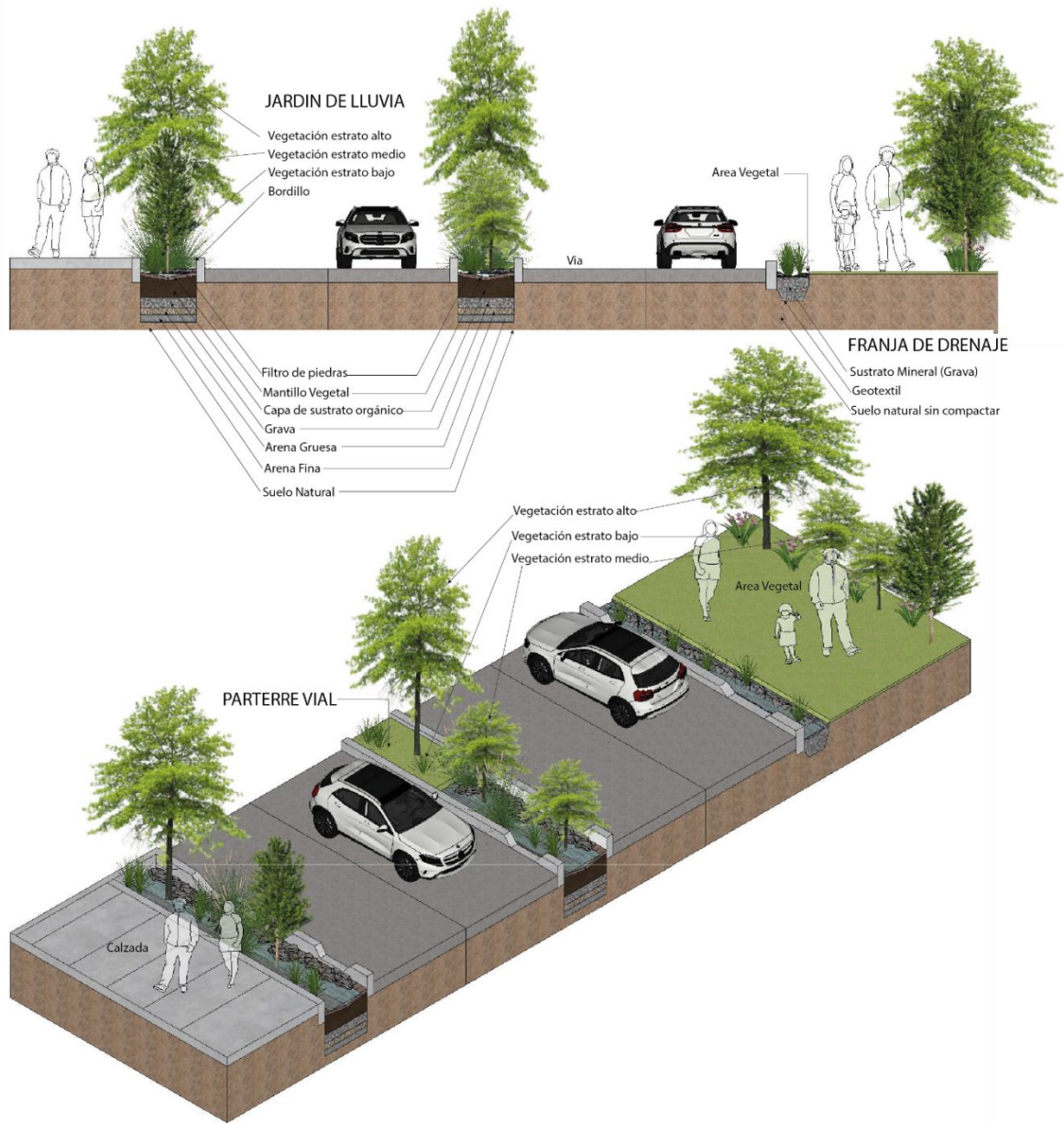


Figura 29. Jardines lluvia, Franja de drenaje, arborización Urbana en vías de cuatro carriles, con parterre

Fuente: Elaboración propia, 2025, basada en la guía de SbN en Quito 2023

En terrenos inclinados, las zanjas filtrantes y los jardines de lluvia deben ir acompañados de sistemas que disminuyan la velocidad del flujo del agua. Estas soluciones combinadas ayudan a reducir el arrastre de sedimentos, controlar la escorrentía y mejorar la infiltración, lo que a su vez reduce el impacto erosivo y favorece la estabilidad del suelo.

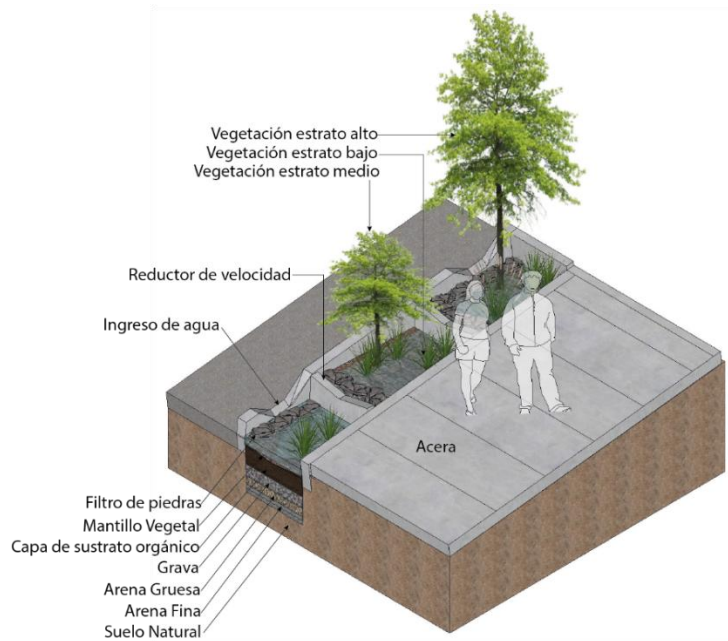


Figura 30. Jardines lluvia, con reductores de velocidad
Fuente: *Elaboración propia, 2025, basada en la guía de SbN en Quito 2023*

6.3. Restauración de Espacios Públicos Abiertos

El espacio público debe ser funcional y resiliente, promoviendo la restauración ecológica a través de la siembra de especies nativas, y al mismo tiempo, brindar oportunidades para el esparcimiento. Estas áreas de recreación no solo mejoran la calidad de vida de los habitantes, sino que también contribuyen a la conservación del medio ambiente y al fortalecimiento de la biodiversidad local. Las intervenciones propuestas incluyen:

- **Parques lineales inundables**, que reduzcan el riesgo de inundaciones y mejoren la calidad del aire.
- **Recuperación de las franjas de protección**, promoviendo la reubicación planificada de viviendas asentadas en zonas de alto riesgo.
- **Reforestación con especies nativas**, contribuyendo a la estabilización de taludes y a la recuperación del hábitat.

Zonas de aplicación: Zonas 1, 3, 4 y 4', con potencial de restauración ecológica y social.

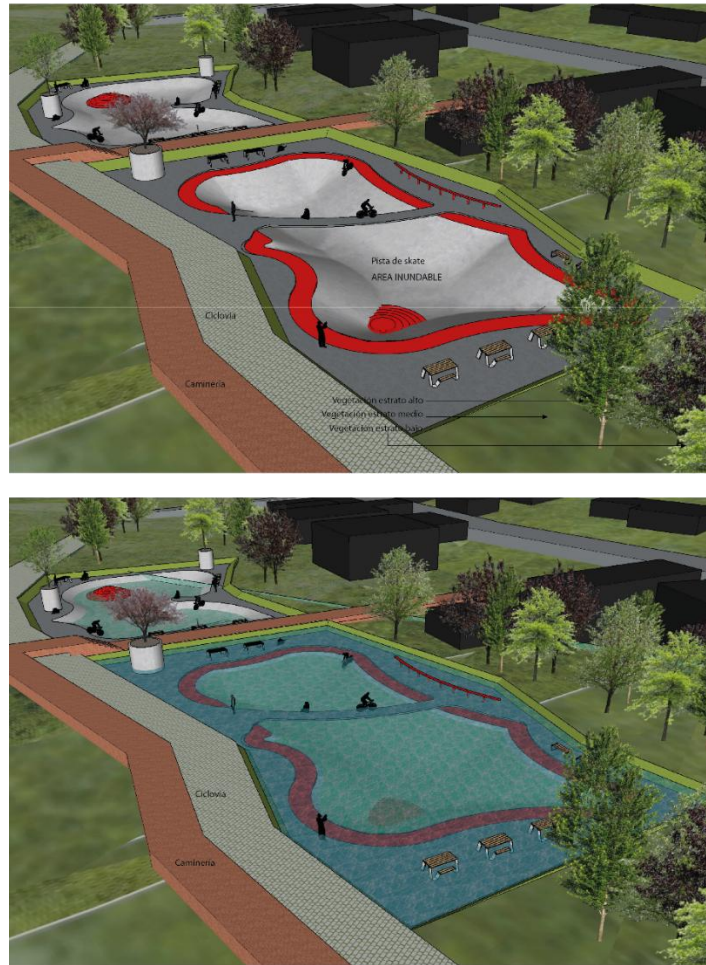


Figura 31. Parques inundables a lo largo de la quebrada y en zonas estratégicas, reforestación con especies nativas
Fuente: *Elaboración propia, 2025.*

6.4. Protección y restauración de espacios naturales

La estabilidad de la quebrada depende de intervenciones estratégicas que reduzcan la erosión y fortalezcan la capacidad del ecosistema para autoregenerarse. Las acciones recomendadas incluyen:

- **Reforestación con especies nativas**, como *Alnus acuminata* y *Myrcianthes hallii*, para estabilizar suelos y mejorar la calidad del agua.
- **Muros de contención ecológicos**, con técnicas de bioingeniería.

Zonas de aplicación: Todas las zonas de intervención, priorizando las de alto riesgo de deslizamientos (Zonas 2 y 4).

Para las zonas con alta exposición a deslizamientos de taludes debido a la erosión, se debe considerar la implementación de muros de gavión. Esta medida tiene como objetivo mitigar la escorrentía en áreas con pendientes pronunciadas, estabilizando el suelo y reduciendo el riesgo de colapso de viviendas y, en consecuencia, la pérdida de vidas humanas. Además, es importante mencionar el uso de geotextiles tanto para la estabilización del suelo como para la restauración de la vegetación. Esta intervención tiene como objetivo reducir el escurrimiento al aumentar la infiltración, promoviendo así una mejor gestión del agua y la retención del suelo en el área afectada.

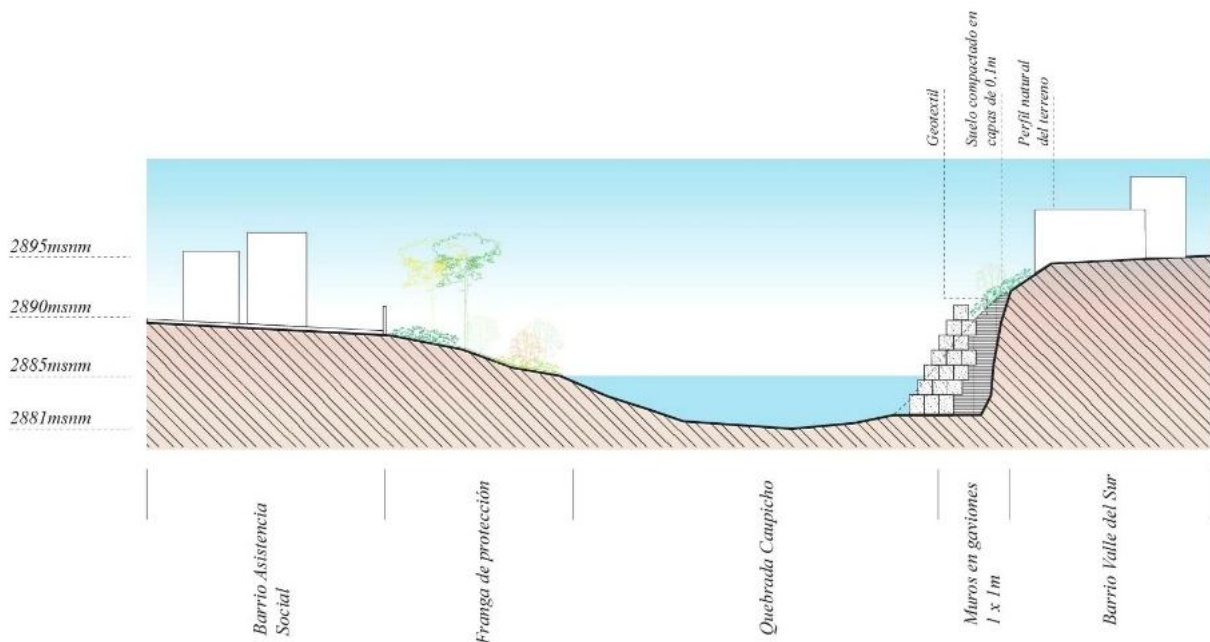


Figura 32. Estabilización de taludes – muros tipo Gavión, geotextiles, restauración de áreas vegetales

Fuente: Elaboración propia, 2025

Para pendientes con susceptibilidad moderada a deslizamientos de tierra debido a la erosión, se recomienda construir muros tipo Kreiner como solución técnica. Este muro se complementa con el uso de geotextiles para ayudar en la restauración de áreas vegetadas utilizando barreras de plantas vivas. Los principales objetivos de estas medidas son estabilizar las pendientes, reducir el riesgo de fallas en la construcción y controlar la erosión del suelo.

La combinación de barreras vivas con geotextiles facilita la recuperación de la cobertura vegetal, lo que mejora positivamente la estabilidad del suelo y, al mismo tiempo, disminuye considerablemente la escorrentía superficial total al mejorar la infiltración de agua. Este enfoque multidisciplinario fomenta una mejor gestión del agua mientras refuerza la resiliencia ambiental en las áreas afectadas.

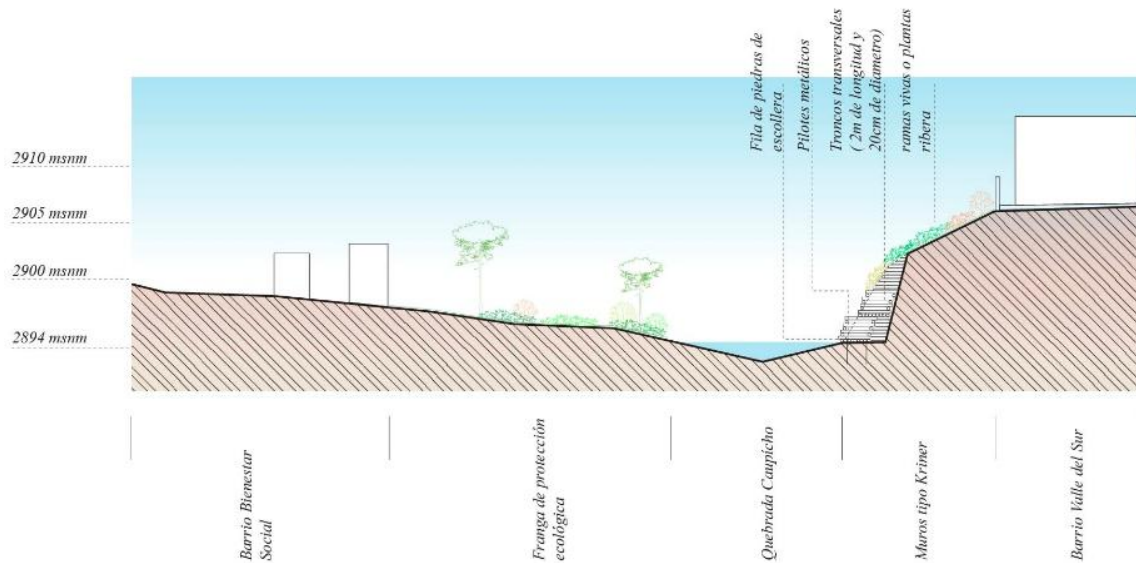


Figura 33. Estabilización de taludes – muros tipo Kriener, barreras vivas, geotextiles, restauración de áreas vegetales
Fuente: Elaboración propia, 2025

Para aquellas áreas que tienen espacios verdes y no tienen ningún desarrollo dentro de la zona de conservación ecológica, se propone formar las pendientes utilizando terrazas vegetadas. Esta intervención permitirá la formación de zanjas filtrantes, las cuales contribuirán a la reducción significativa de la escorrentía superficial y promoverán la recarga hídrica en los acuíferos. Al mismo tiempo, la restauración de las áreas vegetadas mejorará la estructura del suelo, favoreciendo la infiltración del agua y reduciendo el riesgo de inundaciones. Además, la restauración de la vegetación contribuirá a la mejora del hábitat para especies nativas, incrementando la biodiversidad local y favoreciendo la regulación microclimática previniendo posibles inundaciones.

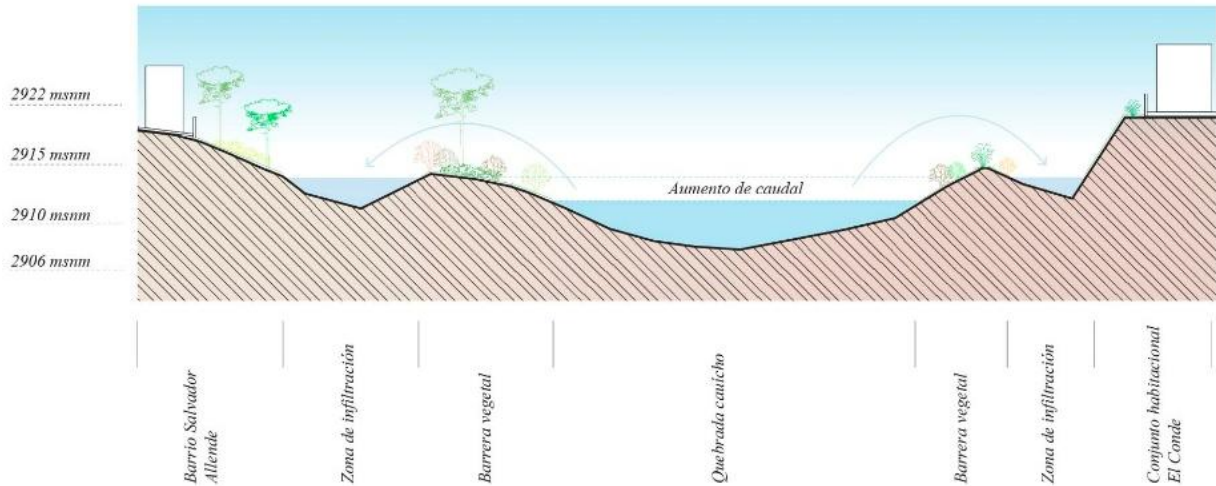


Figura 34. Estabilización de taludes – zanjas filtrantes, conformación de terrazas vegetales, restauración de áreas vegetales
Fuente: Elaboración propia, 2025

Para abordar estos problemas ambientales, se propone la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS) y otras formas de infraestructura sostenible. Entre las acciones priorizadas se encuentran la estabilización bioingenieril de taludes, la restauración ecológica con especies nativas, la implementación de sistemas de drenaje sostenible y la integración de infraestructura verde dentro del entorno urbano. Además, se propone controlar el ritmo del desarrollo urbano dentro de la zona de protección ecológica para prevenir una mayor ocupación y asegurar la preservación del ecosistema.

La implementación de este plan requiere la cooperación de diversos actores, incluyendo entidades gubernamentales, la academia, organizaciones comunitarias y el sector privado. Su ejecución permitirá mejorar la resiliencia climática, reducir el riesgo de desastres naturales y restaurar la funcionalidad ecológica de la quebrada.

Cuadro 3. Plan de implementación para la conservación de la quebrada Caupicho

Categoría	Descripción
Objetivo	Implementar estrategias de conservación y restauración ambiental que integren soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y medidas de infraestructura sostenible para mitigar los impactos del cambio climático y la degradación ecológica en la quebrada Caupicho.

Fases de Implementación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estrategia de Intervención (6-9 meses): Definición de estrategias de intervención en función de los hallazgos del análisis territorial. Priorización de áreas críticas con alto riesgo de deslizamiento y erosión. Diseño de regulaciones para evitar nuevas ocupaciones en la franja de protección ecológica. Identificación de medidas de restauración ecológica en zonas degradadas. 2. Implementación de Medidas Prioritarias (12-18 meses): Restauración de la cobertura vegetal con especies nativas, estabilización de taludes con soluciones de bioingeniería, implementación de sistemas de drenaje sostenible y control de escorrentías. Creación de jardines de lluvia y franjas de drenaje para reducir la erosión. Implementación de pavimentos permeables y vegetación perimetral en predios privados. Tratamiento de aguas residuales en áreas sin conexión a alcantarillado. 3. Rediseño y Rehabilitación Urbana (2-3 años): Integración de infraestructura verde y azul en la planificación urbana. Implementación de humedales artificiales para mejorar la calidad del agua y captación de aguas pluviales. Regulación del crecimiento urbano y recuperación de las franjas de protección de la quebrada. Creación de parques lineales inundables y corredores ecológicos. 4. Mantenimiento y Monitoreo (Permanente): Implementación de un sistema de monitoreo comunitario y técnico para evaluar el impacto de las intervenciones. Creación de comités de gestión ambiental para la conservación de la quebrada. Aplicación de estrategias de conservación para fortalecer la resiliencia del ecosistema.
Acciones Clave	<ul style="list-style-type: none"> • Restauración Ecológica: Reforestación con especies autóctonas, recuperación de suelos degradados y estabilización de taludes con bioingeniería y geotextiles. • Soluciones basadas en la naturaleza y estabilización de taludes con técnicas de ingeniería: Creación de jardines de lluvia, zanjas filtrantes, terrazas vegetadas y muros de contención ecológicos. • Manejo de Aguas Pluviales: Implementación de sistemas de drenaje sostenible y recolección de agua de lluvia. • Participación Ciudadana: Programas de sensibilización, formación de líderes comunitarios y monitoreo ambiental participativo.
Actores Clave	<ul style="list-style-type: none"> • Gobierno Municipal: Secretaría de Ambiente, EPMAPS, Municipio de Quito. • Academia: Universidades y centros de investigación en sostenibilidad urbana. • ONGs y Comunidad: Organizaciones ambientales y sociales, juntas barriales. • Sector Privado: Empresas con programas de responsabilidad social ambiental

Fuentes de Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Fondo Ambiental de Quito. • Cooperación Internacional: Banco Mundial, CLEVER Cities, Green Climate Fund. • Inversión privada y responsabilidad social empresarial (RSE). • Fondos ciudadanos y subvenciones de desarrollo sostenible.
Impacto Esperado	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del riesgo de deslizamientos, erosión e inundaciones. • Restauración de la biodiversidad y mejora en la calidad del agua. • Integración de soluciones sostenibles en la planificación urbana. • Fortalecimiento de la gobernanza y empoderamiento comunitario.

Fuente: *Elaboración propia, 2025*

Este plan de intervención no solo busca la conservación de la quebrada Caupicho, sino también generar un modelo replicable para la gestión sostenible de quebradas urbanas en Quito y otras ciudades con problemáticas similares.

VII. DISCUSIÓN

El análisis de la quebrada Caupicho pone de manifiesto la delicada situación que enfrentan los entornos urbanos en Quito, subrayando la urgente necesidad de implementar soluciones sostenibles como métodos de preservación que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático. A medida que la población de Quito sigue en aumento, será crucial reconocer el valor tanto ambiental como social de las quebradas y abordar los problemas que surgen de su expansión descontrolada.

La investigación muestra que aproximadamente el 30% de las zonas de protección ecológica restringida de la quebrada Caupicho, han sido ocupadas ilegalmente en la actualidad. Esta situación no solo ha empeorado la calidad del agua, sino que también ha aumentado la probabilidad de desastres naturales como inundaciones y deslizamientos de tierra debido a la erosión del suelo. En la temporada de lluvias, el desbordamiento de la quebrada es un fenómeno recurrente, que ocasiona daños a las infraestructuras cercanas, poniendo en peligro la seguridad de los habitantes. La carencia de un enfoque integrado para la gestión del territorio, junto con la inobservancia de las regulaciones ambientales, ha

precipitado la crisis ecológica. Los eventos registrados en octubre de 2024 y las posibles consecuencias a futuro, solo empeoran este panorama, donde se presenta una mayor vulnerabilidad y exposición de la zona, incrementando el riesgo asociado a la degradación ambiental.

El análisis de los compromisos internacionales y las correspondientes políticas nacionales para la protección del medio ambiente en el Ecuador muestra un complejo entramado de políticas que, a pesar de estar bien diseñadas, enfrentan serios problemas en su implementación. Ecuador ha ratificado su compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el Acuerdo de París y la Nueva Agenda Urbana de la ONU que muestran su responsabilidad con la sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos hídricos; sin embargo, la implementación de estas iniciativas se ve afectada por diversos obstáculos que dificultan la ejecución de acciones concretas y efectivas en el territorio.

La Constitución del Ecuador y el Código Orgánico del Ambiente brindan al país un marco legal que permite la conservación de los recursos naturales. Sin embargo, la aplicación de la normativa representa un enorme desafío. La falta de supervisión con mecanismos efectivos, la escasa asignación presupuestaria para obras de restauración y la limitada sincronización entre las instituciones, son factores que obstaculizan la eficacia en la implementación de políticas medioambientales. Esto evidencia la necesidad de una estrategia integral que aborde estos problemas y propicie el trabajo conjunto entre las diferentes instancias de gobierno y las entidades implicadas.

El estudio de la quebrada Caupicho destaca cómo las brechas en la aplicación de las normativas son más evidentes a nivel local. La falta de un plan de gestión integral que aborde las necesidades particulares de cada quebrada en Quito, se convierte un factor crítico para su conservación. Como señala Pablo Zapata, esta ausencia de planes se refleja en la escasa aplicación de estrategias para la protección de los ecosistemas y la infraestructura ecológica de la ciudad. Para garantizar la conservación de la quebrada y su entorno es necesaria una coordinación efectiva entre las entidades responsables de la

conservación de la quebrada y su entorno, para lo cual es pertinente formular un plan complementario acompañado de una norma técnica, que regulen las acciones colaborativas entre municipio, secretarías y empresas públicas municipales. Los datos geoespaciales y la visita de campo han permitido discernir las zonas de mayor riesgo de erosión y deslizamientos de tierra, así como zonas de ocupación ilegal dentro de sectores de protección ecológica. Estas áreas necesitan ser evaluadas dentro del alcance del Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) y desarrollar un plan de acción específico para la recuperación y manejo adecuado.

El análisis de la expansión urbana en la quebrada Caupicho revela un claro incumplimiento de la normativa vigente. La construcción en áreas de protección ecológica y los procesos erosivos en los taludes representan peligro en la seguridad de las comunidades cercanas. Aunque algunas zonas presentan oportunidades para la recuperación ecológica a través de SbN, el estado actual de la quebrada, especialmente en la zona 2, complica la implementación de estas medidas a causa de la ocupación no autorizada y nivel de erosión que sufren sus taludes. La creación de un plan integral para el manejo de quebradas debe establecer herramientas que puedan aplicarse de manera orgánica, flexible y adaptativa en este tipo de ecosistemas naturales.

La degradación de la vegetación y la falta de infraestructura adecuada para prevenir deslizamientos y colapsos estructurales en la quebrada Caupicho son problemas críticos que deben ser abordados de manera urgente. Estos temas, que trascienden de la interacción de múltiples factores, como la urbanización descontrolada y el cambio climático, requieren de soluciones integrales que combinen enfoques verdes, azules y grises para la conservación del ecosistema. La implementación de la reforestación con especies nativas, junto con la construcción de sistemas de drenaje sostenibles y la construcción de muros de contención, podrían convertirse en acciones fundamentales para restaurar la quebrada y proteger las comunidades colindantes. Estas medidas, al ser implementadas de manera coordinada, tienen la posibilidad de mitigar los impactos negativos y contribuir a la

resiliencia frente a los impactos del cambio climático, promoviendo un entorno más seguro y sostenible.

La ocupación ilegal de las áreas de protección ecológica es un fenómeno común en zonas altamente vulnerables que plantea un desafío adicional. Tales invasiones se deben principalmente a la falta de opciones de vivienda asequibles para los sectores económicamente más débiles de la sociedad. Por lo tanto, las políticas de gestión del suelo deben responder a esta realidad social en un intento de equilibrar las necesidades de vivienda y la conservación ambiental. Para ello, resultaría trascendental considerar alternativas de vivienda que respeten las zonas de protección y, al mismo tiempo, ofrezcan soluciones adecuadas a las necesidades de las comunidades.

Un enfoque importante para resolver estos problemas es educar a la población sobre la necesidad de conservar los ecosistemas relacionados con el agua. Las comunidades locales deben comprender que proteger las quebradas ayuda a conservar sus recursos naturales y a mejorar la calidad de vida en general, al mismo tiempo que reduce los impactos de los desastres naturales. Por lo tanto, la educación ambiental es uno de los instrumentos más importantes para la adecuada gestión de las quebradas urbanas.

Otro elemento importante es la participación activa de las comunidades durante la formulación e implementación de políticas ambientales. La adopción de enfoques participativos facilita una mejor apropiación de las medidas de conservación y fomenta la responsabilidad compartida entre los grupos de interés locales. Además, la colaboración de las comunidades, los gobiernos locales y las organizaciones no gubernamentales puede mejorar las estrategias de conservación y hacerlas más efectivas a nivel local.

La quebrada Caupicho, enfrenta una degradación que avanza rápidamente a causa de la presión del crecimiento urbano y la ausencia de una gestión adecuada. A pesar de los compromisos internacionales y la normativa nacional vigente que regula el medio ambiente y su cumplimiento efectivo es un verdadero desafío.

Para lograr la restauración y conservación de la quebrada es necesario contar con un plan de acción integral que combine soluciones técnicas y la cooperación de los sectores público y privado junto con la comunidad. La implementación de SbN por el tramo final de la quebrada Caupicho ejecutada por parte de actores locales con fondos internacionales evidencian la posibilidad de financiamiento de este tipo de propuestas. También demuestra su viabilidad técnica y adaptación de técnicas al contexto local con saberes locales, materiales del sitio y comunidad. Es importante señalar la necesidad de seguimiento de estas implementaciones de manera rigurosa por parte del municipio para tener una línea basada en experiencias. El mantenimiento de estas soluciones es tan importante como su implementación, la naturaleza toma tiempo, pero son soluciones robustas que duran en el tiempo y se adaptan a escenarios de cambio climático. Proteger la quebrada Caupicho, no solo ayudaría al ecosistema local, sino que también incrementaría la resiliencia de las comunidades cercanas frente a los desafíos ambientales futuros, mejorando su capacidad y resiliencia para enfrentar fenómenos como las inundaciones o los deslizamientos de tierra.

VIII. CONCLUSIONES

El presente estudio realizado en la quebrada Caupicho, ubicada en Quito, ha permitido identificar los principales problemas de su deterioro, tales como: ocupación informal, erosión de taludes, acumulación de escombros y sedimentos, la pérdida de cobertura vegetal y la contaminación del agua por descargas ilegales de aguas servidas. Estos hallazgos enfatizan la urgente necesidad de implementar soluciones sostenibles que promuevan la conservación de este ecosistema urbano estratégico.

Dentro del alcance del análisis normativo, se determinó que tanto las normativas nacionales como las locales están alineadas con los tratados internacionales que el país ha ratificado, donde existen directrices claras para la preservación de quebradas y de ríos; sin embargo, su aplicación en Quito es limitada debido a la ausencia de planes estratégicos integrales, recursos insuficientes para la supervisión, financiamiento inadecuado y la

limitada colaboración interinstitucional, lo que ha contribuido con la degradación de la quebrada Caupicho, mostrando la necesidad de alinear la normativa vigente con acciones específicas. Estas barreras subrayan la necesidad de un mayor esfuerzo colaborativo entre autoridades y ciudadanía para asegurar que las políticas a implementarse se traduzcan en acciones concretas.

La investigación realizada ha formulado una serie de soluciones sostenibles para enfrentar de forma abordable los problemas identificados en la quebrada Caupicho, no ligados a la calidad del agua que demanda de una mayor investigación e intervenciones de mayor envergadura a nivel sectorial. La calidad del agua es fundamental, sin embargo, para que el funcionamiento de la quebrada se restablezca. Las propuestas aquí planteadas defienden la protección del agua para que su impacto no sea amplificado. Las propuestas planteadas se basan en la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), las cuales proponen una alternativa efectiva para mitigar estos problemas, mientras se recupera el ecosistema a través de la reforestación, la construcción de drenajes sostenibles y la estabilización de taludes con técnicas de bioingeniería. La inclusión de infraestructura verde en la planificación urbana puede ayudar en mejorar la resiliencia de la quebrada Caupicho y reducir los impactos negativos del crecimiento urbano descontrolado. Las guías disponibles localmente son muy útiles, sin embargo, es crucial implementar SbN en la gestión y conservación de las quebradas del DMQ.

Estas intervenciones desempeñan un papel importante en la reducción de escorrentía superficial al mejorar la infiltración en el suelo, la calidad del agua y la regulación del microclima. Además de rehabilitar el entorno natural, estas intervenciones también tienen beneficios sociales y económicos que mejoran los niveles de vida de las comunidades locales. La adopción de estas prácticas puede mejorar la resiliencia del ecosistema ante eventos climáticos extremos, cuya ocurrencia probablemente aumentará debido al cambio climático.

La estabilización de taludes, para la protección de áreas propensas a la erosión o deslaves que amenazan colapsar viviendas que infringen la norma que restringe la ocupación de áreas de protección ecológica, se deben realizar con técnicas de bioingeniería. Este tipo de trabajos deben ejecutarse articuladamente con las SbN para garantizar una gestión adecuada y efectiva a largo plazo.

La adopción de estas medidas es vital para reducir los riesgos de inundaciones y deslizamientos de tierra, así como para mejorar la resiliencia del ecosistema ante los impactos del cambio climático. Un claro ejemplo de este enfoque es el trabajo llevado a cabo por YES Innovation en la quebrada Caupicho. Esta estrategia tiene como objetivo la conservación del medio ambiente, al mismo tiempo que logra una mejora sustancial de las condiciones de vida de las comunidades que habitan en la zona.

Para garantizar que estas acciones tengan éxito, es fundamental fomentar la participación activa de los ciudadanos en la planificación, gestión y mantenimiento de estas. Promover una conciencia colectiva sobre la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático es fundamental para lograr este objetivo. Además, la educación y la concienciación sobre prácticas sostenibles refuerzan la responsabilidad ambiental y el sentido de pertenencia, consolidando una cultura de conservación. Este compromiso comunitario beneficia el monitoreo y la implementación efectiva de las acciones, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

Del proceso de investigación efectuado, se considera que los SbN propuestos podrían ser incorporados a una norma técnica que sea parte de un plan municipal para la preservación de las quebradas. Este instrumento normativo serviría para actuar con lineamientos claros en la implementación de infraestructuras verdes, azules y grises dentro de contextos urbanos, al mismo tiempo que proporciona una estrategia clara para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y resiliencia climática. La implementación de estas SbN, junto con el monitoreo y control de la efectividad de estas podría dar paso a la propuesta de una

norma técnica que pueda ser utilizada en otras quebradas urbanas dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

La sentencia de 2024 a favor el río Machangara establece un precedente legal clave para la gestión de cuerpos de agua y sus afluentes, al exigir la implementación de planes de restauración y conservación, la eliminación de conexiones ilegales de aguas residuales y la adopción de soluciones sostenibles en áreas de riesgo. Esta resolución enfatiza la obligación de las autoridades locales de priorizar la rehabilitación de las quebradas como un elemento de gestión ambiental urbana sostenible. En el caso la quebrada Caupicho, esta sentencia refuerza la necesidad de un enfoque integral que prevé medidas correctivas inmediatas para detener el deterioro, así como medidas de conservación a largo plazo, que garanticen su conservación y contribuya con la resiliencia de las comunidades cercanas

Las soluciones basadas en la naturaleza tienen la capacidad de transformar los desafíos actuales en oportunidades para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia urbana. La Guía de SbN de Quito ofrece un avance considerable en este sentido; sin embargo, su implementación en quebradas urbanas requiere una mayor especificidad y complementación, lo que puede ser complementado por el enfoque localizado y sistémico que ofrece soluciones adaptadas al contexto particular de la quebrada Caupicho.

La conservación de quebradas urbanas debe enmarcarse en un enfoque sistémico que combine infraestructuras verdes, azules y grises, junto con una gobernanza efectiva con directrices claras, no solo para cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Ecuador, sino también para construir un modelo de gestión ambiental que pueda replicarse en otras quebradas urbanas. La participación ciudadana, la consolidación de normativas técnicas y el cumplimiento de sentencias judiciales como la del río Machángara son elementos esenciales para garantizar el éxito de estas estrategias, Estas acciones colectivas permiten fomentar la resiliencia frente a los riesgos naturales, agravados por el cambio climático, promoviendo así un desarrollo urbano sostenible y adaptativo.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Metropolitana de Quito. (2024). *Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Recuperado de <https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/2024/06/PMDOT-2024-2033--Plan-Metropolitano-de-Desarrollo-y-Ordenamiento-Territorial.pdf>

Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito. (2023). *Ordenanza Metropolitana de Infraestructura Verde Azul No. 060-2023*. Quito: Consejo Metropolitano de Quito.

Álvarez, F. (2021). Propuesta de ordenanza municipal para la conservación de la biodiversidad, recursos naturales, ecosistemas frágiles y zonas de importancia hídrica del cantón Cuenca. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10868/1/16410.pdf>

Andrade, J., & Pérez, M. (2022). Impacto del cambio climático en los ecosistemas urbanos: El caso de Quito. *Revista de Ecología Urbana*, 10(2), 120-135.

Arquitecturaurbana. (2023). *Plan de Uso y Gestión de Suelo PUGS*. Recuperado de <https://arquitecturaurbana.com/index.php/services/pugs/#:~:q=1.,modelo%20territorial%20deseado%20del%20cant%C3%B3n>

ASCE. (2021). *Erosion Control with Geotextiles*. American Society of Civil Engineers. Recuperado de <https://www.asce.org>

Civil Engineering. (2020). *Gabion Retaining Walls*. Civil Engineering Magazine. Recuperado de <https://www.asce.org>

Crisanto, N. y Iannacone, J. (2023). Evaluación del impacto de la acidificación en la calidad del agua de la quebrada Quilcayhuanca, Ancash, Perú. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 8(1), 1-19. Recuperado de

<https://www.researchgate.net/publication/375550978> Evaluacion del impacto de la acidificacion en la calidad del agua de la quebrada Quilcayhuanca Ancash Peru

EPA. (2020). *Permeable Pavement Technologies*. United States Environmental Protection Agency. Recuperado de <https://www.epa.gov>

EPA. (2021). *Stormwater Management Practices*. United States Environmental Protection Agency. Recuperado de <https://www.epa.gov>

FAO. (2022). *Living Barriers and Erosion Control*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org>

FAO. (2023). *Terracing and Soil Conservation Practices*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org>

García, J., López, M., & Rojas, P. (2019). Restauración de cuerpos hídricos en América Latina: Un enfoque integral. Editorial Universitaria.

Guzmán, F., & Herrera, L. (2021). Estrategias de mitigación de desastres en zonas de protección urbana: El caso de Quito. *Revista de Estudios Urbanos*, 12(3), 45-58.

IUCN. (2020). *Nature-Based Solutions*. International Union for Conservation of Nature. Recuperado de <https://www.iucn.org>

Kim, H., & Park, J. (2020). Transformación urbana a través de la restauración de ríos: El caso del arroyo Cheonggyecheon en Seúl. *Journal of Urban Design*, 25(4), 315-329.

Molina, A. (2018). *Impacto de la urbanización en las áreas protegidas de Quito*. Quito: Instituto de Planificación Urbana.

Moreno, D., Sánchez, R., & Pérez, A. (2018). Innovación en la restauración de cuerpos hídricos urbanos: Estrategias de participación comunitaria. *Sustainable Cities Journal*, 6(2), 150-165.

Muñoz, R., García, L., & Torres, A. (2022). Informe sobre la ocupación irregular en áreas de protección de la quebrada Caupicho. Municipio de Quito.

Pérez, J., & Andrade, L. (2022). Estrategias de gestión para la conservación de quebradas: Un enfoque sostenible. *Revista de Gestión Ambiental*, 12(1), 55-68.

Pérez, M., & Fernández, R. (2020). Efectos de la urbanización en la capacidad de manejo hídrico de quebradas. *Environmental Science and Policy*, 14(2), 198-210.

Presidencia de la República del Ecuador. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial No. 507 (12 de junio de 2019). Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/REGLAMENTO-AL-CODIGO-ORGANICO-DEL-AMBIENTE.pdf>

Quito Informa. (2020). *Quebrada de Caupicho declarada en emergencia*. Recuperado de <https://www.quitoinforma.gob.ec/2020/01/31/quebrada-de-caupicho-declarada-en-emergencia/>

Quito Informa. (2023). *Obras de mitigación en Caupicho*. Recuperado de <https://www.quitoinforma.gob.ec/2023/03/10/caupicho-recibio-obras-de-mitigacion-para-proteccion-de-taludes-en-la-quebrada/>

Ramírez, Y., Giraldo, L., Chará, J., & Zúñiga, M. (2017). Diversidad de macrovertebrados acuáticos en quebradas del corredor de Roble-Andes Orientales de Colombia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/341463428_DIVERSIDAD_DE_MACROINVERTEBRADOS_ACUATICOS_EN_QUEBRADAS_DEL_CORREDOR_DE_ROBLE-ANDES_ORIENTALES_DE_COLOMBIA

Ramírez, D., López, S., & Rodríguez, A. (2020). Erosión y sedimentación en quebradas urbanas: Una revisión del caso de Caupicho. *Cuadernos de Ciencias Ambientales*, 15(1), 45-60.

Salmon, N., Yépez, G. et al. (2023). Guía para implementar Soluciones basadas en la Naturaleza en Quito. Quito, Ecuador. [https://www.yes-innovation.com/guia-para-la-
implementacion-de-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-en-quito](https://www.yes-innovation.com/guia-para-la-implementacion-de-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-en-quito)

Santos, C., & Gómez, P. (2019). Parque Lineal Río Medellín: Un modelo de integración de la gestión del agua en el urbanismo. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Urbano*, 7(1), 75-88.

Secretaria de Ambiente. (2017). *Informe técnico de evaluación ambiental en la quebrada de Caupicho, Distrito Metropolitano de Quito*. Recuperado de [https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Solicitudes%20de%20informaci%C3%B3n/RESPUESTAS/EDDY%20SANCHEZ/CONTESTACI%C3%93N%20EDDY%20SANCHEZ2017-123700.PDF](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Solicitudes%20de%20informaci%C3%B3n/RESPUESTAS/EDDY

YES Innovation, Yépez, Grace (2024). Caupicho, Implementación de SbN. Recuperado de: <https://www.yes-innovation.com/quebrada-caupicho-2022>

ANEXOS



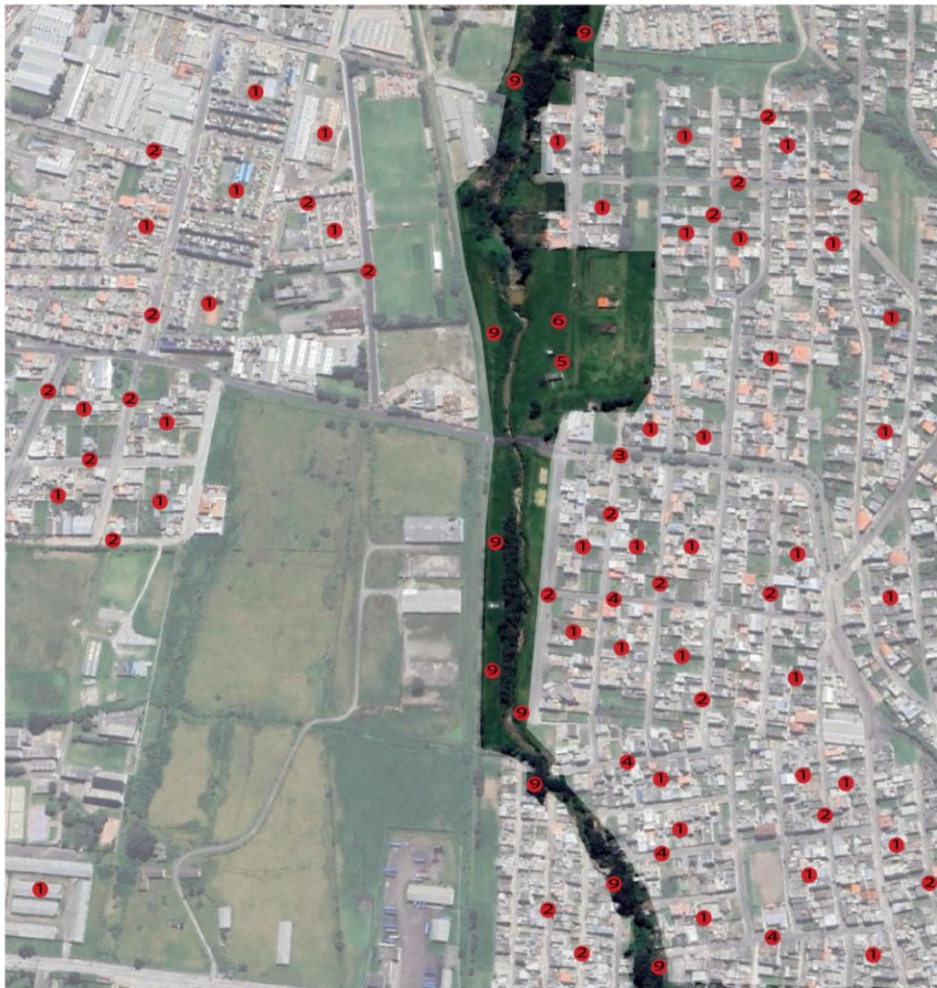
1 INFRAESTRUCTURA VERDE EN PREDIOS PRIVADOS
 CUBIERTAS VEGETALES BALCON VEGETALIZADO
 FACHADAS VEGETALES PAVIMENTO PERMEABLE
 MACETA DE RETENCIÓN POZOS DE INFILTRACION
 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



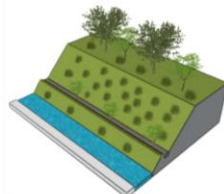
2 JARDINES DE LLUVIA, FRANJAS DE DRENAJE
 ARBORIZACION ESTRATIFICADA



3 JARDINES DE LLUVIA Y FRANJAS DE DRENAJE
 CALLES CON PARTERRE



4 ARDINES INUNDABLES, REDUCTOR DE VELOCIDAD



5 ZANJAS FILTRANTES, CONFORMACION DE TERRAZAS
 REFORESTACION ESPECIES NATIVAS



6 PARQUES INUNDABLES, REFORESTACION ESPECIES NATIVAS



7 PARQUES DE RECREACION

Anexo 1 SbN para la zona de intervención 1
Fuente: Elaboración propia, 2025



1 INFRAESTRUCTURA VERDE EN PREDIOS PRIVADOS

- CUBIERTAS VEGETALES
- FACHADAS VEGETALES
- MACETA DE RETENCIÓN
- BALCON VEGETALIZADO
- PAVIMENTO PERMEABLE
- POZOS DE INFILTRACIÓN
- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



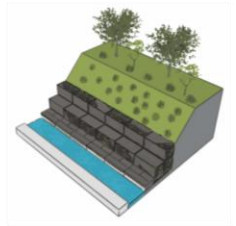
2 JARDINES DE LLUVIA, FRANJAS DE DRENAJE ARBORIZACION ESTRATIFICADA



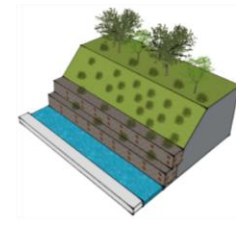
3 JARDINES DE LLUVIA, FRANJAS DE DRENAJE ARBORIZACION ESTRATIFICADA, CALLES CON PARTERRE



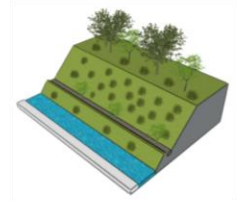
4 JARDINES INUNDABLES, REDUCTOR DE VELOCIDAD



7 MUROS DE GAVIÓN, RESTAURACIÓN DE ÁREAS VEGETALES



8 MUROS DE KRIANER, RESTAURACIÓN DE ÁREAS VEGETALES



9 ZANJAS FILTRANTES, CONFORMACIÓN DE TERRAZAS, RFORESTACION CON ESPECIES NATIVAS

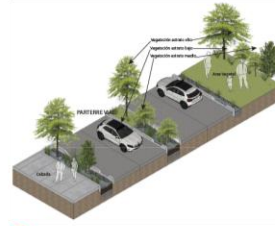
Anexo 2 SbN para la zona de intervención 2
Fuente: *Elaboración propia, 2025*



1 INFRAESTRUCTURA VERDE EN PREDIOS PRIVADOS
 CUBIERTAS VEGETALES BALCON VEGETADIZO
 FACHADAS VEGETALES PAVIMENTO PERMEABLE
 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



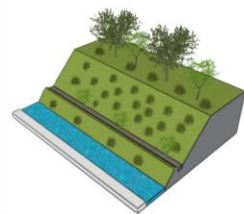
2 JARDINES DE LLUVIA, FRANJAS DE DRENAJE
 ARBORIZACION ESTRATIFICADA



3 JARDINES DE LLUVIA Y FRANJAS DE DRENAJE
 CALLES CON PARTERRE



4 JARDINES INUNDABLES, REDUCTOR DE VELOCIDAD

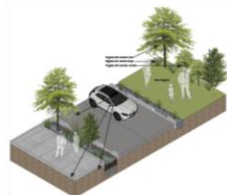


5 ZANJAS FILTRANTES, CONFORMACION DE TERRAZAS
 REFORESTACION ESPECIES NATIVAS VARIOS ESTRATOS

Anexo 3 SbN para la zona de intervención 3
Fuente: Elaboración propia, 2025



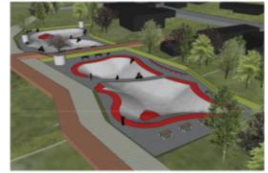
1 INFRAESTRUCTURA VERDE EN PREDIOS PRIVADOS
CUBIERTAS VEGETALES BALCON VEGETADO
FACHADAS VEGETALES PAVIMENTO PERMEABLE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



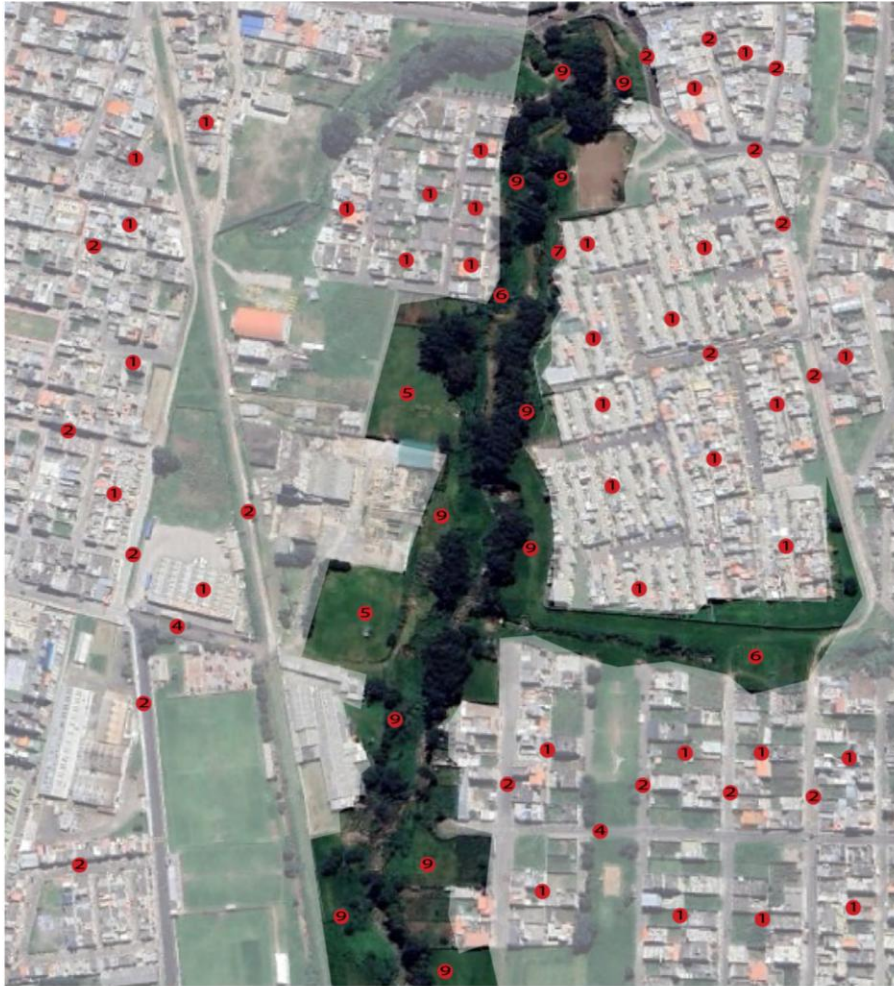
2 JARDINES DE LLUVIA, FRANJAS DE DRENAJE
ARBORIZACION ESTRATIFICADA



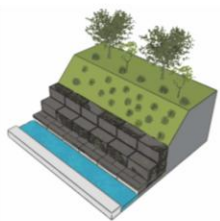
3 JARDINES DE LLUVIA Y FRANJAS DE DRENAJE
CALLES CON PARTERRE



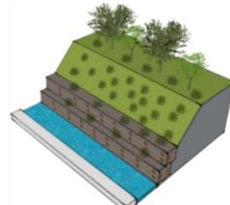
4 PARQUES INUNDABLES, REFORESTACION ESPECIES
NATIVAS



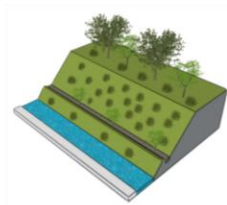
5 PARQUES DE RECREACION



6 MUROS DE GAVION, RESTAURACION DE AREAS
VEGETALES



7 MUROS TIPO KRIENER, RESTAURACION DE AREAS
VEGETALES



8 ZANJAS FILTRANTES, CONFORMACION DE TERRAZAS
REFORESTACION ESPECIES NATIVAS DE DIFERENTES
ESTRATOS

Anexo 4 SbN para la zona de intervención 4
Fuente: Elaboración propia, 2025



1 INFRAESTRUCTURA VERDE EN PREDIOS PRIVADOS
 CUBIERTAS VEGETALES BALCON VEGETADIZO
 FACHADAS VEGETALES PAVIMENTO PERMEABLE
 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



2 JARDINES DE LLUVIA, FRANJAS DE DRENAJE
 ARBORIZACION ESTRATIFICADA



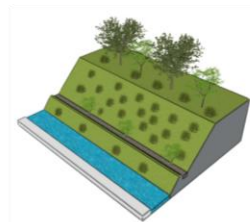
3 JARDINES DE LLUVIA Y FRANJAS DE DRENAJE
 CALLES CON PARTERRE



6 PARQUES INUNDABLES, REFORESTACION ESPECIES NATIVAS



7 PARQUES DE RECREACION



8 ZANJAS FILTRANTES, CONFORMACION DE TERRAZAS
 REFORESTACION ESPECIES NATIVAS

Anexo 5 SbN para la zona de intervención 4'
Fuente: Elaboración propia, 2025

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Compromisos internacionales y normativa nacional y local con el análisis de brechas detectadas para su aplicación.....	31
Cuadro 2. Quebrada Caupicho, zonas de intervención.....	39
Cuadro 3. Plan de implementación para la conservación de la quebrada Caupicho	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Barrios Caupicho y tramo delimitado (2022)	28
Figura 2. Barrios Caupicho y tramo delimitado (2022)	29
Figura 3. Quebrada Caupicho, barrios que la rodean	35
Figura 4. Quebrada Caupicho, shapefile utilizados para el proceso de investigación con el cual se determinan las zonas de intervención	37
Figura 5. Quebrada Caupicho, identificación de las zonas de intervención.....	38
Figura 6. Quebrada Caupicho - zona de intervención 1, espacios verdes y edificaciones alrededor del área de protección ecológica	41
Figura 7. Zona de intervención 1, cruce de conexiones de agua potable, acumulación de basura y sedimentos	42
Figura 8. Zona de intervención 1, acumulación de sedimentos y vegetación degradada aquí se ve como el caudal varía por las zonas sin vegetación en las riberas de la quebrada,.....	42
Figura 9. Quebrada Caupicho - zona de intervención 2, Edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación.	44
Figura 10. Zona de intervención 2, riesgo de colapso de viviendas por erosión de taludes, descargas ilegales de aguas servidas	45
Figura 11. Zona de intervención 2, riesgo de colapso de viviendas por erosión de taludes, degradación vegetal de taludes.....	45
Figura 12. Zona de intervención 2, erosión de taludes vegetación degradada.....	46
Figura 13. Quebrada Caupicho, zona de intervención 3, Edificaciones en las partes laterales de la quebrada. lotes expuestos a inundación.....	47
Figura 14. Zona de intervención 3, acumulación de escombros y basura, vegetación degradada.....	48
Figura 15. Zona de intervención 3, erosión y desprendimiento de taludes, vegetación degradada, acumulación de sedimentos	48
Figura 16. Zona de intervención 3, desprendimiento de taludes, vegetación degradada, acumulación de escombros.....	49
Figura 17. Quebrada Caupicho - zona de intervención 4, Áreas verdes y edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación50	
Figura 18. Zona de intervención 4, conformación de muros de gavión en taludes con desprendimiento por erosión para evitar el colapso de la vía Susana Letor	51
Figura 19. Zona de intervención 4, desprendimiento de taludes por erosión, vegetación degradada.....	51
Figura 20. Zona de intervención 4, acumulación de escombros y sedimentos en el borde de la quebrada.	52
Figura 21. Zona de intervención 4, acumulación de escombros, desprendimiento de taludes	52
Figura 22. Zona de intervención 4, descargas ilegales de aguas servidas, acumulación de escombros.....	53
Figura 23. Quebrada Caupicho - zona de intervención 4', Áreas verdes y edificaciones en las partes laterales de la quebrada. Lotes expuestos a movimientos en masa e inundación.	54
Figura 24. Zona de intervención 4' – muros de hormigón armando que evitan el desprendimiento de taludes	55
Figura 25. Quebrada Caupicho, zona de intervención 4', desprendimiento de taludes por erosión, vegetación degradada.	55
Figura 26. Soluciones Basadas en la Naturales para predios privados.....	59
Figura 27. Tratamiento de Aguas Residuales	59
Figura 28. Jardines de lluvia, Franjas de drenaje, arborización Urbana en vías de dos carriles	61
Figura 29. Jardines lluvia, Franja de drenaje, arborización Urbana en vías de cuatro carriles, con parterre.....	62

Figura 30. Jardines lluvia, con reductores de velocidad.....	63
Figura 31. Parques inundables a lo largo de la quebrada y en zonas estratégicas, reforestación con especies nativas.....	64
Figura 32. Estabilización de taludes – muros tipo Gavión, geotextiles, restauración de áreas vegetales.....	65
Figura 33. Estabilización de taludes – muros tipo Krianer, barreras vivas, geotextiles, restauración de áreas vegetales.....	66
Figura 34. Estabilización de taludes – zanjas filtrantes, conformación de terrazas vegetables, restauración de áreas vegetales.....	67

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 SbN para la zona de intervención 1	81
Anexo 2 SbN para la zona de intervención 2	82
Anexo 3 SbN para la zona de intervención 3	83
Anexo 4 SbN para la zona de intervención 4	84
Anexo 5 SbN para la zona de intervención 4'	85