REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PAG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

Recibido: 28-10-2025
Aceptado: 02-03-2026

TIPOLOGÍAS DE QUEBRADAS URBANAS PARA LA PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOJA, ECUADOR [1]

TYPOLOGIES OF URBAN RAVINES FOR ADAPTIVE PLANNING TO CLIMATE CHANGE IN LOJA, ECUADOR

CLAUDIA SALOMÉ GONZÁLEZ-ROLDÁN [2]
MERCEDES DEL CISNE TORRES-GUTIÉRREZ [3]
FABIÁN RENÉ REYES-BUENO [4]
GALINA MERCEDES SEGARRA-MORALES [5]

1 Artículo financiado por Consultoría: Cooperación Técnica Alemana GIZ “Diseño de un plan de intervención en tres quebradas de la ciudad de Loja para la gestión del riesgo y adaptación al cambio climático” [PROY_CONS_AU_2022_3344]

2 Magister en Diseño urbano y planificación urbana
Directora de la Carrera de Arquitectura, Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador
https://orcid.org/0000-0001-6011-0410
csgonzalez@utpl.edu.ec

3 Magister en Ordenación del Territorio
Directora del Programa en Planificación del Territorio, Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador
https://orcid.org/0000-0001-9113-4060
mctorres27@utpl.edu.ec

4 Doctor en Ingeniería para el Desarrollo Rural
Director del Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Facultad Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-5646-0263
frreyes@utpl.edu.ec

5 Magister en Rehabilitación Urbana y Arquitectónica
Docente del Departamento de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geociencias,
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador
https://orcid.org/0000-0003-1652-6923
gmsegarra2@utpl.edu.ec

https://doi.org/10.22320/07183607.2026.29.53.04

CC BY SA

REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PÁG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

Con las civilizaciones, el agua y su geografía marcaron patrones para construir redes urbanas como insumo de vida, producción de alimentos, transporte e identidad colectiva; sin embargo, en la actualidad estas redes azules han sido excluidas frente al proceso de urbanización, lo que ha llevado a su pérdida parcial o total por cambios de uso de suelo y ocupación indebida, lo que potencia amenazas y disminuye la capacidad de adaptación al cambio climático. Esta realidad se redibuja en Loja, ciudad andina del sur de Ecuador, atravesada por tres ríos y 44 quebradas, en un relieve irregular, donde la investigación buscó identificar y delimitar tipologías de quebradas que definan lineamientos para su planificación, con un enfoque urbano-ambiental adaptativo al cambio climático. La metodología se estructuró en dos fases: en la primera, a partir de información cartográfica, se identificaron y normalizaron seis variables que inciden en la adaptación urbana: movimientos en masa, sobreutilización, bosques y plantaciones, alcantarillado, consolidación urbana e índice de contaminación potencial difusa. En la segunda, con la participación de expertos y mediante el Proceso Analítico Jerárquico, se definieron las variables y pesos a considerar para evaluar la capacidad adaptativa de quebradas frente al cambio climático y, con ello, definir tipologías. Como resultado, se obtuvieron seis tipologías de quebradas urbanas, estableciéndose que el mayor número corresponde a “Riesgo Bajo - Cobertura Bajo - Infraestructura Medio”. Como variables decisivas al momento de priorizar quebradas, a criterio de los expertos, se consideraron movimientos en masa, bosques y plantaciones, y sobreutilización del suelo.

Palabras clave: aguas superficiales, tipología, planificación territorial, cambio climático

Across civilizations, water and geography shaped patterns in building urban networks, serving as inputs for life, food production, transportation, and collective identity. However, nowadays these blue networks have been excluded amid urbanization, leading to their partial or total loss due to changes in land use and improper occupation, which heightens threats and reduces the ability to adapt to climate change. This reality is redrawn in Loja, an Andean city in southern Ecuador, crossed by three rivers and 44 ravines in an irregular relief, where the research sought to identify and delimit ravine typologies to define planning guidelines using an urban-environmental approach adapted to climate change. The methodology was structured in two phases: in the first, based on cartographic information, six variables affecting urban adaptation were identified and normalized: landslides, overuse, forests and plantations, sewerage, urban consolidation, and the diffuse potential pollution index. In the second, with the participation of experts and through the Hierarchical Analytical Process, the variables and weights to be considered for evaluating the adaptive capacity of ravines in the face of climate change were defined, and, as a result, typologies were established. Thus, six urban ravine typologies were identified, with the largest group being “Low Risk - Low Coverage - Medium Infrastructure.” According to the experts, the decisive variables for prioritizing ravines were landslides, forests and plantations, and land overuse.

Keywords: surface waters, typology, territorial planning, climate change

TIPOLOGÍAS DE QUEBRADAS URBANAS PARA LA PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOJA, ECUADOR
CLAUDIA SALOMÉ GONZÁLEZ-ROLDÁN, MERCEDES DEL CISNE TORRES-GUTIÉRREZ, FABIÁN RENÉ REYES BUENO, GALINA MERCEDES SEGARRA-MORALES
REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PÁG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

I. INTRODUCCIÓN

Los efectos del Cambio Climático, desde ahora CC, repercuten en el sistema territorial, al evidenciar que las actividades humanas y la rápida urbanización contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero y a la pérdida de suelos permeables (Arellano y Roca, 2015). El reemplazo de las redes de drenaje natural por superficies impermeables incrementa el escurrimiento y los riesgos de inundación (Vidal y Romero Aravena, 2010). En consecuencia, ecosistemas estratégicos como las riberas han sido invadidos para edificación (Guastella et al., 2019), reduciéndose la resiliencia frente a riesgos naturales.

En Latinoamérica, diversos estudios abordan las redes azules desde enfoques específicos. Se ha demostrado cómo la urbanización en cuencas andinas altera severamente el equilibrio hidro-geomorfológico del territorio (Romero y Vásquez, 2005). Desde los servicios ecosistémicos, destaca el rol de las áreas ribereñas como zonas de amortiguación, en el caso del río Mapocho (Vásquez, 2016). En contextos densos, de Buenos Aires, la Infraestructura Verde-Azul [IVA] genera beneficios ambientales, sociales y económicos (Kozak et al., 2020), mientras que en Quito (Secretaría del Ambiente, 2025) incorporan el enfoque de microcuenca al analizar usos de suelo de protección, riesgos y CC. Estos antecedentes evidencian avances regionales, pero también la necesidad de enfoques integradores para caracterizar y organizar las quebradas urbanas según su capacidad adaptativa al CC a escala intraurbana.

En este marco, la investigación se desarrolla en Loja, ciudad andina al sur de Ecuador, cuyo sistema hídrico evidencia la afectación constante de sus cauces por el crecimiento urbano (Municipio de Loja, 2021). El estudio buscó definir tipologías que consoliden quebradas resilientes, respondiendo: ¿qué variables son relevantes para definir tipologías de quebradas urbanas con fines de intervención adaptativa al CC? y ¿cuál es la distribución y prevalencia de estas tipologías en el caso de estudio? Se propuso una metodología para normalizar las variables incidentes en la adaptación urbana hacia el CC; al tiempo que, con la participación de expertos en la temática y mediante el Proceso Analítico Jerárquico [AHP], se establecieron las variables y pesos que definieron las tipologías de quebradas urbanas. El aporte del estudio se orienta a apoyar la toma de decisiones de planificación, permitiendo identificar prioridades de intervención y niveles diferenciados de capacidad adaptativa en contextos urbanos andinos.

II. MARCO TEÓRICO

La planificación adaptativa en sistemas hídricos urbanos genera creciente interés científico para enfrentar los impactos del CC (Rangwala, 2024). La planificación territorial no se limita a reducir riesgos o vulnerabilidad, sino integra diversos componentes del sistema socio-ecológico (Gallopín, 2003). Al respecto, se explica cómo las ciudades actuales generan un proceso metabólico

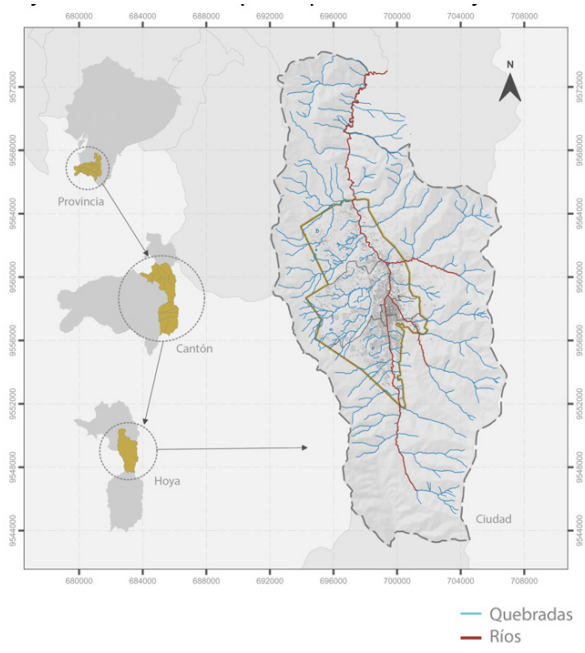


Figura 1. Caso de estudio: ciudad de Loja. Fuente: Elaboración de los Autores.

negativo que se acelera conforme se extiende la capa urbana sin considerar infraestructura sostenible (Delgado Ramos, 2014); por tanto, resulta imperante abordar el CC desde la planificación multidimensional del territorio (Barton, 2009), pues el clima y sus efectos se comprenden en la relación del medio natural y su vínculo con el ser humano.

Entre los efectos del CC, resulta evidente el aumento en la frecuencia e intensidad de lluvias (IPCC, 2023), de ahí surge el modelo de ciudad esponja como estrategia dominante de drenaje urbano. Este modelo absorbe el agua lluvia y permite su curso natural, al evitar el colapso de sistemas grises (Jiang y McBean, 2021) al optimizar los principios de acumulación, filtración y purificación natural (Yu et al., 2023). La IVA es fundamental en este modelo, porque aporta control térmico, mejora del aire y manejo de inundaciones (Venkataramanan et al., 2020). En cuanto a quebradas urbanas, por su valor socio-ecológico, tienen alto potencial para conformar esta IVA (Sánchez-Almodóvar et al., 2023).

Más allá de la infraestructura física, la planificación contemporánea de cuencas urbanas incorpora los conceptos de resiliencia y capacidad adaptativa. La capacidad adaptativa se entiende como la habilidad de un sistema (en este caso, la quebrada y su entorno) para ajustarse a alteraciones climáticas, moderar daños potenciales y aprovechar oportunidades (Valera y Sharifi, 2025). En el contexto latinoamericano, esta capacidad depende directamente de la calidad de la IVA disponible, donde

REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PÁG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

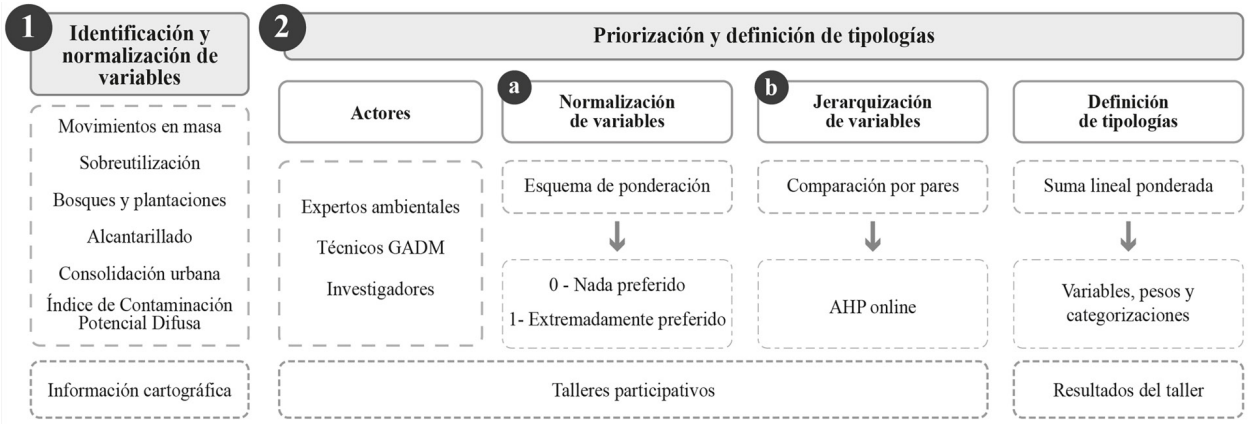


Figura 2. Proceso metodológico de la investigación. Fuente: Elaboración de los Autores.

la vegetación ribereña no solo regula el ciclo hidrológico y la temperatura, sino que actúa como soporte multifuncional para la conectividad ecológica y social (Pradilla y Hack, 2024). Por tanto, la caracterización de quebradas no debe limitarse a describir estados físicos, sino que debe interpretar la interacción entre la amenaza (riesgo) y la capacidad de respuesta del ecosistema (cobertura) y la sociedad (infraestructura) para determinar su potencial de adaptación real frente a eventos extremos (Valera y Sharifi, 2025).

Por otro lado, el AHP ha demostrado ser valioso para la toma de decisiones en la planificación territorial de contextos de incertidumbre climática, donde convergen múltiples objetivos sociales, ambientales y económicos. Bousquet et al. (2023) identificaron al AHP como uno de los métodos más utilizados en la planificación de soluciones basadas en la naturaleza, en donde participan expertos en la fase de ponderación de criterios y se utiliza herramientas de Sistemas de Información Geográfica [SIG]. Meerow y Newell (2017) desarrollaron el modelo de Planificación Espacial de Infraestructura Verde que combina el análisis multicriterio basado en SIG con seis criterios de beneficios, que exponen la efectividad del AHP para relacionar aspectos espaciales con servicios ecosistémicos en la planificación. Al tiempo, Kaur y Gupta (2022) plantearon IVA utilizando AHP-SIG para el manejo de agua lluvia enfocado a la adaptación climática.

III. ESTUDIO DE CASO

Se tomó como caso de estudio la ciudad de Loja, ubicada en la provincia de Loja hacia el sur andino del Ecuador. Cuenta con 203.496 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022) en 5.732,51 hectáreas (Municipio de Loja, 2021). La Figura 1 muestra la ubicación de la ciudad en el contexto de la hoya, cantón y provincia de Loja, así como el sistema hídrico conformado por tres ríos y 44 quebradas en un relieve irregular. Los ríos recorren alrededor de 21,53 km mientras que las quebradas aproximadamente 104,34 km.

IV. METODOLOGÍA

La investigación utilizó un enfoque mixto que integra análisis espacial cuantitativo y métodos de decisión multicriterio. El proceso se desarrolló en dos fases: 1) identificación y normalización de variables y 2) priorización y definición de tipologías. Se empleó el método AHP (Saaty, 1990) mediante talleres participativos y SIG para el análisis cartográfico (Figura 2).

Fase 1: Identificación y normalización de variables

Las seis variables se agruparon en tres categorías: riesgos, cobertura e infraestructura, según dimensiones complementarias de análisis territorial que evalúan funcionalidad y vulnerabilidad de quebradas (Canteiro et al., 2024; Li et al., 2022; Fu et al., 2021) en un buffer de 200 m previamente obtenido. Esta franja se justifica porque las zonas ribereñas son interfaces críticas entre los sistemas terrestres y acuáticos, cuyos procesos ecológicos e hidrológicos dependen del paisaje circundante y no solo del cauce inmediato (Gregory et al., 1991; Kupilas et al., 2021). El buffer permite incorporar la influencia del entorno construido, es consistente con metodologías de zonificación de amenazas hídricas en cuencas andinas (Montenegro y Arteta, 2019) y se alinea con criterios de franjas de amortiguamiento necesarios para la conectividad ecológica en ciudades latinoamericanas (Pradilla y Hack, 2024).

Grupo 1. Riesgos – dimensión de amenazas naturales
Se enfocó en los peligros geomorfológicos intrínsecos del territorio, incorporándose cartografía de susceptibilidad a movimientos en masa que comprometen la estabilidad del

TIPOLOGÍAS DE QUEBRADAS URBANAS PARA LA PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOJA, ECUADOR
CLAUDIA SALOMÉ GONZÁLEZ-ROLDÁN, MERCEDES DEL CISNE TORRES-GUTIÉRREZ, FABIÁN RENÉ REYES BUENO, GALINA MERCEDES SEGARRA-MORALES
REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PÁG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

suelo. Se utilizó cartografía de deslizamientos (2008) del GAD Municipal de Loja, al seleccionar riesgos 'Muy alto' y 'Alto'. La inclusión de ambas variables es crítica dado que los escenarios de CC prevén una intensificación de las precipitaciones en la región andina, lo que actúa como detonante directo de deslizamientos en laderas inestables, comprometiendo la viabilidad de la infraestructura gris y requiriendo medidas de adaptación preventivas (Alzate Buitrago, 2021). Se determinó el porcentaje representativo de estos riesgos en cada quebrada.

Grupo 2. Cobertura – dimensión de estado ecológico
Se consideró las condiciones biofísicas del ecosistema, incluyendo la integridad de la cobertura vegetal y la capacidad de soporte del territorio (sobreutilización). Se utilizó algoritmos Random Forest en Google Earth Engine, se realizó una clasificación supervisada de una imagen PlanetScope (resolución espacial de 3 m). Se utilizó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada para discriminar espectralmente entre la vegetación arbórea consolidada (bosques/plantaciones) y la vegetación de porte bajo (arbustiva/herbácea). La sobreutilización se determinó al evaluarlos conflictos de uso del suelo. Primero, se calculó la capacidad de acogida de las unidades ambientales (definidas por uso del suelo, permeabilidad y pendiente) mediante una matriz de impacto-aptitud frente a actividades potenciales ('Agricultura', 'Conservación y 'Regeneración'). Al cruzar esta capacidad con la cobertura real del suelo, se identificaron y cuantificaron (en superficie y porcentaje dentro del buffer) cuatro niveles de conflicto: adecuadamente utilizado, sobreutilización ligera, sobreutilización media, subutilización ligera.

Grupo 3. Infraestructura – dimensión de presión antrópica
Se analizó las intervenciones humanas que modifican la dinámica natural de las quebradas. Se determinó el porcentaje de viviendas sin alcantarillado, según información de la Red de Alcantarillado y Catastro de Loja. Se realizó una 'Intersección' entre las viviendas y el buffer. Se utilizó la herramienta 'Unión por proximidad' donde se tomó en cuenta que la distancia sea mayor e igual a 0, esto para determinar las viviendas con alcantarillado a esa distancia. La consolidación urbana se definió con base a la cartografía catastral de la ciudad, en donde se estimó el porcentaje de predios con construcción. El ICPD se calculó al cruzar información de uso de suelo, permeabilidad, pendiente, y longitud de flujo, para establecer su promedio en cada quebrada.

Fase 2: Priorización y definición de tipologías

El 31 de mayo de 2022 se realizó un taller participativo multidisciplinario que integró a actores con conocimiento técnico, normativo y territorial de la Hoya de Loja. El panel de expertos estuvo conformado por tres grupos estratégicos:

1. Técnicos del gobierno local: representantes del Municipio de Loja con experiencia en gestión del territorio, alcantarillado y planificación urbana.
2. Expertos ambientales: ingenieros y especialistas con dominio en dinámicas hidrológicas, cobertura vegetal y riesgos climáticos.
3. Equipo consultor e investigadores: académicos encargados de la estructuración metodológica y el análisis espacial de las variables.

Este taller tuvo dos etapas. La etapa preparatoria en la que se presentó la lista preliminar de variables seleccionadas a partir de la literatura existente, el conocimiento experto y las observaciones de campo. Se utilizó un esquema de ponderación, el grupo de expertos estableció valores normalizados para las variables en función de las preferencias (0 para nada preferido y 1 para extremadamente preferido). Para evitar la arbitrariedad en la importancia de cada variable, con el panel de expertos se aplicó el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), al utilizar la herramienta AHP Online (Goepel, 2018).

Suma lineal ponderada de tipologías
Se realizó la suma lineal ponderada para generar tipologías, en que se consideraron las variables y pesos definidos en el taller y categorizaciones entre cada una. Se normalizaron los valores (0 a 1) para las franjas de 200 m de las 44 quebradas. Los resultados se clasificaron con 'bajo' a aquellos que sumaron de 0 a 0.33, 'medio' de 0.34 a 0.66, y 'alto' de 0.67 a 1.

V. RESULTADOS

Caracterización de quebradas

Previo a la caracterización, se ordenó el sistema de quebradas, etiquetándose aquellas que no se encontraban identificadas por el Municipio de Loja, se logró definir 44 quebradas dentro del límite urbano de la ciudad. A continuación, se presentan los resultados del análisis de riesgos, cobertura e infraestructura, los que permiten definir zonas homogéneas según similitudes en sus componentes bióticos y físicos. La Figura 3 muestra que 4 quebradas tienen entre el 20-30% de su área riesgo 'muy alto' al ser el 45% del total y 13 entre el 10-20% correspondiendo al 36%; mientras que 12 quebradas tienen entre 15-30% de su área en riesgo 'alto' siendo 55% del total y 26 del 0-15% agrupándose en 21%.

El análisis de sobreutilización indica que el área de buffer tiene un 57,9% de uso adecuado, el 27,8% tiene sobreutilización ligera, el 13,9% tiene sobreutilización mediana y el 0,4% tiene subutilización ligera. Por otro lado, siete quebradas presentan bosque en más del 20% de su superficie, que equivale al 31% del área total de buffer (Figura 4).

La Figura 5 muestra que el 33% de viviendas del buffer no tienen alcantarillado, existiendo 19 quebradas que presentan menos del 50% de sus viviendas con el servicio. Mientras que 11 quebradas tienen un grado de consolidación alto (más del 75% de parcelas construidas), que representa el 27% de parcelas

TIPOLOGÍAS DE QUEBRADAS URBANAS PARA LA PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOJA, ECUADOR
CLAUDIA SALOMÉ GONZÁLEZ-ROLDÁN, MERCEDES DEL CISNE TORRES-GUTIÉRREZ, FABIÁN RENÉ REYES BUENO, GALINA MERCEDES SEGARRA-MORALES
REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PÁG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

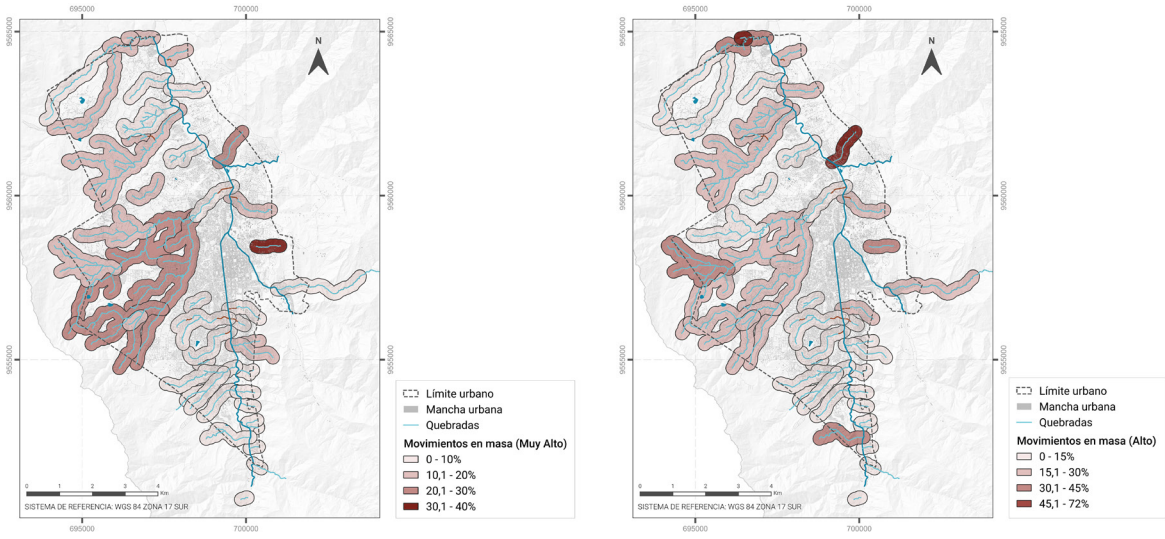


Figura 3. Movimientos en masa 'Muy Alto' y 'Alto'. Fuente: Elaboración de los Autores con base a GAD Municipal de Loja - Deslizamientos (2008).

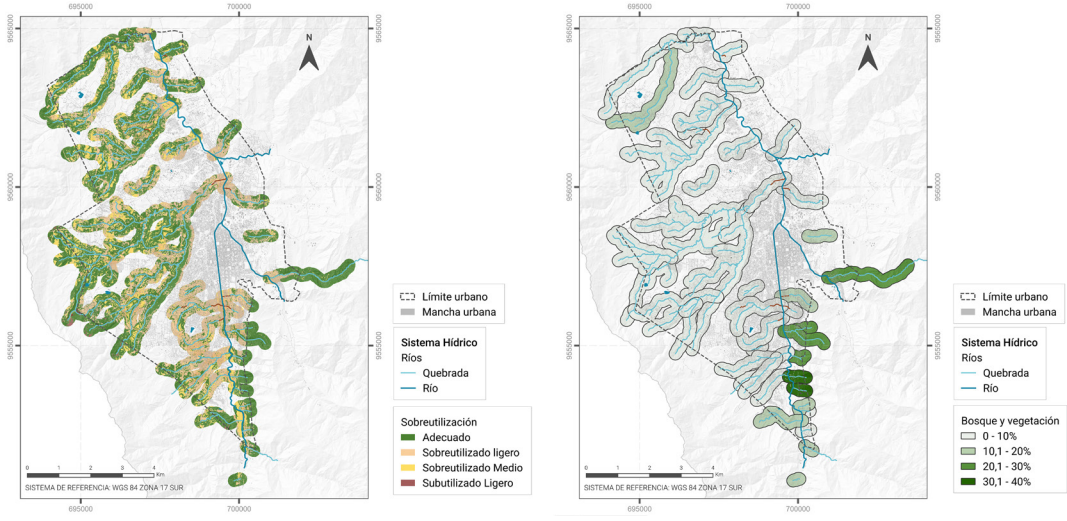


Figura 4. Sobreutilización, bosques y plantaciones. Fuente: Elaboración de los Autores.

del buffer. El ICPD oscila entre valores de 5.25-7.85, de menor a mayor, donde la mayoría de territorio (78%) está representada por valores medios a altos y el 14% con valores muy altos.

Priorización y pesos de cada factor

Con la ponderación realizada en el taller de expertos, se agrupa las variables en tres categorías: riesgos, cobertura e infraestructura. Según la Tabla 1, a nivel global la variable movimientos en masa (alto y muy alto riesgo) es la de mayor influencia al momento de identificar las quebradas a intervenir, seguido de aquellas que tienen menor extensión de bosques y plantaciones y que presentan sobreutilización del suelo. En un tercer grupo menor se incluye consolidación urbana, ICPD, alcantarillado, arbustos y hierbas, según criterio de los actores clave.

TIPOLOGÍAS DE QUEBRADAS URBANAS PARA LA PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOJA, ECUADOR
CLAUDIA SALOMÉ GONZÁLEZ-ROLDÁN, MERCEDES DEL CISNE TORRES-GUTIÉRREZ, FABIÁN RENÉ REYES BUENO, GALINA MERCEDES SEGARRA-MORALES
REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PAG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

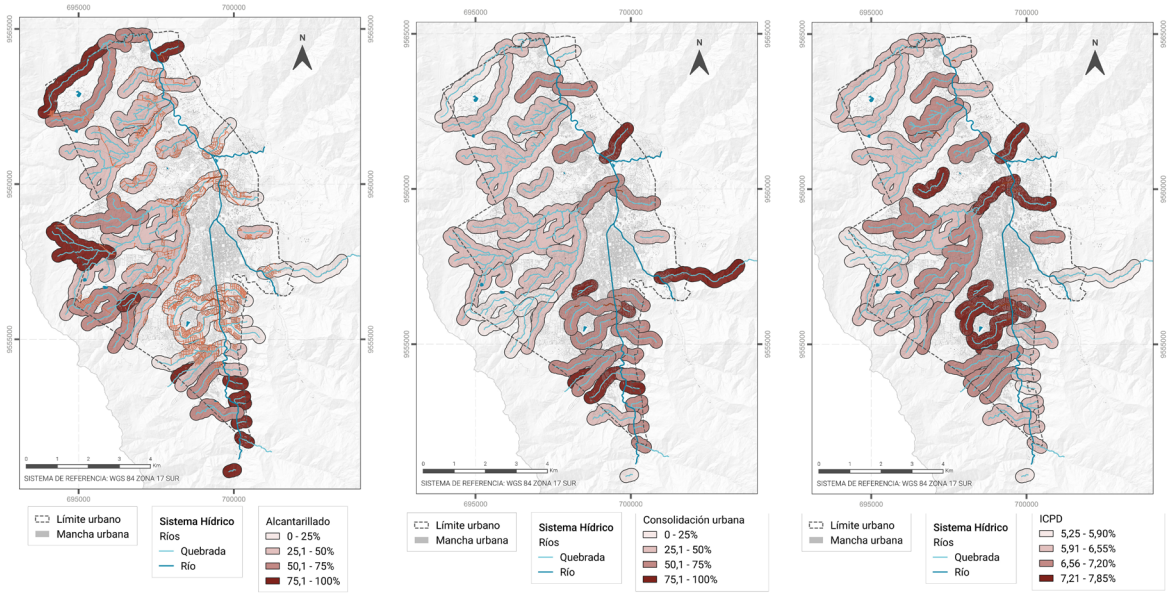


Figura 5. Alcantarillado, consolidación urbana e ICPD. Fuente: Elaboración de los Autores.

Categoría	Peso (%)	Variable	Peso (%)	Factor
Riesgos	27	Movimientos en masa	27	1
Cobertura	47	Bosques y plantaciones	21	0.44
		Sobreutilización	19	0.40
		Arbustos y hierbas	7	0.16
Infraestructura	26	Consolidación urbana	10	0.38
		ICPD	8	0.32
		Alcantarillado	8	0.30

Tabla 1. Jerarquización de variables. Fuente: Elaboración de los Autores.

Tipologías de quebradas

Seguido, se describen las seis tipologías de quebradas urbanas, representadas en la Figura 6 y detalladas en la Tabla Complementaria 1 (Tabla C1). Se presenta la tipología categorizada, así como aquella interpretativa vinculada con su capacidad de adaptación al CC.

- 'Riesgo alto, cobertura bajo, infraestructura medio' – 'quebradas con capacidad adaptativa muy baja': cuatro (10,5% del sistema), se emplazan en pronunciadas pendientes, con altos riesgos por deslizamientos, inestabilidad de suelo, aluviones e inundaciones. La cobertura vegetal es baja por el cambio a usos agrícolas y ganaderos de sus áreas de protección. Mayoritariamente se circunscriben en sectores de baja consolidación urbana.
- 'Riesgo medio, cobertura bajo, infraestructura medio' – 'quebradas con capacidad adaptativa baja': once (43,5% del sistema), ubicadas hacia el occidente del área de consolidación urbana media. Las bajas coberturas de bosques y flora nativa han sido afectadas por la urbanización. A la vez, hay tramos importantes de quebradas que han sido embaulados que afectan los ecosistemas del agua y la vegetación. La cobertura media de alcantarillado contamina el agua y sus bordes de protección.
- 'Riesgo bajo, cobertura bajo, infraestructura alto' – 'quebradas con potencial de adaptación condicionado': siete (9,5% del sistema), se concentran al sur oeste y recorren las estribaciones con bosques y vegetación nativa, siendo potenciales recursos para captaciones de agua. Los niveles bajos de infraestructura sanitaria determinan afectaciones

altas y directas a las quebradas.

- 'Riesgo bajo, cobertura bajo, infraestructura medio' – 'quebradas con capacidad adaptativa restringida por consolidación urbana': diecinueve (34,8% del sistema). Recorren gran parte del área consolidada de la ciudad, por lo que hay tramos importantes que se han embaulado y soterrado que modifica así sus recorridos y condiciones naturales. Consecuentemente tienen baja cobertura vegetal, cambio de usos de suelo e inexistencia de márgenes de protección que generan riesgos directos a los habitantes aledaños.
- 'Riesgo bajo, cobertura medio, infraestructura alto' – 'quebradas con capacidad adaptativa severamente limitada': una (0,5% del sistema) ubicada hacia el centro sur, cuyas características naturales se modificaron casi por completo con la canalización y soterramiento de su recorrido. La presencia de barrios sin alcantarillado genera contaminación y elevadas alteraciones a los ecosistemas naturales.
- 'Riesgo bajo, cobertura medio, infraestructura medio' – 'quebradas con adaptación intermedia': tres (1,2% del sistema) emplazadas hacia el centro de la ciudad con características de consolidación urbana dominante. La presencia de vegetación es media y pese a su ubicación, mantiene áreas de protección, que genera una cobertura vegetal y arbustiva regular que posibilita rescatarla y potenciarla.

VI. DISCUSIÓN

Los resultados evidenciaron que para la priorización de las quebradas a intervenir, se destaca la influencia preponderante de las variables movimientos en masa, bosques y plantaciones, así como sobreutilización del suelo, todas relacionadas con la importancia de mantener la permeabilidad de la cobertura vegetal en los bordes de las quebradas, pues estos espacios verdes a lo largo de las vías fluviales urbanas podrían, entre otros beneficios, moderar los impactos de las islas de calor urbano, fortalecer la resiliencia a inundaciones y mejorar la calidad del aire (İnançoğlu et al., 2020).

La combinación de variables y categorías generó seis tipologías de quebradas, cuya interpretación de condiciones de riesgo, estado de los componentes ecosistémicos y grado de transformación urbana fundamentan su capacidad adaptativa al CC (Nieto-Cañarte et al., 2025; Ferrario et al., 2024). Sobresalen dos tipologías: quebradas con capacidad adaptativa muy baja, que es la más crítica y en la que hay cuatro quebradas y, quebradas con capacidad adaptativa baja que agrupa a once quebradas; además, por la extensión de su recorrido representan el 54% del sistema. Esto evidencia que la planificación y recuperación de quebradas requiere aumentar la cobertura vegetal y propender al uso adecuado del suelo, así como rebasar enfoques de ingenierías grises que además han provocado deforestación total de las llanuras ribereñas aluviales por soluciones basadas en la naturaleza, que permiten incluir la influencia de la vegetación y la resiliencia en áreas propensas a inundaciones (Vörösmarty et al., 2018). Pasar

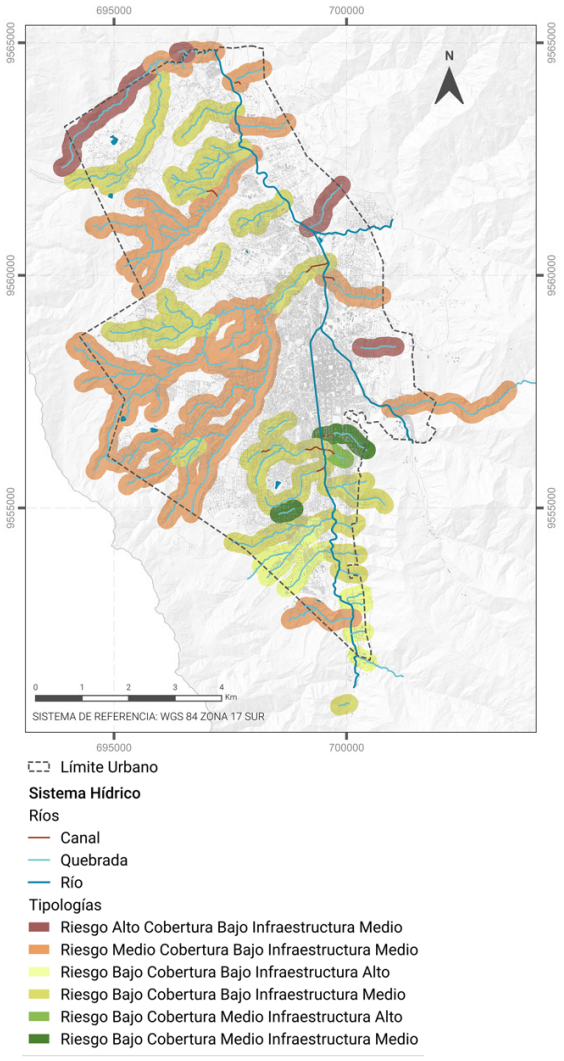


Figura 6. Tipologías de quebradas urbanas de Loja. Fuente: Elaboración de los Autores.

de una estrategia vertical a un enfoque más horizontal-natural que deja espacio para el cuerpo de agua en la ciudad (Warner et al., 2012) que propicia el restablecimiento de espacios para que las llanuras aluviales y los canales fluviales permanezcan activos y lo más libres posible y la conectividad entre la corriente principal del río y la llanura aluvial que generen ecosistémicos autosostenibles (Zingraff-Hamed et al., 2021), que deben ser considerados en la planificación urbana y en la normatividad del uso y ocupación del suelo de la ciudad desde una visión socioecológica.

Por su parte, la utilización del AHP y la participación de expertos y actores clave en la priorización de variables para la toma de decisiones es fundamental, porque proporciona

REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PAG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

un aporte desde el conocimiento de la realidad en los talleres participativos en un marco estructurado y matemático para la toma de decisiones multicriterio, que permite identificar y jerarquizar aspectos fundamentales (Pérez-Ramírez y Martínez-Damián, 2020) adicionalmente su transparencia puede ayudar a manejar tensiones y conflictos de interés que puedan surgir entre diferentes grupos (Baladia et al., 2015). No obstante, el AHP puede presentar posibles fuentes de sesgo, principalmente asociadas a la subjetividad de los expertos en las comparaciones pareadas, influido por liderazgos, presiones por consenso o desequilibrios de poder. Además, el método asume independencia entre criterios y puede mostrar sensibilidad ante pequeñas variaciones en las valoraciones (Mendoza et al., 2019). En este estudio, estas limitaciones se abordaron mediante la selección de un panel diverso de participantes, la verificación de la consistencia de las matrices y la discusión colectiva de resultados. Así, la contribución del trabajo radica en la integración sistemática del AHP con un enfoque participativo, al ofrecer un marco metodológico transparente y replicable para apoyar la toma de decisiones en escenarios con múltiples actores.

VII. CONCLUSIONES

Las preguntas de investigación se validan al definir tipologías de quebradas con las variables priorizadas por actores clave frente al CC, al considerar su caracterización y prevalencia en el caso de estudio. Mirar integralmente riesgo, cobertura e infraestructura determinó la relación directa y escalar de las quebradas dentro de un sistema hídrico capaz de enfrentar los impactos del CC como la resiliencia a inundaciones y mejora de la calidad del aire, entre otros. En este contexto, la investigación busca vincular quebradas y habitantes urbanos hacia una relación saludable que retome la geografía del agua y a partir de ésta, se construyan hábitats naturales y seminaturales resilientes al CC, que integren usos socioeconómicos responsables. Finalmente, la investigación apoya la toma de decisiones frente al CC desde la planificación urbana, al definir tipologías de quebradas según su capacidad de adaptación que faciliten la jerarquización de intervenciones en el territorio.

VIII. MATERIAL COMPLEMENTARIO

La información de apoyo se puede ser descargada en: https://issuu.com/claudiagr/docs/tabla_suplementaria_s1, Tabla C1: Seis tipologías de quebradas urbanas.
C.G. M.T. F.R. G.S.

IX. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES CRediT:

Conceptualización, C.G.R., M.T.G., G.S.M.; Curación de datos, C.G.R., F.R.B., G.S.M.; Análisis formal, M.T.G.; Adquisición de financiación, C.G.R., M.T.G., G.S.M.; Investigación, C.G.R., M.T.G., G.S.M.; Metodología, C.G.R., M.T.G., F.R.B., G.S.M.; Administración de proyecto, C.G.R..; Software, F.R.B.; Supervisión, C.G.R., M.T.G., F.R.B., G.S.M.; Validación, C.G.R., M.T.G., F.R.B., G.S.M.; Visualización, C.G.R., F.R.B.; Escritura – borrador original, C.G.R., F.R.B.; Escritura – revisión y edición, C.G.R.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alzate Buitrago, A. (22-26 February 2021). *Modeling mass wasting susceptibility maps using heuristic methods in the Dosquebradas municipality, Colombia* [Paper presentation]. Proceedings of the XIII International Symposium on Landslides. https://www.issmge.org/uploads/publications/105/106/ISL2020-103.pdf

Arellano, B., y Roca, J. (2015). Planificación urbana y cambio climático [Text en actes de congrés] in. *Reunión de Estudios Regionales, XLI Reunión de Estudios Regionales AECR: International conference on regional science: innovation and geographical spillovers: new approaches and evidence* (pp 1-18). Universitat Rovira i Virgili. https://hdl.handle.net/2117/84561

Baladia, E., Martínez-Rodríguez, R., Martínez-Sanz, J. M., Norte-Navarro, A. I., y Ortiz-Moncada, R. (2015). Formulación de políticas nutricionales informadas por la evidencia, *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, *19*(2), 56-57. https://doi.org/10.14306/renhyd.19.2.162

Barton, J. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de geografía Norte Grande, (43)*, 5-30. https://doi.org/10.4067/S0718-34022009000200001

Bousquet, M., Kuller, M., Lacroix, S., y Vanrolleghem, P. A. (2023). A critical review of multicriteria decision analysis practices in planning of urban green spaces and nature-based solutions. *Blue-Green Systems*, *5*(2), 200-219. https://doi.org/10.2166/bgs.2023.132

Canteiro, M., Cotler, H., Mazari-Hiriart M., Babinet, N., y Maass, M. (2024). Natural dynamics and watershed approach incorporation in urban water management: A scoping review. *PLOS One, 19*(8), e0309239. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309239

Delgado Ramos, G. C. (2014). Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano. *Medio ambiente y urbanización*, *80*(1), 95-123. https://www.ingentaconnect.com/contentone/iieal/meda/2014/00000080/00000001/art00005#

Ferrario, F., Mourato, J. M., Rodrigues, M. S., y Dias, L. F. (2024). Evaluating Nature-based Solutions as urban resilience and climate adaptation tools: A meta-analysis of their benefits on heatwaves and floods. *Science of the Total Environment, 950,* 175179. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175179

Fu, X., Hopton, M. E., y Wang, X. (2021). Assessment of green infrastructure performance through an urban resilience lens. *Journal of Cleaner Production, 289,* 125146. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125146

Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico.* Naciones Unidas - CEPAL. https://hdl.handle.net/11362/5763

Goepel, K. D. (2018). Implementation of an online software tool for the analytic hierarchy process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process, 10*(3), 469-487. https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590

Gregory, S. V., Swanson, F. J., Mckee, W. A., y Cummins, K. W. (1991). An ecosystem perspective of riparian zones: Focus on links between land and water. *BioScience, 41*(8), 540–551. https://doi.org/10.2307/1311607

Guastella, G., Oueslati, W., y Pareglio, S. (2019). Patterns of urban spatial expansion in European cities. *Sustainability, 11*(8), 2247. https://doi.org/10.3390/su11082247

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2023). SPM- Summary for policymakers in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Coud, Y. Chen L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonny,

J. B. R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu, y B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021- The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3-32). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

İnançoğlu, S., Özden, Ö. y Kara, C. (2020). Green corridors in urban landscapes, case study Nicosia Pedieos River. *European Journal of Sustainable Development, 9*(1), 1-8. http://dx.doi.org/10.14207/ejsd.2020.v9n1p1

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (31 de octubre de 2022). *Resultados*. Censo Ecuador. https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/

Jiang, A. Z., y Mcbean, E. A. (2021). Sponge city: using the "one water" concept to improve understanding of flood management effectiveness. *Water, 13*(5), 583. https://doi.org/10.3390/w13050583

Kaur, R., y Gupta, K. (2022). Blue-Green Infrastructure (BGI) network in urban areas for sustainable storm water management: A geospatial approach. *City and Environment Interactions, 16*, 100087. https://doi.org/10.1016/j.cacint.2022.100087

Kozak, D., Henderson, H., De Castro-Mazarro, A., Rotbart, D., y Aradas, R. (2020). Blue-Green Infrastructure (BGI) in Dense Urban Watersheds. The Case of the Medrano Stream Basin (MSB) in Buenos Aires. *Sustainability, 12*(6), 2163. https://doi.org/10.3390/su12062163

Kupilas, B., Burdon, F.J., Thaulow, J., Håll, J., Mutinova, P.T., Forio, M.A.E., Witing, F., Rîşnoveanu, G., Goethals, P., McKie, B. G., y Friberg, N. (2021). Forested riparian zones provide important habitat for fish in urban streams. *Water, 13*(6), 877. https://doi.org/10.3390/w13060877

Li, S., Zhang, J., Jiang, P., y Zhang, L. (2022). Linking land use with riverine water quality: A multi-spatial scale analysis relating to various riparian strips. *Frontiers in Environmental Science, 10,* 1-15. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1013318

Meerow, S., y Newell, J. P. (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning, 159,* 62-75. http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005

Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D. y García, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. Ingeniare. *Revista Chilena de Ingeniería, 27*(3), 348-360. https://ingeniare.uta.cl/index.php/inge/article/view/1069

Montenegro, J. y Arteta, J. (2019). Multiparametric AHP-based flood hazard zonation approach in northwestern Peru at basin scale in L. Calvo (Ed.) *Proceedings of the 38th IAHR World Congress, Panama 2019.* International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR). https://www.iahr.org/library/infor?pid=3492

Municipio de Loja. (2021). *Diagnostico Cuidad de Loja. Plan de Uso y Gestión del Suelo del cantón Loja.* https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/pugs-2020_2032.pdf

Nieto-Cañarte, C., Lozano-Mendoza, P. H., Guamán-Sarango, V. M., Vélez-Ruiz, M. C. y Domínguez-Zúñiga, W. M. (2025). Crecimiento urbano y vulnerabilidad al cambio climático de la conurbación de Quevedo, Ecuador. *Urbano, 28*(51), 96-105. https://doi.org/10.22320/07183607.2025.28.51.08

Pérez-Ramírez, R., y Martínez-Damián, M. Á. (2020). Modelo de decisión multicriterio para seleccionar los mejores proyectos productivos en el medio rural mexicano. *Agro Productividad, 13*(2), 101-107. https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1470

Pradilla, G., y Hack, J. (2024). An urban rivers renaissance? Stream restoration and green–blue infrastructure in Latin America – Insights from urban planning in Colombia. *Urban Ecosystems*, 27(6), 2245–2265. https://doi.org/10.1007/s11252-024-01571-9

Rangwala, T. (2024). Literature review: adaptative planning practices. *Water,* 16(12), 1657. https://doi.org/10.3390/w16121657

Romero, H., y Vásquez, A. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. *Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales, 31*(94), 97-117. http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612005009400006

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research, 48*(1), 9-26. https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I

Sánchez-Almodóvar, E., Olcina-Cantos, J., Martí-Talavera, J., Prieto-Cerdán, A., y Padilla-Blanco, A. (2023). Floods and adaptation to climate change in tourist areas: management experiences on the coast of the province of Alicante (Spain). *Water, 15*(4), 807. https://doi.org/10.3390/w15040807

Secretaría del Ambiente. (2025). *Plan Estratégico Ambiental Integral en los Ríos y Quebradas de Quito*. Secretaría del Ambiente – Dirección Metropolotana de recursos Naturales, Quito-Ecuador. https://storage.ghost.io/c/0c/ce/0cceb189-436d-4289-aa24-ba16ceb9a983/content/files/2025/05/Quebradas.pdf

Valera, K., y Sharifi, A. (2025). Index-based mapping and assessment of flood vulnerability for climate adaptation at the neighborhood level: A case study of Santo Domingo, the Dominican Republic. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 120,* 105362. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105362

Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de geografía Norte Grande,* (63), 63-86. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000100005

Venkataramanan, V., Lopez, D., McCuskey, D. J., Kiefus, D., McDonald, R. I., Miller, W. M., Packman, A. I., y Young, S. L. (2020). Knowledge, attitudes, intentions, and behavior related to green infrastructure for flood management: A systematic literature review. *Science of The Total Environment, 720*, 137606. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137606

Vidal, C., y Romero Aravena, H. (2010). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bíobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción en L. Pérez, e R. Hidalgo Dattwyyler (Eds.), *Serie GEOlibros, Instituto de Geografía.* Pontificia Universidad Católica de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/118084

Vörösmarty, C. J., Rodríguez Osuna, V., Koehler, D. A., Klop, P., Spengler, J. D., Buonocore, J. J., Cak, A. D., Tessler, Z. D., Corsi, F., Green, P. A., y Sánchez, R. (2018). Scientifically assess impacts of sustainable investments. *Science, 359*(6375), 523-525. https://doi.org/10.1126/science.aao3895

Warner, J. F., Van Buuren, A., y Edelenbos, J. (2012). *Making Space for the River: Governance Experiences with Multifunctional River Flood Management in the US and Europe,* IWA Publishing.

Yu, Q., Li, N., Wang, J., y Wang, S. (2023). Comprehensive performance assessment for sponge city construction: a case study. *Water, 15*(23), 4039. https://doi.org/10.3390/w15234039

Zingraff-Hamed, A., Bonnefond, M., Bonthoux, S., Legay, N., Greulich, S., Robert, A., Rotgé, V. Serrano, J., Cao, Y., Bala, R., Vazha, A., Tharme, R. E., y Wantzen, K. M. (2021). Human–river encounter sites: looking for harmony between humans and nature in cities. *Sustainability, 13*(5), 2864. https://doi.org/10.3390/su13052864

XI. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se deriva del proyecto de investigación de la Universidad Técnica Particular de Loja con financiamiento externo de la Cooperación Alemana GIZ Ecuador bajo su programa Ciudades Sostenibles, en alianza con el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Loja.

REVISTA URBANO Nº 53 / MAYO 2026 - OCTUBRE 2026
PÁG. 44 - 53
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607