



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN DESARROLLO LOCAL CON MENCIÓN
PLANIFICACIÓN DESARROLLO Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

**PROYECCIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO
MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO: CASO DE
ESTUDIO CANTÓN CALVAS - ECUADOR**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN DESARROLLO LOCAL CON MENCIÓN
PLANIFICACIÓN DESARROLLO Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

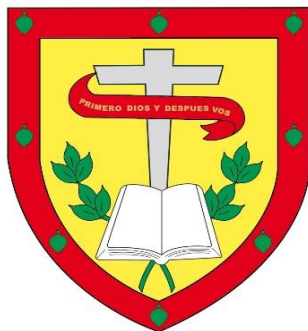
AUTOR: ARQ. JOSEPH ANDRÉS ORTEGA GAONA.

TUTORA: ING. SANDRA LUCIA COBOS MORA.

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN DESARROLLO LOCAL CON MENCIÓN
PLANIFICACIÓN DESARROLLO Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

**PROYECCIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO MEDIANTE ANÁLISIS
MULTICRITERIO: CASO DE ESTUDIO CANTÓN CALVAS -
ECUADOR**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN DESARROLLO LOCAL CON MENCIÓN
PLANIFICACIÓN DESARROLLO Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

AUTOR: ARQ. JOSEPH ANDRÉS ORTEGA GAONA.

TUTORA: ING. SANDRA LUCIA COBOS MORA.

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Certificación de Asesores

Se certifica que:

El informe de investigación “Proyección de crecimiento urbano mediante análisis multicriterio: Caso de estudio Cantón Calvas - Ecuador”, de autoría del Arquitecto Joseph Andrés Ortega Gaona, CC: 1105875874, ecuatoriano, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel o Posgrado correspondiente a Magíster en Desarrollo Local con mención en Planificación, Desarrollo y Ordenamiento Territorial, cumple con la caracterización y estructura (parte protocolaria y parte expositiva) y se sujeta a la normativa pertinente exigida por el Consejo de Educación Superior, CES y la Universidad Católica de Cuenca, en consecuencia, se autoriza su presentación para los trámites pertinentes.

Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca

Marzo, 2025.

Ing. Sandra Lucía Cobos Mora, Mgtr.

Asesor Científico

Certificación de Autoría

Certifico que:

“Proyección de crecimiento urbano mediante análisis multicriterio: Caso de estudio Cantón Calvas - Ecuador”, es el tema del informe final de investigación de mi AUTORÍA, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel o Posgrado correspondiente a Magíster en Desarrollo Local con mención en Planificación, Desarrollo y Ordenamiento Territorial, por lo que, asumo su originalidad y el uso de fuentes de terceros registrados según las normas APA vigentes.

Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca

Marzo, 2025.

Arq. Joseph Andrés Ortega Gaona

CC: 1105875874

Agradecimiento

Nuestro agradecimiento, primeramente, a Dios, por bendecirnos y haberme permitido culminar con satisfacción este trabajo de investigación.

A mis padres por el apoyo en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación.

A nuestro asesor metodológico el Dr. Yonimiler Castillo y a mi tutora de contenido la Ing. Sandra Cobos. Quienes nos brindaron su tiempo, apoyo y conocimiento para la realización de la presente investigación.

A la Universidad de Católica de Cuenca, por brindarnos su apoyo y permitirnos colaborar de manera eficiente con este trabajo de investigación.

A todas aquellas instituciones y personas que prestaron su tiempo y colaboración para el cumplimiento de los objetivos, personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación de esta meta.

Dedicatoria

Con profundo regocijo, amor y esperanza, dedico este proyecto a mis seres queridos, quienes han sido mi sostén y fuente de inspiración en cada paso de este camino. Su apoyo incondicional ha sido fundamental para alcanzar esta meta, y es para mí un honor poder dedicarles este logro, fruto del esfuerzo, la dedicación y el trabajo constante.

A mis padres, Patricio Ortega y Marcela Gaona, cuyo ejemplo de perseverancia y trabajo arduo me ha guiado siempre. Su sacrificio y enseñanzas han sido la base sobre la que he construido mis sueños.

A mi novia, Cisne Díaz, y a mis hermanos, Jonathan y Joel Ortega, por su paciencia, motivación y confianza inquebrantable en mí. Su apoyo ha sido el motor que me ha impulsado a superar cada desafío y a alcanzar esta meta con orgullo.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro también es suyo.

Patricio Ortega
Marcela Gaona
Jonathan Ortega
Joel Ortega
Cisne Diaz

RESUMEN

El crecimiento urbano en el cantón Calvas, provincia de Loja, Ecuador, plantea desafíos en términos de planificación territorial. Esta investigación tiene como objetivo determinar la proyección de crecimiento urbano en base a la susceptibilidad y al potencial de urbanización. Se empleó el método analítico jerárquico (AHP), basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para analizar la distribución de la población y los elementos urbanos, así como la conectividad de la región. El método AHP permitió jerarquizar factores clave relacionados con el crecimiento urbano, considerando aspectos socioeconómicos, ambientales y de infraestructura, mismos que recibieron un peso de acuerdo a su relevancia en el desarrollo del crecimiento urbano para obtener un índice de idoneidad territorial. Estos problemas están asociados con la fragmentación urbana, que ha dado lugar a la pérdida de tierras agrícolas y a un incremento en la vulnerabilidad de ciertas áreas ante fenómenos naturales. En términos numéricos, los resultados indican que 52% del territorio del cantón Calvas fue identificado como las zonas más aptas para el desarrollo. Estas áreas con alta aptitud se localizan principalmente en las zonas con menor pendiente y mejores accesos a servicios e infraestructuras. En cambio, el resto del territorio presenta restricciones significativas, principalmente debido a factores topográficos, como pendientes pronunciadas, y factores ambientales que dificultan el desarrollo urbano sostenible. Estos hallazgos resaltan la necesidad de una planificación territorial basada en criterios de sostenibilidad y resiliencia urbana.

Palabras Claves:

Proceso analítico jerárquico, sistemas de información geográfica, crecimiento urbano, Calvas, análisis multicriterio

ABSTRAC

Urban growth in the Calvas canton, Loja province, Ecuador, poses challenges in terms of territorial planning. This research aims to determine urban growth projections based on urbanization susceptibility and potential. The hierarchical analytical method (AHP), based on Geographic Information Systems (GIS), was used to analyze the distribution of population and urban elements, as well as the region's connectivity. The AHP method allowed for the prioritization of key factors related to urban growth, considering socioeconomic, environmental, and infrastructure aspects, which were weighted according to their relevance to urban growth development to obtain a territorial suitability index. These problems are associated with urban fragmentation, which has led to the loss of agricultural land and an increase in the vulnerability of certain areas to natural disasters. Numerically, the results indicate that 52% of the Calvas canton's territory was identified as the most suitable areas for development. These highly suitable areas are located primarily in areas with lower gradients and better access to services and infrastructure. In contrast, the rest of the territory presents significant restrictions, primarily due to topographic factors, such as steep slopes, and environmental factors that hinder sustainable urban development. These findings highlight the need for territorial planning based on criteria of urban sustainability and resilience.

Keywords:

Hierarchical analytical process, geographic information systems, urban growth, Calvas, multicriteria análisis.

Índice

Contenido

I.	Capítulo 1. Introducción.....	10
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.2.	Problema científico	16
1.3.	Área de Investigación.....	16
1.4.	Objeto de Estudio	16
1.5.	Campo de Acción	16
1.6.	Tipo de investigación	16
1.7.	Justificación.....	17
1.8.	Objetivo general.....	19
1.9.	Objetivos específicos	19
1.10.	Marco teórico.....	19
1.10.1.	El crecimiento urbano, tendencias teóricas y conceptuales.....	19
1.10.2.	La susceptibilidad y el potencial urbano en su relación con la proyección del crecimiento. 22	
1.10.3.	Estudios empíricos sobre proyección de crecimiento urbano.....	26
1.10.4.	Estudios empíricos sobre la proyección del crecimiento de zonas urbanas.....	29
II.	Capítulo 2. Metodología	31
2.1.	Materiales y métodos	31
2.2.	Área de estudio	31
2.3.	Proceso analítico jerárquico AHP como técnica	34
2.3.1.	Construcción de la matriz de comparación pareada	34
2.3.2.	Cálculo de los pesos relativos (Autovector principal)	36
2.3.3.	Evaluación de la consistencia de la matriz.....	37
2.4.	Integración de resultados en SIG	38
III.	RESULTADOS	39
3.1.	Criterios para la proyección del crecimiento urbano del cantón Calvas.	39

IV.	DISCUSIÓN	52
V.	CONCLUSIONES.....	54
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Matriz de Valoración de Saaty</i>	34
Tabla 2	<i>Criterios de Análisis</i>	36
Tabla 3	<i>Valores Índice Aleatorio</i>	38
Tabla 4	40
	<i>Ponderación mediante técnica AHP</i>	40

Índice de figuras

Mapa 1	<i>Área de Estudio</i>	32
Mapa 2	<i>Categoría Técnica</i>	43
Mapa 3	<i>Categoría Ambiental</i>	44
Mapa 4	<i>Categoría Económica</i>	45
Mapa 5	<i>Categoría Social</i>	46
Mapa 6	<i>Mapa Resultante AHP</i>	48
Mapa 7	<i>Crecimiento Urbano Potencial</i>	51

I. Capítulo 1. Introducción

1.1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano se refiere al proceso mediante el cual las ciudades expanden su superficie y población, transformando áreas rurales en urbanas. Este fenómeno es especialmente notorio en países en desarrollo, donde la migración del campo a la ciudad, motivada por la búsqueda de mejores oportunidades económicas y sociales, impulsa una urbanización acelerada. Sin embargo, este crecimiento, cuando es desordenado y carente de planificación adecuada, puede generar una serie de desafíos, como el aumento de la pobreza urbana, la proliferación de asentamientos informales, el deterioro ambiental y la sobrecarga de los servicios básicos (Karimi y Sultana, 2024).

Un ejemplo claro de este fenómeno es el caso de *Mumbai* en India, donde la rápida expansión urbana ha dado lugar a extensos barrios marginales, como *Dharavi*, debido a la falta de vivienda asequible y de una planificación urbana sostenible (UN-Habitat, 2023). En África, *Lagos* (Nigeria) enfrenta problemas similares, con una población en rápido crecimiento que ha superado la capacidad de la ciudad para proporcionar servicios adecuados, generando congestión vehicular extrema y deficiencias en el suministro de agua y electricidad (World Bank, 2023).

En América Latina, *Ciudad de México*, *São Paulo* y *Lima* son ejemplos de metrópolis que han experimentado un crecimiento urbano acelerado. Aunque han implementado estrategias para mitigar los impactos negativos, como el desarrollo de sistemas de transporte público masivo (por ejemplo, el Metrobús en Ciudad de México o

el Metro de São Paulo), aún enfrentan desafíos relacionados con la segregación socioespacial, la contaminación ambiental y el acceso desigual a servicios básicos (CEPAL, 2022).

En algunos países de la región, se han adoptado políticas de desarrollo urbano sostenible. Por ejemplo, *Curitiba*, en Brasil, es reconocida mundialmente por su planificación urbana integrada, que ha priorizado el transporte público eficiente y la preservación de espacios verdes (Rabinovitch y Leitman, 2020). Esta experiencia demuestra que una gestión urbana adecuada puede mejorar la calidad de vida de los habitantes y hacer frente a los desafíos derivados del crecimiento urbano.

Uno de los principales problemas asociados al crecimiento urbano descontrolado es la alta vulnerabilidad a desastres en las zonas urbanas. La expansión informal y la ocupación de áreas de riesgo, como laderas inestables o zonas propensas a inundaciones, aumentan la exposición de la población a eventos catastróficos. Según Reyna (2020) la urbanización desordenada en áreas propensas a inundaciones en Asia ha incrementado en un 90% la vulnerabilidad de las comunidades locales a desastres naturales. En el contexto de América Latina, Gran (2020) menciona que el modelo de expansión urbana es desorganizado, cuyo crecimiento territorial ha tenido lugar en zonas poco apropiadas para el asentamiento, donde la exposición a riesgos ambientales es mayor, y se carece de servicios e infraestructura básica. Un claro ejemplo es el municipio de Zapopan, México, que constituye un escenario de notables contrastes y desigualdades. En Pichincha, Ecuador, la parroquia Calderón, debido al crecimiento poblacional, está asentada en una zona con condiciones geomorfológicas y geológicas desfavorables y propensas a que se produzcan desastres naturales (Villavicencio, 2024).

Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, a inicios del siglo XXI, durante el segundo período de urbanización acelerada en Loja, Ecuador, se consolidó un proceso expansivo más alarmante del país, en un ritmo muy superior al crecimiento demográfico. Dicha expansión urbana descontrolada, con tendencia al asentamiento en zonas cercanas a laderas, ríos y quebradas al igual que otras ciudades de la región interandina, profundizó la vulnerabilidad social, económica y ambiental, debido a la amenaza de deslizamientos, derrumbes e inundaciones (Costa, 2024).

Desde esta perspectiva los autores, Bark y Acreman, (2020) destacan que la falta de planificación adecuada y la ocupación de zonas de riesgo han exacerbado los impactos de las inundaciones en el Reino Unido. De este modo, se hace referencia a un artículo publicado por Zhao et al. (2021) analiza cómo la expansión urbana en áreas propensas a desastres en China ha aumentado la vulnerabilidad de las comunidades locales, el estudio señala que la urbanización descontrolada en zonas de riesgo ha incrementado la exposición de la población a desastres como inundaciones y deslizamientos de tierra.

A nivel mundial, el desafío del crecimiento urbano descontrolado se ha abordado mediante metodologías avanzadas que permiten analizar y predecir los patrones de expansión de las ciudades. Entre estas metodologías, las redes neuronales convolucionales (CNN) han demostrado ser eficaces en la clasificación y segmentación de imágenes satelitales, facilitando la identificación de áreas urbanizadas y su evolución en el tiempo (Smith et al., 2022). De igual manera, los modelos basados en algoritmos de aprendizaje automático, como Random Forest y Support Vector Machines (SVM), se han utilizado para analizar los factores que influyen en la expansión urbana, permitiendo

la generación de mapas de susceptibilidad y predicción del crecimiento futuro (Chen et al., 2023).

El crecimiento urbano acelerado es un fenómeno global que ha generado profundas transformaciones en los paisajes urbanos y rurales, afectando tanto el medio ambiente como la calidad de vida de la población. En diversas regiones del mundo, la expansión urbana ha provocado la pérdida de tierras agrícolas, la degradación ambiental y el aumento de la presión sobre los recursos naturales (Chen et al., 2023). Este proceso, cuando no es planificado adecuadamente, conlleva riesgos significativos, como la deforestación, la contaminación del agua y del aire, así como la vulnerabilidad a desastres naturales (Alam y Banerjee, 2023).

Estudios recientes han analizado estas dinámicas en distintas regiones, empleando tecnologías avanzadas como imágenes satelitales y modelos de aprendizaje automático para mapear las áreas de mayor vulnerabilidad. Por ejemplo, en la Bahía de Bengala, se ha identificado que un 30% de las áreas urbanizadas han crecido de manera descontrolada en las últimas dos décadas, generando un impacto ambiental significativo (Alam y Banerjee, 2023). De manera similar, en la región de Beijing-Tianjin-Hebei, China, la expansión urbana ha reducido en un 15% las tierras agrícolas y ha intensificado la presión sobre los recursos naturales en un 30%, lo que ha impulsado el desarrollo de modelos de simulación para orientar la planificación territorial sostenible (Chen et al., 2023).

Estos hallazgos subrayan la necesidad de estrategias de planificación urbana basadas en evidencia científica, que permitan mitigar los efectos negativos del crecimiento desordenado y promuevan un desarrollo sostenible. La integración de

herramientas tecnológicas en la gestión urbana es clave para comprender mejor la dinámica del cambio del uso del suelo y para diseñar políticas que equilibren el crecimiento económico con la preservación ambiental (Zhang et al., 2022; Lee y Park, 2021). Cabe destacar que América Latina y el Caribe son de las regiones más urbanizadas del mundo desde la segunda mitad del siglo XX, es así como, en Colombia, la expansión urbana se ha dado sobre tierras fiscales, estatales o de propiedad privada, crecimiento, en muchos casos no planificado, ha resultado en la ocupación de áreas vulnerables y la proliferación de asentamientos informales, lo que ha incrementado la presión sobre los recursos naturales y la infraestructura urbana (Olivares, 2022).

De esta manera el crecimiento urbano en América del Sur sigue patrones extrapolables entre ciudades, donde la accesibilidad a infraestructuras y la subdivisión de tierras suburbanas son factores determinantes en la expansión de los asentamientos urbanos, tanto formales como informales (Olivares, 2022). Por otro lado, Perú ha experimentado una expansión urbana en las últimas décadas desde el 2001 y 2018, en donde las 43 ciudades más grandes del país añadieron 68,000 hectáreas de nuevo suelo urbano, representando un aumento del 47% respecto al año 2000. Este crecimiento ha sido mayor sobre tierras estatales y ha generado desafíos como la pérdida de áreas agrícolas y la necesidad de infraestructura adecuada para las nuevas zonas urbanizadas (Rivarola et al., 2020).

En Chile, la urbanización excesiva en áreas costeras ha exacerbado problemas como la erosión y la vulnerabilidad frente a fenómenos climáticos, ya que se experimenta en la actualidad intensas marejadas con olas de hasta cuatro metros, un fenómeno inusual en verano, estudios indican que un 86% de las playas chilenas presentan signos

de erosión, con retrocesos de hasta cinco metros anuales en algunas áreas (Schuster-Olbrich et al., 2024).

Cabe destacar que Ecuador ha experimentado un notable crecimiento urbano, donde las zonas fronterizas se consideran las más vulnerables debido a su ubicación estratégica, que a menudo las expone a desafíos como la falta de infraestructura adecuada, menor acceso a servicios básicos, presión migratoria y dinámicas socioeconómicas menos favorecidas. El crecimiento urbano en el país ha sido notable en las últimas décadas, el 63,1% de la población ecuatoriana reside en áreas urbanas, mientras que el 36,9% habita en zonas rurales en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca. Un estudio reciente analizó la transformación del uso del suelo en el sector "Ciudad de Dios" de Guayaquil durante cinco décadas, revelando una expansión urbana acelerada que ha generado problemas para mantener la planificación territorial sostenible (Castro y Miranda, 2021).

La identificación de zonas con potencial de expansión urbana es un aspecto fundamental en la planificación territorial, ya que permite anticipar el crecimiento de las ciudades y mitigar sus impactos negativos. En el caso del cantón Calvas, el crecimiento urbano ha estado influenciado por factores como la accesibilidad vial, la disponibilidad de servicios básicos y las características físicas del territorio, incluyendo la pendiente del terreno (Briceño, 2021). Según el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), los gobiernos cantonales tienen la competencia de planificar y regular el desarrollo territorial (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, COOTAD, 2020). En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar qué áreas presentan mayor

susceptibilidad y potencial para urbanizarse en Calvas, con el fin de establecer estrategias de desarrollo sostenible y evitar la expansión desordenada.

1.2. Problema científico

Determinación de la proyección del crecimiento urbano en el cantón Calvas en función de los factores de susceptibilidad y potencial de urbanización del cantón calvas.

1.3. Área de Investigación

Arquitectura

1.4. Objeto de Estudio

Determinar la susceptibilidad y potencial de urbanización en el Cantón Calvas, provincia de Loja, Ecuador.

1.5. Campo de Acción

Crecimiento urbano y susceptibilidad de urbanización en Calvas.

1.6. Tipo de investigación

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo, utilizando principalmente el Análisis de Proceso Jerárquico (AHP) como técnica principal para la evaluación y proyección del crecimiento urbano en el cantón Calvas. A través de esta metodología, se realizó un análisis multicriterio para evaluar diversas variables relacionadas con el desarrollo urbano, tales como la pendiente del terreno, el uso de suelo, la accesibilidad a servicios básicos, y la conectividad vial. El AHP facilitó la ponderación y priorización de estos factores, considerando la importancia relativa de cada uno en el proceso de urbanización.

Se emplearon herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la recolección y análisis de datos espaciales, lo que permitió integrar la información geográfica con los criterios definidos en el AHP. Las variables seleccionadas fueron analizadas en su contexto geoespacial, lo que proporcionó una visión integral del territorio y sus potencialidades para el crecimiento urbano.

Además, la combinación de AHP y SIG permitió realizar proyecciones precisas y fundamentadas de los posibles cambios en el uso del suelo y la expansión urbana en el cantón Calvas.

1.7. Justificación

La expansión urbana es un fenómeno global con implicaciones profundas en la sostenibilidad de los territorios, requiriendo planificación estratégica y un manejo eficiente de los recursos. Según Li et al. (2020), la urbanización descontrolada genera una degradación significativa de los ecosistemas, afectando servicios ambientales esenciales como la calidad del aire, el agua y la biodiversidad.

Un factor crítico adicional es la fragmentación del hábitat, que reduce la conectividad ecológica entre áreas protegidas. Según Suárez-Castro et al. (2022), la conversión de suelo para usos urbanos está asociada con la pérdida de biodiversidad y la disminución de la capacidad de los ecosistemas para absorber emisiones de carbono. La demanda de espacios urbanos no planificada genera también un incremento en la frecuencia de inundaciones y otros eventos extremos en áreas recientemente urbanizadas (Mansour et al., 2022).

En este sentido, un análisis detallado de las áreas susceptibles a la urbanización no solo permitirá prever conflictos potenciales, sino también promover un crecimiento urbano más equilibrado. Tal como lo señala Naciones Unidas (2022), la planificación anticipada de zonas de expansión urbana puede facilitar la implementación de políticas más sostenibles, reduciendo los efectos negativos a largo plazo sobre el entorno.

En el caso específico del Cantón Calvas, ubicado en la provincia de Loja, Ecuador, este proceso se ha visto acelerado en los últimos años, acarreando una serie de consecuencias negativas para el entorno natural y la calidad de vida de sus residentes. Entre estos efectos adversos se incluyen la pérdida de áreas naturales, la contaminación ambiental, la congestión del tráfico y la deficiencia en la prestación de servicios básicos (Seto et al., 2012). Según Gao y O'Neill (2021), la urbanización rápida genera una presión considerable sobre los servicios de infraestructura, afectando de manera negativa el acceso equitativo a servicios esenciales como agua potable y saneamiento.

Ante este escenario, resulta imperativo adentrarse en el análisis profundo de la dinámica del crecimiento urbano y sus implicaciones a largo plazo. Por ende, se propone llevar a cabo un estudio detallado sobre la susceptibilidad y potencial de urbanización en el Cantón Calvas como una herramienta fundamental para anticipar los retos que implica el crecimiento urbano y para diseñar estrategias efectivas que aborden estos desafíos. La identificación de las zonas con mayor susceptibilidad de ser urbanizadas en el futuro permitirá prever potenciales conflictos y establecer medidas preventivas adecuadas (Li et al., 2020). Asimismo, la evaluación del potencial de urbanización de distintas áreas facilitará una utilización eficiente de los recursos disponibles y promoverá un desarrollo equilibrado y sostenible (Naciones Unidas, 2022).

Esta investigación reviste una relevancia destacada a nivel local, regional y nacional. Comprender la dinámica del crecimiento urbano en el Cantón Calvas no solo informará sobre la planificación territorial y la gestión de recursos en la región, sino que también contribuirá a fomentar el desarrollo sostenible en el área. Además, los hallazgos obtenidos tendrán aplicabilidad en otras regiones que enfrenten problemas similares relacionados con el crecimiento urbano descontrolado (Suárez-Castro et al., 2022).

1.8. Objetivo general

Determinar la proyección del crecimiento urbano en el cantón Calvas, considerando la susceptibilidad y el potencial de urbanización.

1.9. Objetivos específicos

1. Analizar las teorías y conceptos sobre la susceptibilidad y el crecimiento urbano.
2. Utilizar herramientas SIG para realizar un análisis espacial de la distribución de la población y los elementos urbanos, así como para evaluar la conectividad de la región y su influencia en el crecimiento urbano.
3. Desarrollar modelos geoespaciales para identificar áreas con mayor susceptibilidad y potencial de urbanización en el Cantón Calvas, considerando factores como topografía, uso del suelo y proximidad a servicios básicos.

1.10. Marco teórico

1.10.1. El crecimiento urbano, tendencias teóricas y conceptuales.

El crecimiento urbano es un fenómeno global que ha transformado la geografía y la estructura social de muchas regiones en todo el mundo. A medida que las poblaciones

rurales migran hacia áreas urbanas en busca de oportunidades económicas y mejores condiciones de vida, las ciudades experimentan un crecimiento demográfico y físico significativo. Este proceso no solo implica el aumento en el número de habitantes en áreas urbanas, sino también la expansión territorial de las ciudades para acomodar la creciente demanda de vivienda, empleo y servicios (Villacis, 2019).

El crecimiento urbano contemporáneo presenta una serie de desafíos y problemáticas que requieren atención urgente para garantizar el desarrollo sostenible de las ciudades. Uno de los principales desafíos es el rápido aumento de la población urbana, que ejerce una presión considerable sobre los servicios básicos, la infraestructura y el medio ambiente urbano. Esta situación conlleva problemas como la congestión del tráfico, la escasez de vivienda asequible, la degradación del aire y del agua, y la generación de residuos (Peresini Jiménez, 2020).

Además, el crecimiento urbano desigual y la segregación socioeconómica son temas críticos que contribuyen a la exclusión social y la fragmentación urbana. Las disparidades en el acceso a oportunidades educativas, empleo, servicios de salud y espacios verdes pueden profundizar las divisiones dentro de la sociedad urbana y obstaculizar la cohesión social. Es así que la falta de planificación urbana integrada y a largo plazo es otra problemática significativa. La expansión urbana descontrolada y la ocupación de áreas vulnerables, como zonas de riesgo de desastres naturales o ecosistemas frágiles, pueden aumentar la susceptibilidad de las ciudades a eventos extremos y comprometer la resiliencia urbana (Peresini Álvarez, 2020).

El crecimiento urbano ha sido objeto de numerosos estudios en todo el mundo, abordando una variedad de aspectos relacionados con este fenómeno. Un estudio

destacado realizado por la Universidad de Harvard se centra en el crecimiento urbano sostenible, examinando cómo las ciudades pueden expandirse de manera que sea respetuosa con el medio ambiente y socialmente inclusiva. Este análisis abarca temas como la planificación del uso del suelo, la movilidad urbana y la resiliencia frente al cambio climático. Sus resultados subrayan la importancia de políticas y estrategias que fomenten la eficiencia en el uso de recursos y promuevan la inclusión social para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las ciudades (Smith y Johnson, 2020).

Otro estudio relevante, llevado a cabo por el Instituto de Recursos Mundiales, utiliza imágenes satelitales y análisis geoespacial para examinar los patrones de expansión urbana en diferentes regiones del mundo. Este estudio identifica áreas donde el crecimiento urbano está ocurriendo de manera descontrolada y sugiere medidas para gestionar mejor esta expansión, como la protección de áreas naturales y la promoción de la densificación urbana. Sus hallazgos son fundamentales para informar políticas y decisiones de planificación que aborden los desafíos asociados con el crecimiento urbano (Loja y Aguirre, 2020).

Además, el Banco Mundial ha realizado múltiples estudios sobre la urbanización y su impacto en el desarrollo económico, social y ambiental. Estos informes resaltan la importancia de invertir en infraestructura básica y servicios públicos, así como en políticas de inclusión social, para asegurar que el crecimiento urbano beneficie a todos los ciudadanos, especialmente a los más vulnerables (Smith y Johnson, 2020).

Por último, el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) ha llevado a cabo investigaciones exhaustivas sobre temas relacionados con el desarrollo urbano sostenible. Sus estudios abarcan aspectos como la planificación

urbana, la vivienda asequible y la gobernanza local, proporcionando orientación a gobiernos y organizaciones internacionales sobre cómo abordar los desafíos del crecimiento urbano y promover la construcción de ciudades más inclusivas, seguras y sostenibles (Uribe, 2021).

1.10.2. La susceptibilidad y el potencial urbano en su relación con la proyección del crecimiento.

El estudio y la proyección del crecimiento urbano son fundamentales para comprender cómo evolucionarán las ciudades en el futuro y para planificar en consecuencia. Los expertos utilizan una variedad de metodologías, que van desde modelos matemáticos hasta análisis demográficos y económicos, para predecir cómo se expandirán las ciudades. Estos modelos consideran una amplia gama de factores, como la tasa de crecimiento poblacional, las tendencias migratorias, la disponibilidad de tierras, las políticas de desarrollo urbano y los cambios en la economía (Ordóñez, 2022).

A nivel global, las proyecciones del crecimiento urbano indican un aumento continuo en la población urbana y la expansión de las ciudades, especialmente en las regiones en desarrollo. Se espera que la urbanización siga siendo un fenómeno predominante en las próximas décadas, con un crecimiento más rápido en áreas urbanas de países en desarrollo debido a factores como la migración rural-urbana y el crecimiento natural de la población (Villacis, 2019).

La tecnología también está desempeñando un papel cada vez más importante en la proyección del crecimiento urbano. El uso de datos satelitales, análisis geoespacial y modelos de inteligencia artificial está mejorando la precisión de las proyecciones al

proporcionar información detallada sobre la dinámica urbana y los patrones de desarrollo (Van, 2016).

A pesar de los avances tecnológicos, las proyecciones del crecimiento urbano enfrentan desafíos, como la incertidumbre en las tendencias demográficas y la dificultad para prever cambios en la política y la economía. Sin embargo, también ofrecen oportunidades para anticipar y mitigar los impactos negativos del crecimiento descontrolado, como la congestión del tráfico, la escasez de vivienda y la degradación ambiental (Ordóñez, 2022).

La proyección del crecimiento urbano y su análisis de la susceptibilidad representa un enfoque crucial en el desarrollo sostenible de las ciudades. La susceptibilidad se define como la probabilidad de sufrir daños, tanto a nivel de infraestructura como en la sociedad, ante la ocurrencia de desastres naturales o eventos adversos, esta relación entre los edificios y la traza urbana constituye un punto de análisis fundamental para evaluar la calidad del entorno natural y construido (Hidalgo, 2019). La diversidad de usos y la complejidad funcional permiten la interacción social para configurar una ciudad sostenible, destacando la importancia de adaptar los espacios urbanos a las características particulares de cada lugar, incluyendo su ubicación geográfica, clima, riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático (Macas y Palacios, 2021).

El diseño y la planificación urbana, concebidos desde la perspectiva de mejorar la calidad del entorno natural y construido, trascienden la mera estética y funcionalidad para priorizar un aumento significativo en la calidad de vida de los habitantes, este enfoque busca aprovechar las condiciones específicas de cada lugar, tales como la orientación, el clima, la humedad, el microclima, los vientos, el agua y los materiales disponibles, para

crear soluciones habitacionales que sean más confortables, económicas, agradables y que se integren de manera armoniosa con el entorno (Datola, 2023). Se promueve así un hábitat saludable que aborda los desafíos a diversas escalas, desde lo local hasta lo global, y que enfrenta directamente los impactos derivados de las variaciones climáticas, teniendo en cuenta la incertidumbre y los posibles riesgos asociados (Zumelzu-Scheel, 2016).

El potencial de urbanización aborda la capacidad de una zona o área para ser urbanizada, considerando la demanda de vivienda, servicios y otros aspectos ligados al crecimiento urbano (Gaglia, 2016). Este potencial se configura por diversos factores, entre ellos, la disponibilidad de tierras, la infraestructura existente, las políticas de planificación urbana y la demanda del mercado, la disponibilidad de tierras aptas para la urbanización se erige como un factor central en el potencial de urbanización. Las zonas con terrenos disponibles y accesibles tienden a exhibir un mayor potencial de urbanización. Además, la presencia de infraestructura, como carreteras, servicios de agua y alcantarillado, y servicios públicos, puede incidir en este potencial al determinar la viabilidad de desarrollar nuevas áreas urbanas (Schiavo et al., 2019).

La demanda de vivienda y servicios también desempeña un papel crucial en el potencial de urbanización. El crecimiento demográfico, la migración y otros factores pueden intensificar la demanda de vivienda y servicios en una zona, incrementando así su potencial de urbanización. Así mismo, las políticas de planificación urbana, incluyendo planes de desarrollo y regulaciones de uso del suelo, pueden impactar en este potencial al definir cómo se emplean y expanden los terrenos urbanos (Pérez y Betancurt, 2016).

La observación de tendencias históricas de crecimiento permite identificar cómo han mutado las ciudades en términos de población, densidad, expansión urbana y uso del suelo a lo largo del tiempo, este análisis proporciona valiosa información sobre los factores que han propulsado el crecimiento urbano en el pasado y cómo estos podrían influir en el futuro. Las proyecciones futuras de crecimiento se fundamentan en modelos y escenarios que contemplan diversas causas, como la tasa de crecimiento poblacional, las tendencias económicas, las políticas de desarrollo urbano y los cambios en el uso del suelo. Estas proyecciones ayudan a anticipar la evolución potencial de las ciudades en términos de tamaño, estructura y distribución espacial (Waddell, 2022).

El análisis de tendencias históricas y proyecciones futuras de crecimiento urbano es vital para la planificación urbana y el desarrollo sostenible. Faculta a los responsables de decisiones anticipar y gestionar desafíos asociados al crecimiento urbano, como la expansión desmedida, la carestía de vivienda y servicios, y la degradación ambiental, al tiempo que diseñan estrategias para promover un desarrollo urbano más equitativo, sostenible y resistente (Villacís, 2019).

La proyección del crecimiento urbano se realiza utilizando métodos cuantitativos y cualitativos. Entre los cuantitativos, destacan los modelos matemáticos, que utilizan ecuaciones y algoritmos para predecir el crecimiento en función de variables como población, economía e infraestructura. Los SIG permiten la visualización y análisis de datos espaciales, identificando patrones de crecimiento y pronosticando tendencias futuras. Además, los modelos de simulación, como los basados en agentes, simulan el crecimiento urbano a través de la interacción de agentes individuales o variables ambientales (Zumelzu y Doevendans, 2020).

En el ámbito cualitativo, se utilizan el análisis de escenarios y los estudios de caso. El análisis de escenarios desarrolla diferentes futuros de crecimiento urbano basados en diversas variables y condiciones, permitiendo explorar distintas posibilidades y evaluar sus impactos potenciales. Los estudios de caso, por su parte, analizan el crecimiento urbano pasado y presente de una ciudad para identificar patrones y tendencias aplicables a proyecciones futuras, basándose en datos históricos y opiniones de expertos locales para ofrecer una visión detallada y contextualizada del crecimiento urbano (Ningal et al., 2018).

1.10.3. Estudios empíricos sobre proyección de crecimiento urbano.

Se ha evidenciado que el crecimiento urbano ha sido abordado a través de diversas metodologías y enfoques. Seto et al. (2012), en su análisis sobre los patrones globales de urbanización, utilizaron datos satelitales para estudiar la expansión urbana en ciudades de América Latina, África y Asia. En dicho estudio, se destacaron factores clave como la densidad de población, la proximidad a vías de transporte y la disponibilidad de servicios básicos como determinantes del crecimiento urbano acelerado en estas regiones.

Además, un estudio llevado a cabo por Angel et al. (2011), que utilizó modelos de regresión espacial, proyectó el crecimiento urbano en distintas ciudades de América Latina, y sus hallazgos subrayaron la relación entre el desarrollo urbano descontrolado y la falta de políticas de planificación adecuadas. Según su investigación, las áreas urbanas de rápido crecimiento suelen estar asociadas a la expansión en zonas

periurbanas, lo cual aumenta las presiones sobre los ecosistemas y la infraestructura urbana.

En el contexto de Asia, Fragkias et al. (2013), en colaboración con el World Resources Institute, examinaron escenarios de crecimiento urbano utilizando simulaciones de dinámica de sistemas. Sus estudios evaluaron cómo las políticas de planificación urbana y el diseño de ciudades compactas podían afectar la sostenibilidad ambiental en el largo plazo. Estos autores concluyeron que una expansión urbana no regulada podría comprometer la resiliencia de las ciudades ante el cambio climático, lo que se traduce en desafíos significativos para la gestión de recursos.

Un estudio realizado por Barber et al. (2020) en la Universidad de Stanford combinó datos de teledetección con modelos de simulación para prever el impacto del crecimiento urbano en el medio ambiente en ciudades africanas. Este estudio mostró cómo la expansión urbana afecta negativamente la biodiversidad, los recursos hídricos y la calidad del aire en escenarios de desarrollo poco sostenibles, sugiriendo que la integración de herramientas de modelado puede ser esencial para la planificación urbana futura.

Por otro lado, investigadores del Banco Mundial llevaron a cabo una investigación para analizar cómo el crecimiento urbano afecta la demanda de infraestructura en ciudades de América del Norte. Utilizando modelos de simulación y análisis económico, evaluaron cómo el aumento de la población urbana influiría en la necesidad de inversión en transporte, agua, energía y telecomunicaciones.

Desde esta perspectiva, el crecimiento urbano está influenciado por una serie de factores complejos, entre ellos la migración, tanto interna como internacional, en busca de mejores oportunidades económicas y de calidad de vida. La disponibilidad de tierras también es un factor crucial, junto con el crecimiento natural de la población y la concentración de la industrialización y el desarrollo económico en las ciudades. La planificación urbana adecuada puede promover un crecimiento más sostenible y proteger áreas naturales y agrícolas (Van Linder, 2016).

La infraestructura y los servicios urbanos son factores clave que influyen en el crecimiento urbano, con la disponibilidad de transporte público eficiente, agua potable, alcantarillado, electricidad y otros servicios básicos que atraen a más personas a las ciudades y favorecen su crecimiento. Las teorías sobre el crecimiento urbano proporcionan una comprensión más profunda de los factores y procesos que influyen en el desarrollo de las ciudades, y los modelos de proyección de crecimiento urbano son herramientas fundamentales para comprender y prever cómo evolucionarán las ciudades en el futuro (Van Linder, 2016).

En Ecuador, la planificación urbana está regida por un marco legal y normativo que establece las bases para el desarrollo sostenible de las ciudades y la gestión adecuada del crecimiento urbano. La Constitución de la República del Ecuador y otras leyes específicas, como la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo, y la Ley de Desarrollo Urbano, establecen los principios, instrumentos y procedimientos para el ordenamiento territorial y la gestión del suelo en el país, a nivel local, los municipios son responsables de elaborar y ejecutar los planes de ordenamiento

territorial y desarrollo urbano, en cumplimiento de la normativa nacional (Ley orgánica de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo [LDOGUS], 2010).

1.10.4. Estudios empíricos sobre la proyección del crecimiento de zonas urbanas.

El estudio de las Naciones Unidas sobre Perspectivas de Urbanización Mundial realiza proyecciones demográficas a largo plazo sobre la urbanización en todo el mundo. Utiliza datos históricos de población, tasas de urbanización y otros factores socioeconómicos para prever cómo cambiará la distribución de la población en las próximas décadas. Los informes muestran que la urbanización continuará aumentando a nivel mundial, con un crecimiento más rápido en regiones en desarrollo. Se proyecta que las ciudades se expandirán tanto horizontal como verticalmente para dar cabida a la creciente población urbana (Van Lindert, 2016).

El McKinsey Global Institute realiza análisis exhaustivos sobre temas urbanos, incluyendo proyecciones de crecimiento urbano, impacto económico y desafíos de desarrollo. Utilizan modelos predictivos que incorporan datos económicos, tendencias de urbanización y proyecciones de inversión en infraestructura. Sus estudios sugieren que el crecimiento urbano continuará siendo impulsado por la migración rural-urbana y el crecimiento natural de la población. Destacan la importancia de la inversión en infraestructuras inteligentes y sostenibles para abordar los desafíos de urbanización, como la congestión del tráfico y la escasez de viviendas asequibles (Jaeger, 2021).

El Lincoln Institute of Land Policy se enfoca en la gestión del suelo y las políticas de uso del suelo en entornos urbanos. Realizan estudios sobre cómo las políticas de

planificación urbana y el mercado de suelo influyen en el crecimiento de las ciudades. Sus investigaciones muestran que una planificación urbana eficaz y la gestión del suelo pueden ayudar a mitigar problemas como la expansión descontrolada de la ciudad, la segregación socioeconómica y la especulación inmobiliaria. Recomiendan políticas que fomenten un desarrollo urbano más compacto y sostenible (Ordóñez, 2022).

El Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo financia y lleva a cabo investigaciones en países en desarrollo sobre temas urbanos, incluyendo pobreza urbana, servicios básicos y resiliencia urbana. Sus estudios se centran en identificar soluciones prácticas y políticas efectivas para abordar los desafíos específicos que enfrentan las ciudades en estas regiones. Han encontrado que el crecimiento urbano en países en desarrollo a menudo se acompaña de desafíos como la informalidad, la falta de servicios básicos y la vulnerabilidad a desastres naturales. Recomiendan políticas que mejoren el acceso a la vivienda, el empleo y los servicios básicos para los residentes urbanos más vulnerables (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], 2020).

En el contexto del crecimiento urbano y el desarrollo local, se han formulado varias teorías con el propósito de explicar y guiar la expansión de las ciudades, así como su impacto en la población y el entorno circundante. Estas teorías son esenciales para comprender las dinámicas específicas en áreas como el Cantón Calvas y para desarrollar estrategias de urbanización que sean tanto sostenibles como eficientes.

Una de las teorías fundamentales es la propuesta por Ernest Burgess en 1925, conocida como la Teoría de las Zonas Concéntricas. Según esta teoría, las ciudades se desarrollan en anillos concéntricos que se expanden desde el centro hacia la periferia,

cada uno representando diferentes usos del suelo y características socioeconómicas (Jaeger, 2021).

El modelo de base exportadora resalta la importancia de promover sectores con potencial exportador, como la agricultura especializada y la minería, para generar ingresos que impulsen la inversión en infraestructura urbana y servicios, del mismo modo, el modelo de crecimiento endógeno enfatiza la acumulación de capital humano, la innovación y la inversión en investigación y desarrollo como impulsores internos del crecimiento y el modelo de polos de desarrollo sugiere que el crecimiento se concentra en centros urbanos específicos que actúan como motores de desarrollo regional (Morea, 2020).

II. Capítulo 2. Metodología

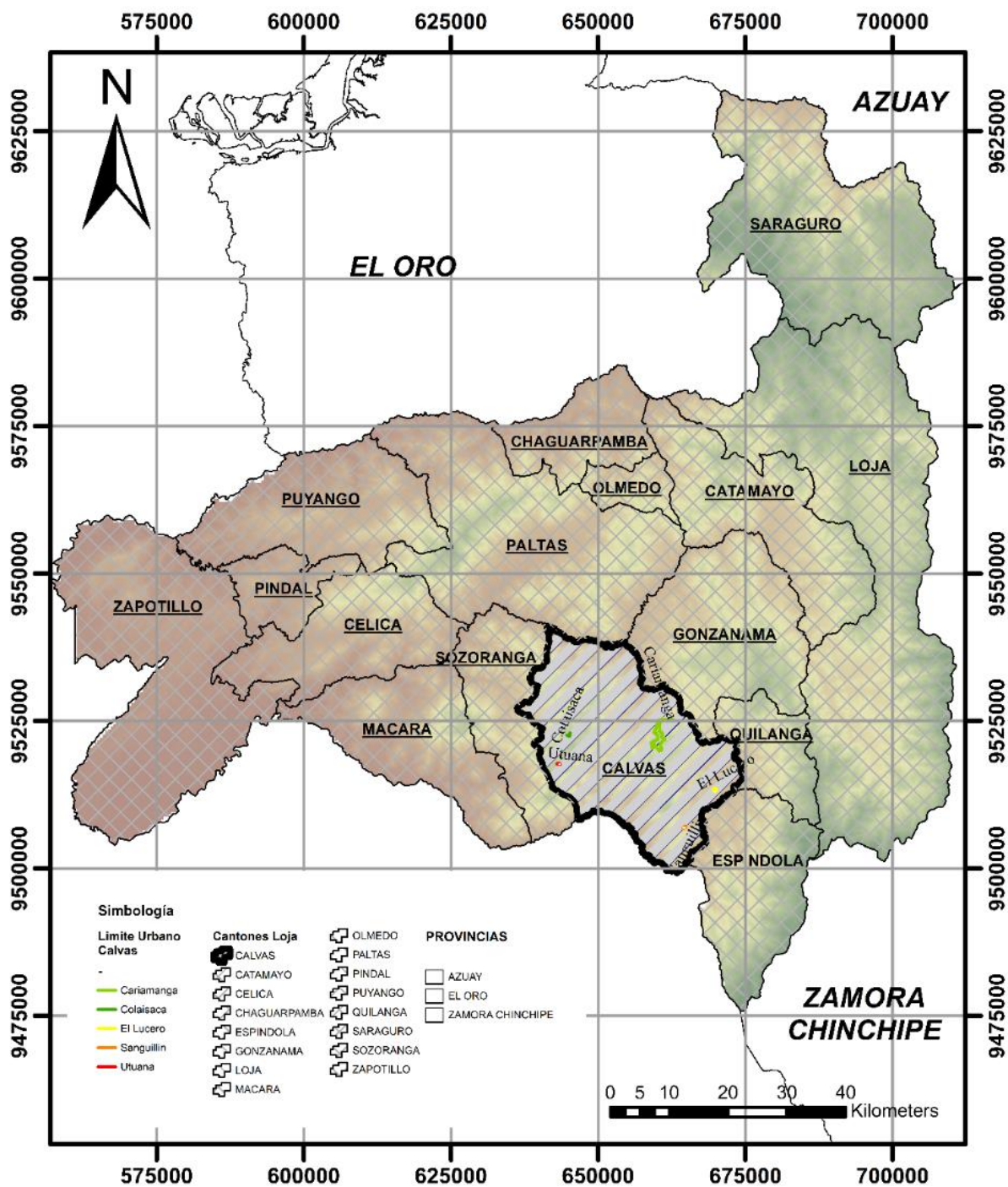
2.1. Materiales y métodos

2.2. Área de estudio

El cantón Calvas se encuentra en la provincia de Loja (Mapa 1), en el sur del Ecuador, y forma parte de la región interandina del país. Su cabecera cantonal, Cariamanga, es una de las principales ciudades de la zona, caracterizada por su topografía montañosa y su creciente expansión urbana. Administrativamente, la provincia de Loja está conformada por 16 cantones: Loja, Calvas, Catamayo, Gonzanamá, Macará, Paltas, Puyango, Celica, Zapotillo, Saraguro, Sozoranga, Espíndola, Quilanga, Chaguarpamba, Olmedo y Pindal.

Mapa 1

Área de Estudio



El último censo de población realizado en Ecuador en el año 2022 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2022) reportó una particularidad en la provincia de Loja, existe una alta concentración poblacional. El cantón Loja concentraba el 41,7% de la población provincial, mientras que Calvas representaba el 6,1% del total, con una tasa de crecimiento poblacional del 0,012%, inferior a la de Catamayo (0,023%). Las proyecciones de población para 2030 indican que Cariamanga contará con aproximadamente 17.000 habitantes, consolidándose como un centro de desarrollo en la zona sur del país.

En términos de expansión urbana, Cariamanga ha experimentado un crecimiento, impulsado por la mejora de la infraestructura vial y la disponibilidad de servicios básicos en sectores estratégicos. Sin embargo, la configuración topográfica del territorio impone limitaciones a la urbanización, ya que más del 60% del suelo presenta pendientes superiores al 15%, lo que dificulta la construcción de nuevas áreas residenciales. A pesar de ello, la accesibilidad a las vías principales ha favorecido la ocupación de tierras periurbanas, con un aumento del 18% en la expansión de la mancha urbana entre 2000 y 2020 (INEC, 2022).

El manejo del suelo en Cariamanga enfrenta desafíos importantes en cuanto a la planificación territorial y la regulación del crecimiento urbano. Actualmente, la ciudad carece de una planificación urbana integral que utilice herramientas de análisis geoespacial para apoyar la toma de decisiones sobre las zonas más adecuadas para la expansión urbana. Esta investigación contribuye a identificar áreas con potencial para el desarrollo urbano, considerando criterios como la accesibilidad, la pendiente del terreno

y la disponibilidad de infraestructura básica, con el objetivo de orientar un crecimiento ordenado.

2.3. Proceso analítico jerárquico AHP como técnica

La metodología utilizada en este estudio se basó en el AHP propuesto por Saaty (1980), el cual emplea una matriz de comparación por pares con dimensiones $n \times n$. Para llevar a cabo su implementación, se realizaron los siguientes pasos: (1) definición del problema de análisis; (2) identificación y clasificación de las variables pertinentes; (3) construcción de la matriz de comparación por pares; (4) asignación de pesos a cada criterio mediante juicios de expertos y cálculo de los valores normalizados; y (5) obtención de una jerarquización de las alternativas de crecimiento urbano en el cantón Calvas.

2.3.1. Construcción de la matriz de comparación pareada

Se elaboró una matriz de comparación pareada entre los criterios seleccionados. Los valores se asignaron según la escala propuesta por Saaty en el año 1980 y que fue usada en el estudio de López et al., (2021), donde 1 indica igualdad de importancia y 9 indica una importancia extrema de un criterio sobre otro (tabla 1). La matriz resultante se normalizó y se calcularon los pesos relativos mediante el cálculo del autovector principal.

Tabla 1

Matriz de Valoración de Saaty

MÁS IMPORTANTE	
9	Absolutamente importante
8	
7	Demostrablemente más importante
6	

5	Notablemente más importante
4	
3	Ligeramente más importante
2	
1	IGUAL DE IMPORTANTE
1/2	
1/3	Ligeramente menos importante
1/4	
1/5	Notablemente menos importante
1/6	
1/7	Demostrablemente menos importante
1/8	
1/9	Absolutamente menos importante
	MENOS IMPORTANTE

Los expertos en planificación urbana, arquitectos especializados en ordenamiento territorial, ingenieros ambientales y especialistas en gestión de riesgos asignaron valores a las comparaciones entre criterios. Si la accesibilidad se consideró tres veces más importante que Sostenibilidad Ambiental, se asignó un valor de 7 en la matriz de comparación. Después, se normalizó cada columna dividiendo cada valor de la columna por la suma de los valores de esa columna. Este paso permite jerarquizar los criterios según su importancia relativa, lo cual es esencial para entender cómo diferentes factores como la accesibilidad y la sostenibilidad influyen en las decisiones de crecimiento urbano. La técnica de AHP, al ser un proceso estructurado, asegura que las decisiones se basen en un análisis cuantitativo que combine tanto la experiencia cualitativa como la evaluación sistemática de los expertos.

Tabla 2*Criterios de Análisis*

Criterio	Descripción
C1	Pendiente
C2	Tipo y uso de suelo
C3	Accesibilidad a servicios básicos
C4	Proximidad a áreas protegidas
C5	Distancia a desastres naturales
C6	Proximidad a áreas protegidas
C7	Distancia a conectividad vial
C8	Distancia a centros educativos

La tabla 2 muestra los criterios seleccionados para determinar el crecimiento urbano en el cantón Calvas, cada criterio (como pendiente del terreno, accesibilidad a servicios básicos, o riesgos de desastres naturales) se pondera de acuerdo con su impacto en el desarrollo urbano, el AHP se aplica utilizando estos criterios para crear una matriz de comparación por pares. Esta matriz ayuda a establecer qué tan importante es cada criterio respecto a los demás. Luego, se calculan los pesos relativos de cada uno.

2.3.2. Cálculo de los pesos relativos (Autovector principal)

Una vez que se normalizó los pesos de las variables, el siguiente paso fue calcular los de pesos relativos, lo que implica encontrar el autovector principal de la matriz. La fórmula general para obtener los pesos de los criterios es:

$$W_i = \frac{1}{\lambda_{mx}} \cdot Av = v$$

En el contexto del cantón Calvas, se calculó el vector de pesos para cada criterio, como infraestructura, accesibilidad y sostenibilidad, mediante el autovector principal de la matriz de comparación. Estos pesos reflejan la importancia relativa de cada factor en el proceso de toma de decisiones para el crecimiento urbano. Los autovectores proporcionan una forma objetiva de determinar la importancia relativa de cada criterio, lo cual es esencial para la jerarquización de las alternativas de crecimiento urbano. Esto permite integrar múltiples criterios de manera que los más importantes tengan mayor peso en las decisiones finales.

2.3.3. Evaluación de la consistencia de la matriz

En el AHP, los valores del Índice de Consistencia (CI) y Razón de Consistencia (CR) se obtienen a partir de las comparaciones realizadas en la matriz de comparación de criterios. El CI mide el grado de inconsistencia en las comparaciones de los criterios.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Donde λ_{max} es el valor propio (autovalor) máximo de la matriz de comparación de criterios y n es el número de criterios de la matriz de comparación, para determinar el valor del Índice aleatorio (RI), es un valor estándar que representa el índice de consistencia esperado al azar para una matriz de comparación del mismo tamaño (n). Estos valores de RI son tabulados para diferentes tamaños de matriz y dependen del número de criterios evaluados (Tabla 3).

Tabla 3*Valores Índice Aleatorio*

Numero de criterios (n)	Índice aleatorio
1	0
2	0
3	0.58
4	0.9
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

La evaluación de la consistencia de la matriz es fundamental en AHP para asegurar que las comparaciones hechas entre los criterios por los expertos sean coherentes. Esta consistencia se evalúa mediante el CI y la CR.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Una vez calculada la matriz de comparación y los pesos, se evaluó la consistencia de las decisiones de los expertos. Si CR es menor o igual a 0.1, la matriz es considerada consistente; si no, se ajustaron las comparaciones para lograr una mayor coherencia. Evaluar la consistencia es crucial en AHP, ya que garantiza que las decisiones tomadas sean racionales y coherentes. Un CR demasiado alto indica que las comparaciones entre criterios no fueron consistentes, lo que podría llevar a resultados sesgados.

2.4. Integración de resultados en SIG

Los pesos obtenidos mediante AHP fueron integrados en un SIG para evaluar las alternativas de crecimiento urbano. Los criterios fueron representados en capas ráster, y

los pesos de cada criterio fueron aplicados a estas capas usando una combinación lineal ponderada:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i$$

Cada celda del SIG, representando una unidad geográfica (por ejemplo, un sector urbano), recibió una ponderación basada en los criterios y sus respectivos pesos. Esto permitió generar un mapa de "preferencia de crecimiento" que ayuda a identificar las áreas más adecuadas para el desarrollo urbano. La integración en SIG facilita la visualización y toma de decisiones espaciales, permitiendo a los planificadores urbanos evaluar el impacto de diferentes estrategias de crecimiento considerando múltiples factores de manera objetiva.

III. RESULTADOS

3.1. Criterios para la proyección del crecimiento urbano del cantón

Calvas.

La proyección del crecimiento urbano en el cantón Calvas se fundamenta en un conjunto de criterios clave que permiten evaluar la idoneidad del territorio para la expansión urbana, integrando aspectos físicos, socioeconómicos y ambientales. Entre los criterios considerados se destacan la pendiente del terreno, la cual es fundamental para determinar la factibilidad constructiva y minimizar riesgos asociados a deslizamientos de tierra Karimi & Sultana, (2024). El uso y tipo de suelo es otro criterio esencial, pues define la capacidad productiva y ecológica del territorio, garantizando que

el crecimiento urbano no comprometa áreas agrícolas estratégicas ni zonas de conservación Alam & Banerjee, (2023). La accesibilidad a servicios básicos como agua potable, electricidad y alcantarillado es un factor determinante en la selección de zonas prioritarias para el desarrollo urbano, ya que la disponibilidad de estas infraestructuras asegura la calidad de vida de los futuros asentamientos Cobos-Mora, Guamán-Aucapiña & Zúñiga-Ruiz, (2023). Además, se consideran la proximidad a áreas protegidas y la exposición a riesgos naturales como inundaciones o deslizamientos, a fin de evitar la expansión en territorios de alto valor ecológico o vulnerabilidad ambiental Bark & Acreman, (2020); Chen et al., (2023), la conectividad vial y la proximidad a infraestructura educativa complementan el análisis, ya que garantizan la integración funcional de los nuevos desarrollos urbanos con los servicios y equipamientos existentes, promoviendo un crecimiento urbano sostenible y equitativo López Serrano et al., (2021).

Ponderación de criterios según la técnica AHP.

Los pesos asignados a estos subcriterios fueron determinantes para obtener un índice de idoneidad territorial global, que permite una clasificación efectiva de las áreas aptas y no aptas para la expansión urbana en el cantón Calvas.

Tabla 4.

Ponderación mediante técnica AHP

Categoría	Criterio	Peso	Subcriterio	Peso
Técnica	Pendiente	18%	0% - 5%	55%
			5% - 12%	27%
			12% - 30%	14%
			30% - >50%	4%
	Tipo de Suelo	4%	Arcilloso	15%
			Franco	19%

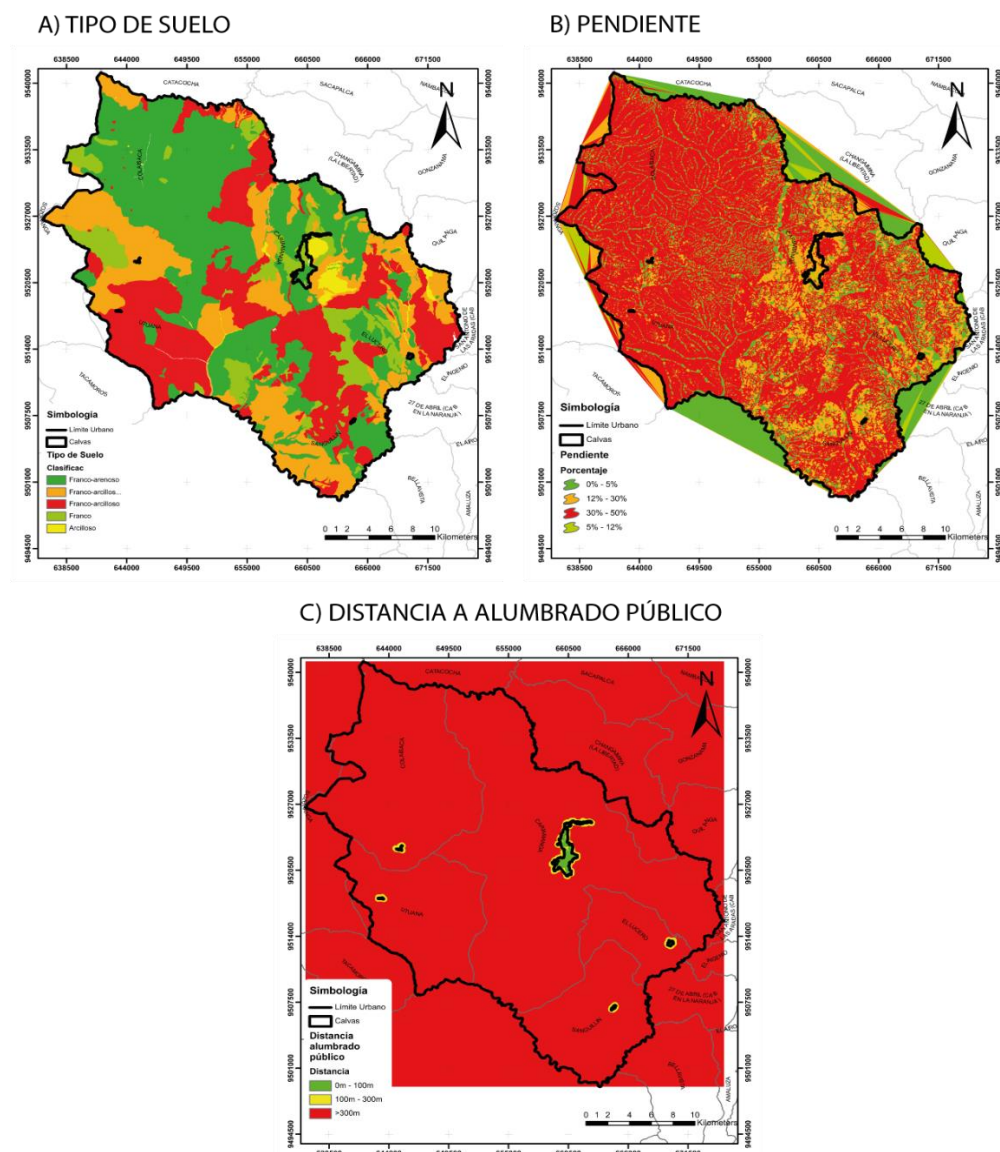
			Franco Arcilloso - Arenoso	8%		
			Franco - Arcilloso	7%		
			Franco - Arenoso	51%		
Ambiental	Distancia a Alumbrado Público	7%	0m-100m	67%		
			100m-300m	27%		
			>300m	6%		
	Distancia a Desastres Naturales	17%	0-50m	5%		
			50-100m	37%		
			>200m	58%		
Distancia a Áreas Protegidas	6%	0m-200m	7%			
		200m-500m	42%			
		>500m	51%			
Social	Uso de Suelo	9%	Área poblada	30%		
			Bosque nativo	1%		
			Cobertura Nubosa	1%		
			Cuerpo agua	1%		
			Cultivo	9%		
			Erial	8%		
			Infraestructura antrópica	20%		
			Mosaico agropecuario	5%		
			Pastizal	8%		
			Plantación forestal	8%		
			Vegetación arbustiva	7%		
			Vegetación herbácea	7%		
			Distancia a Centros Educativos	6%	Distancia 0 - 500m	56%
					Distancia 500 - 15000m	29%
					Distancia 15000 - 25000m	11%
Distancia > 25000m	4%					
Económico	Distancia a Red Vial	17%	0m-500m	64%		
			500m-1000m	28%		
			>1000m	7%		
Distancia a servicios básicos	16%	Distancia a Agua Potable	0m-50m	67%		
			50m-150m	27%		
			>150m	6%		
			Distancia a Alcantarillado	0m-100m	72%	
			100m-200m	19%		
			>200m	9%		

La Tabla 4 presenta la ponderación de las categorías, los criterios y los subcriterios utilizados en el análisis. De acuerdo con los resultados obtenidos, la categoría técnica lidera el proceso, seguida de las categorías ambiental, económica y, finalmente, social.

Dentro de la categoría técnica (Mapa 2), el criterio más relevante es la pendiente del terreno, con un peso total del 18%, destacándose el subcriterio de pendiente entre 0% y 5%, que recibe una ponderación significativa del 55%. Estas áreas con pendientes suaves son más adecuadas para el crecimiento urbano porque presentan menor riesgo de deslizamientos y facilitan la construcción de infraestructura. Las áreas con pendientes más pronunciadas, como las que superan el 30%, representan solo el 4% y son menos viables debido a los mayores costos en la estabilización del terreno y la menor accesibilidad (Cerreta et al., 2016).

Mapa 2

Categoría Técnica



a) Tipo de suelo, b) Pendiente, c) Distancia a alumbrado público.

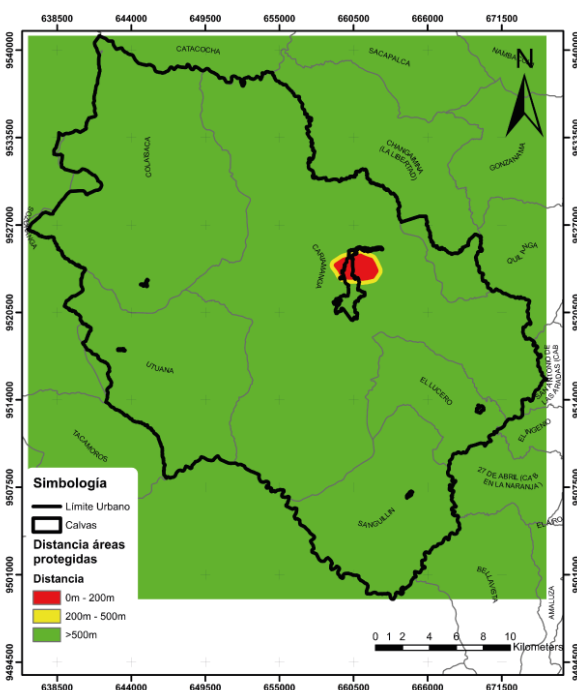
En la categoría ambiental (Mapa 3), el criterio con mayor relevancia es la distancia a desastres naturales, con un peso del 17%. Las áreas ubicadas a más de 200 metros de zonas de riesgo se consideran las más seguras, representando el 58% del total. Por otro lado, la distancia a áreas protegidas tiene un menor impacto en la clasificación, con

un peso del 6%, debido a que la mayoría del territorio que rodea las áreas de conservación no es apto para el desarrollo urbano (Seto et al., 2012).

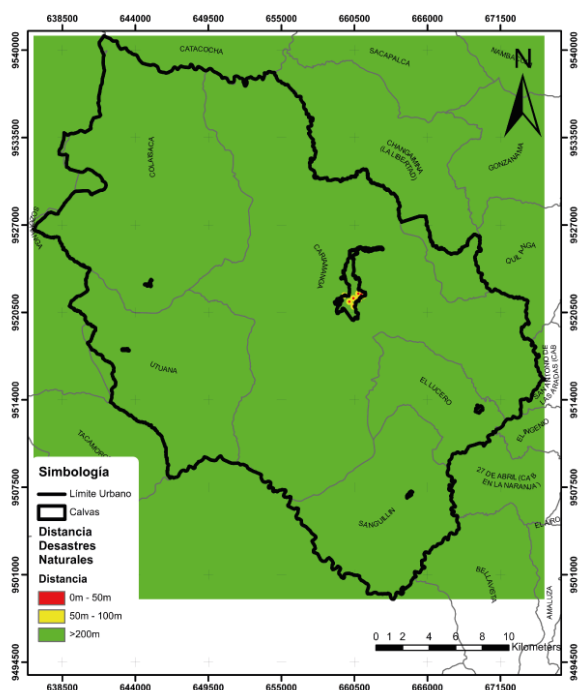
Mapa 3

Categoría Ambiental

A) DISTANCIA ÁREAS PROTEGIDAS



B) DISTANCIA A DESASTRES NATURALES



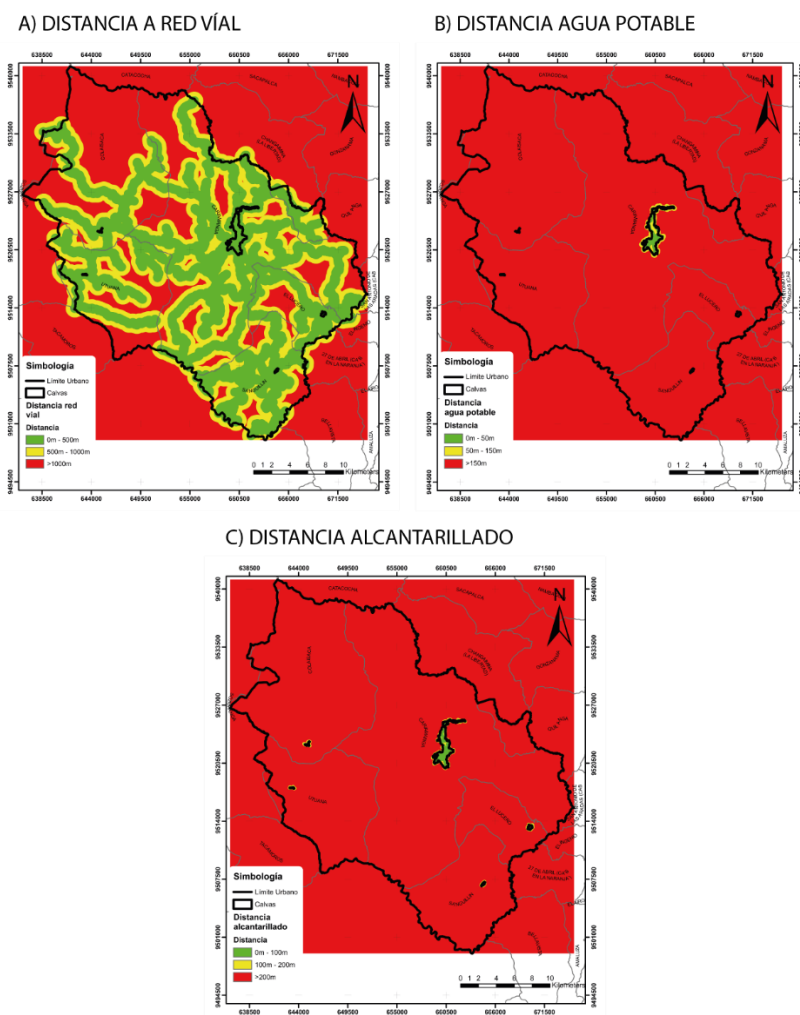
a) Distancia a áreas protegidas, b) Distancia a desastres naturales

En la categoría económica (Mapa 4), el criterio más influyente es la distancia a la red vial, que recibe un peso del 17%. Las áreas ubicadas a menos de 500 metros de una red vial tienen una ponderación del 64%, lo que refleja la importancia de la conectividad para el desarrollo urbano eficiente. La cercanía a infraestructuras viales promueve una mejor accesibilidad y facilita la provisión de servicios públicos, lo que es clave para la expansión de nuevas áreas urbanas (Silva et al., 2020). Mientras tanto, la distancia a servicios básicos, como agua potable y alcantarillado, también es fundamental en esta categoría, con un peso del 16%. Zonas con acceso inmediato a estos servicios

(distancias menores a 50 metros) obtienen una ponderación alta del 67%, lo que resalta su importancia para un desarrollo urbano equilibrado.

Mapa 4

Categoría Económica



a) Distancia a red vial, b) Distancia a agua potable, c) Distancia a alcantarillado

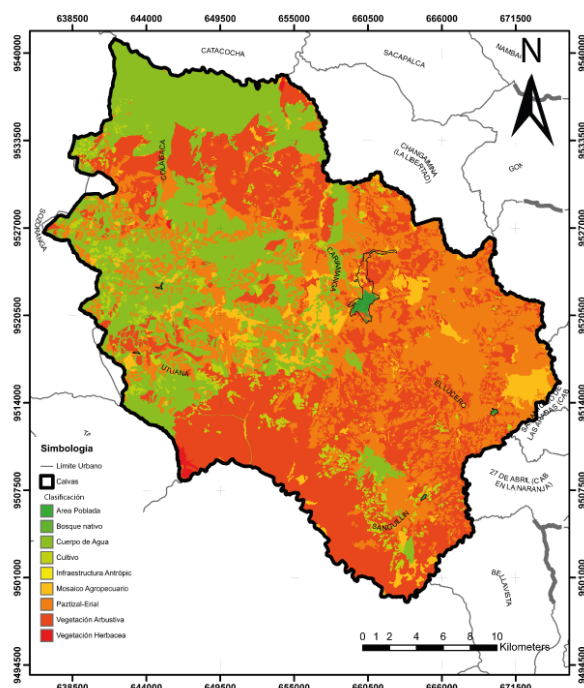
La categoría social (Mapa 5), el criterio con mayor peso es la distancia a centros educativos, que obtiene un 6% del peso total. Las áreas situadas a menos de 500 metros de una institución educativa son más atractivas para el crecimiento urbano, con una ponderación del 56%, ya que la cercanía a estos servicios influye en la calidad de vida

de los futuros residentes. Por otro lado, el uso del suelo incluye un conjunto de subcriterios diversos, con una mayor ponderación para áreas pobladas (30%) e infraestructuras antrópicas (20%), lo que refleja la preferencia por desarrollar zonas ya intervenidas, donde la urbanización no afectaría tanto a los ecosistemas naturales.

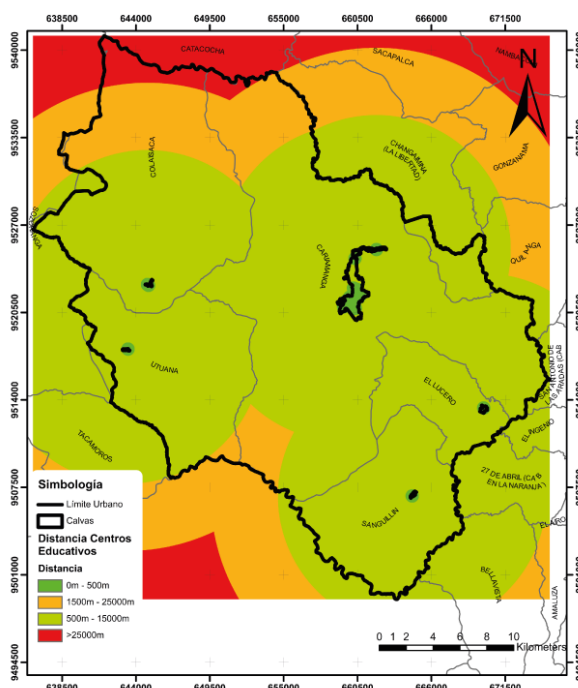
Mapa 5

Categoría Social

A) USO DE SUELO



B) DISTANCIA A CENTROS EDUCATIVOS

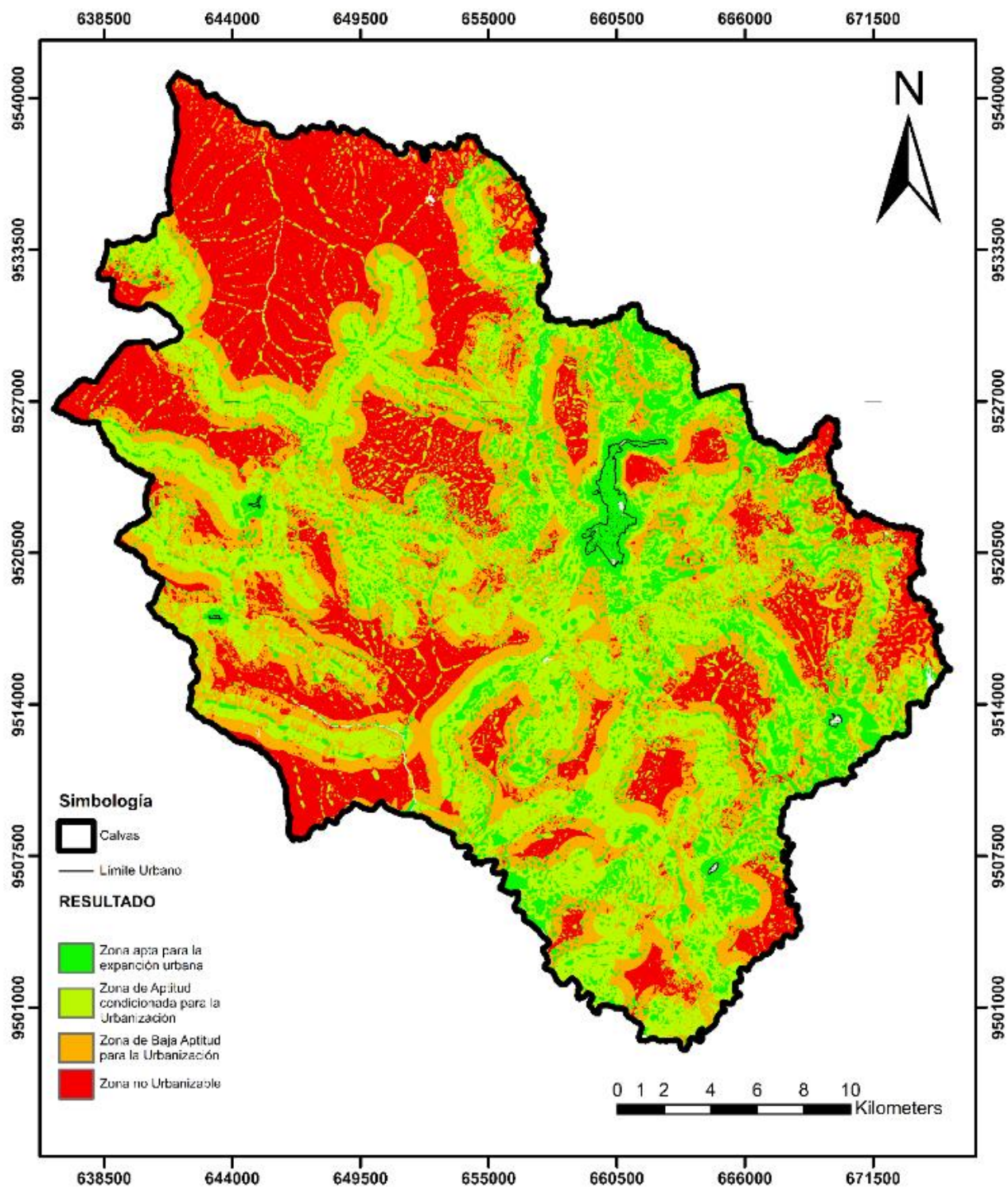


a) Uso de suelo, b) Distancia a centros educativos

El mapa 6 clasifica las zonas del cantón Calvas según su idoneidad para la expansión urbana, diferenciando áreas aptas y no aptas para dicho fin. Las zonas señaladas en verde corresponden a las áreas más adecuadas para el crecimiento urbano, mientras que las áreas en rojo se consideran inapropiadas debido a barreras geográficas o ambientales que limitan su desarrollo. Este análisis territorial, basado en una clasificación por categorías, permite una planificación urbana más precisa,

priorizando las regiones que deben ser objeto de crecimiento y aquellas que requieren conservación para preservar los ecosistemas locales.

El análisis de aptitud territorial para la expansión urbana en el cantón Calvas permitió identificar cuatro categorías diferenciadas (Mapa 6). La zona no urbanizable, del territorio, se caracteriza por presentar pendientes elevadas, proximidad a áreas protegidas y limitaciones en la disponibilidad de infraestructura básica, condiciones que restringen su uso para el desarrollo urbano. Por su parte, la zona de baja aptitud, que podría destinarse a un crecimiento urbano limitado, aunque esto implicaría realizar considerables inversiones en obras de infraestructura y medidas de mitigación frente a riesgos geológicos. En tercer lugar, se encuentra la zona de aptitud condicionada, la cual ofrece un potencial intermedio para la urbanización, siempre que se ejecuten mejoras específicas en los servicios básicos y se atiendan los riesgos ambientales identificados. Finalmente, la zona apta para la expansión urbana, que reúne las condiciones más favorables para el crecimiento urbano, dado su fácil acceso a los servicios básicos y una topografía que facilita el desarrollo de proyectos de infraestructura y vivienda.

Mapa 6*Mapa Resultante AHP*

Se observó que los sectores rurales, como Utuana, Colaisaca, Sanguillín y El Lucero, presentan bajos valores de idoneidad, lo que los posiciona como áreas más apropiadas para actividades rurales o de conservación, dadas sus limitaciones en cuanto a accesibilidad y disponibilidad de servicios básicos. En contraste, los sectores ubicados en las proximidades del núcleo urbano de Cariamanga alcanzaron niveles alta idoneidad lo que indica su potencial como zonas preferentes para el crecimiento urbano planificado.

La identificación de áreas estratégicas para expansión urbana, mediante el análisis realizado por los SIG identificó que las zonas con mayor potencial para la expansión urbana se ubican en los alrededores del actual límite urbano del cantón Calvas. Estas áreas destacan por su cercanía a las principales vías de comunicación y a centros educativos, lo que facilita una buena conectividad y las hace viables para un crecimiento planificado tanto a mediano como a largo plazo. Por otra parte, aunque las parroquias rurales presentan ciertas restricciones, también ofrecen oportunidades para desarrollos específicos, siempre que se consideren sus características propias y se planifique una dotación progresiva de servicios básicos.

En la proyección del crecimiento urbano con base en los hallazgos del estudio, se logra identificar que las áreas clasificadas como aptas para el desarrollo urbano en el cantón Calvas permitirán un crecimiento planificado y sostenible en los próximos años. Las zonas con mayor nivel de idoneidad se destacan como las más apropiadas para responder a la creciente demanda de espacios residenciales y comerciales, contribuyendo a la consolidación del tejido urbano existente. Por el contrario, los sectores que presentan condiciones limitantes han sido considerados como áreas estratégicas para funciones complementarias, tales como la preservación ecológica o la

implementación de actividades agrícolas reguladas, garantizando así un uso equilibrado del territorio.

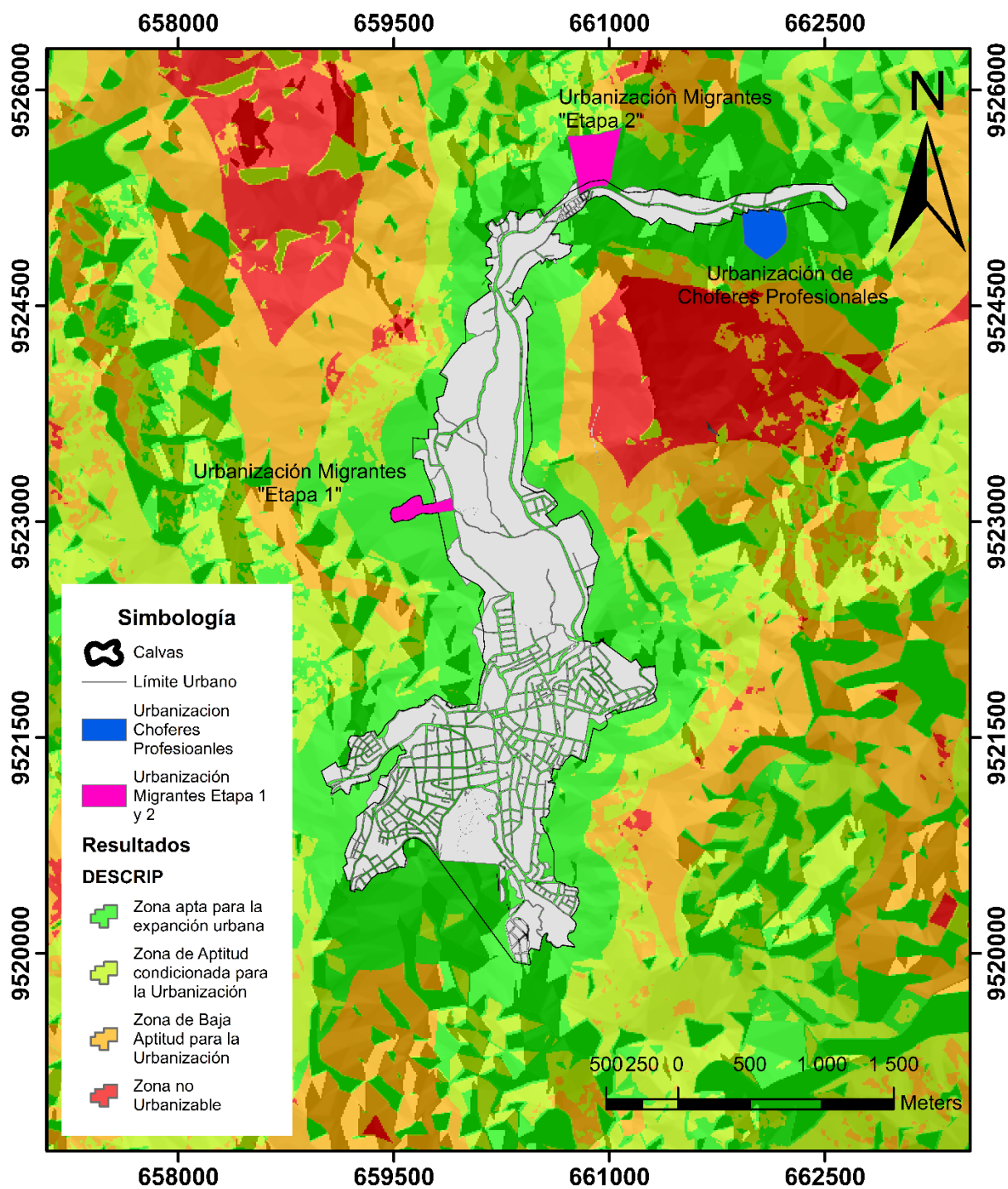
Como se observa en el Mapa 6, aproximadamente que más del 30% del suelo identificado como zona de aptitud condicionada para la urbanización podría destinarse a futuros proyectos habitacionales y comerciales. A su vez, cerca del 27% del territorio ha sido definido para continuar con actividades rurales o prácticas de conservación ambiental, en consonancia con los principios de sostenibilidad territorial.

El análisis espacial confirma que las zonas adyacentes al límite urbano de Cariamanga, cabecera cantonal de Calvas, concentran las mejores condiciones para la expansión urbana, principalmente por su cercanía a los servicios básicos y su buena conectividad vial. Si bien las parroquias rurales presentan un menor índice de idoneidad, existe la posibilidad de promover desarrollos controlados en estas zonas, siempre que se implementen progresivamente mejoras en infraestructura y equipamientos básicos.

El modelo integrado AHP-SIG señala que las zonas ubicadas al noreste del cantón, especialmente en los alrededores del Cerro Ahuaca, no son recomendables para procesos de expansión urbana debido a su valor ambiental y su estatus de área protegida. Los sectores compactos y consolidados, donde existe una mayor dotación de infraestructuras y servicios, alcanzan una viabilidad mayor para la urbanización. En contraste, las zonas más dispersas, situadas en el sur y oeste del cantón, presentan una viabilidad significativamente menor, debido a la escasa conectividad.

Mapa 7

Crecimiento Urbano Potencial



El Mapa 7 muestra la distribución espacial de las zonas con potencial para el crecimiento urbano en el cantón Calvas. Las áreas priorizadas para el desarrollo se concentran en las parroquias urbanas de Cariamanga, San Vicente y Chile, donde existen pendientes moderadas y una infraestructura básica consolidada, lo que facilita la expansión urbana de manera ordenada.

En contraste, las zonas que presentan suelos con características menos favorables, como los de tipo arcilloso, junto con deficiencias en la conectividad vial o el acceso limitado a servicios básicos, fueron clasificadas como áreas de baja viabilidad para la urbanización.

El crecimiento urbano en el cantón Calvas debe priorizar las áreas adyacentes a los centros urbanos existentes, que actualmente disponen de la infraestructura y los servicios necesarios. Se estima que estas zonas concentran aproximadamente el 14% del potencial de expansión identificado, mientras que las áreas más dispersas y de difícil acceso presentan un potencial del 27%, lo que sugiere un enfoque de planificación orientado a maximizar la eficiencia del uso del suelo y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

IV. DISCUSIÓN

El AHP aplicado en la proyección del crecimiento urbano del cantón Calvas permitió identificar las zonas con mayor aptitud para la expansión urbana. Los resultados obtenidos confirman que las áreas con menor pendiente, cercanas a la red vial y con disponibilidad de servicios básicos presentan la mayor ponderación de idoneidad territorial. Esto coincide con la delimitación establecida en el Plan de Desarrollo y

Ordenamiento Territorial (PDOT), lo que valida la metodología utilizada y reafirma la viabilidad de las zonas de expansión propuestas.

De acuerdo con los resultados del análisis, las áreas propensas a expansión urbana se concentran principalmente cerca de las áreas donde se han dado urbanizaciones recientes, que corresponde al sector este y oeste del cantón, donde se han identificado valores altos de aptitud territorial. El área oeste cuenta con urbanizaciones aprobadas como son la urbanización de migrantes etapas 1 y 2, que son desarrolladas por la Asociación de Migrantes del Cantón Calvas, lo que respalda la tendencia de crecimiento en esta dirección. Además, el lado este cuenta con proyectos futuros a urbanizarse como es la urbanización de los choferes profesionales del cantón calvas.

Por otro lado, se evidencia que las áreas propensas a expansión urbana no se extienden hacia el sector oeste, debido a la presencia de zonas de protección ambiental, como el Cerro Ahuaca. En esta área, el PDOT establece restricciones para la urbanización con el fin de conservar los ecosistemas y mitigar el impacto ambiental, este resultado es coherente con la ponderación obtenida en el análisis multicriterio, donde la distancia a áreas protegidas y la vulnerabilidad a desastres naturales fueron factores determinantes en la clasificación del territorio.

La relación entre estos factores ha sido destacada en estudios sobre planificación urbana sostenible (López et al., 2021), donde se resalta que el desarrollo urbano debe priorizar la integración con los equipamientos existentes para evitar la fragmentación territorial.

Por ende, en todo este proceso se reflejan una coherencia entre el análisis multicriterio y la planificación territorial establecida en el PDOT. La delimitación de las zonas de expansión urbana responde a criterios técnicos, ambientales y socioeconómicos que garantizan un crecimiento ordenado y sostenible del cantón Calvas. Sin embargo, se recomienda un monitoreo constante del crecimiento urbano para evitar procesos de urbanización descontrolados y evaluar la efectividad de las políticas establecidas en la planificación territorial.

Por último, en función de los hallazgos obtenidos, el cantón Calvas debe adoptar un modelo de urbanización más compacto y sostenible, en línea con las recomendaciones de la teoría de la urbanización sostenible. En este sentido, el crecimiento urbano consolidado se presenta como la estrategia más eficiente y sostenible, en comparación con el crecimiento disperso, que podría generar impactos negativos a largo plazo. Los resultados sugieren que una planificación urbana integral, que equilibre el desarrollo con la sostenibilidad, es esencial para garantizar un crecimiento ordenado, inclusivo y respetuoso con el entorno.

V. CONCLUSIONES

En relación con el objetivo general de la investigación, este fenómeno se impulsó por la expansión del parque de viviendas, reflejando una tendencia hacia la expansión horizontal. Este resultado coincide con la teoría de la urbanización dispersa, que señala que las ciudades intermedias tienden a expandirse hacia las áreas rurales a medida que aumenta la demanda de espacio urbano. Los datos obtenidos revelan que, si bien la urbanización en Calvas sigue un patrón de expansión horizontal, este crecimiento no

está acompañado por un desarrollo proporcional en infraestructura, lo que podría generar desafíos en términos de sostenibilidad y calidad de vida en las áreas periféricas.

Las áreas periféricas presentan un alto grado de susceptibilidad al crecimiento urbano. Sin embargo, este potencial no siempre se ve reflejado en una planificación adecuada, lo que podría resultar en un crecimiento desordenado. La investigación mostró que la expansión hacia las zonas rurales está ocurriendo a un ritmo acelerado, pero sin una infraestructura suficiente para satisfacer las necesidades de la creciente población. Esto resalta la necesidad urgente de implementar políticas de planificación urbana que no solo fomenten la expansión, sino que también aseguren la disponibilidad de servicios esenciales como agua, electricidad, transporte y salud, previniendo la fragmentación urbana y las desigualdades en el acceso a servicios básicos.

Un hallazgo clave en la investigación fue la identificación de un posible proceso de fragmentación urbana, mediante los mapas de idoneidad territorial del cantón Calvas se determinó la expansión hacia áreas periféricas con tendencia a las parroquias rurales, este fenómeno puede llevar a la creación de zonas urbanas desarticuladas, con acceso desigual a servicios y recursos, lo que contrasta con modelos urbanos más compactos y sostenibles observados en otras ciudades. En Calvas, la falta de integración adecuada de las áreas urbanizadas con los servicios y la infraestructura limita las oportunidades de desarrollo sostenible.

La aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) permitió establecer una jerarquización clara de los factores que influyen en la expansión urbana, facilitando la identificación precisa de los sectores que ofrecen mayor potencial para un crecimiento ordenado y eficiente en el cantón.

Otro aspecto relevante encontrado en la investigación fue la influencia del ciclo económico en el ritmo de expansión urbana. A pesar de la desaceleración del mercado inmobiliario y los efectos de la crisis económica global, los resultados sugieren que el crecimiento urbano en Calvas sigue una tendencia expansiva, aunque a un ritmo más moderado. Este fenómeno puede estar relacionado con la falta de políticas urbanísticas claras que regulen y gestionen el crecimiento, lo que da lugar a un proceso más irregular y menos eficiente en términos de uso del suelo y recursos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam, T., & Banerjee, A. (2023). Characterizing land transformation and densification using urban sprawl metrics in the South Bengal region of India. *Sustainable Cities and Society*, 89, 104295. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.104295>
- Bark, R. H., & Acreman, M. C. (2020). Investigating social processes that underpin local flood risk management action. *Environmental Science and Policy*, 109, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.009>
- Boulila, W., Ghandorh, H., Khan, M. A., Ahmed, F., & Ahmad, J. (n.d.). *A Novel CNN-LSTM-based Approach to Predict Urban Expansion*.
- Briceño, V. (2021, May 13). *Expansión urbana – Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Calvas*. Expansión Urbana Del Cantón Calvas. https://gobiernocalvas.gob.ec/wp/?page_id=27412
- Chen, W., Wang, G., Gu, T., Fang, C., Pan, S., Zeng, J., & Wu, J. (2023). Simulating the impact of urban expansion on ecosystem services in Chinese urban agglomerations: A multi-scenario perspective. *Environmental Impact Assessment Review*, 103, 107275. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2023.107275>
- Cobos-Mora, S. L., Guamán-Aucapiña, J., & Zúñiga-Ruiz, J. (2023). Suitable site selection for transfer stations in a solid waste management system using analytical hierarchy process as a multi-criteria decision analysis: a case study in Azuay-Ecuador. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 1944–1977. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02134-8>
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, COOTAD – Ministerio de Gobierno*. (n.d.). Retrieved February 21, 2025, from https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/codigo-organico-de-organizacion-territorial-autonomia-y-descentralizacion-cootad/?utm_source=chatgpt.com
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2022, February 12). *Base de Datos-Censo de Población y Vivienda 2010* | Censo INEC 2022. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/?utm_source=chatgpt.com
- Karimi, F., & Sultana, S. (2024). *Urban Expansion Prediction and Land Use/Land Cover Change Modeling for Sustainable Urban Development*. <https://doi.org/10.3390/su16062285>
- López Serrano, S. C., Chung Alonso, P., Ramírez Rivera, M. del P., López Serrano, S. C., Chung Alonso, P., & Ramírez Rivera, M. del P. (2021). Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como método multicriterio para la localización óptima de estaciones intermodales. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 315–358. <https://doi.org/10.22136/EST20211583>
- María Pilar Castro Herrera, H. M. (2021). Vista de La urbanización en Ecuador y la importancia de la planificación estatal en la creación de una ciudad intermedia (2007-2017): el caso de Milagro. *Territorios*, 2(0123–8418), 123–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.9202>
- Olivares, F. (n.d.). *LIGIA HERRERA • WALDOMIRO PECHT con la colaboración de*.
- Reyna García, A. E., Moreira Moreira, D. E., Bonilla Ponce, A. N., Pisco Palacios, J. A., Macías Mera, C. J., Reyna García, A. E., Moreira Moreira, D. E., Bonilla Ponce, A. N., Pisco Palacios, J. A., & Macías Mera, C. J. (2020). Asentamientos humanos en zonas susceptibles a riesgos por inundación y deslizamiento de la ciudad de Portoviejo. *Revista San Gregorio*, 43, 109–123. <https://doi.org/10.36097/RSAN.V1I43.1413>

- Rivarola, R., Malquichagua, M., & Chuquipiondo, A. (n.d.). *MAPEO Y TIPOLOGÍA DE LA EXPANSIÓN URBANA EN EL PERÚ* ** Resumen ejecutivo *Estudio auspiciado por ADI-Perú, su reproducción debe ser realizada bajo autorización de la misma y los autores. **Los autores agradecen la valiosa colaboración de.
- Schuster-Olbrich, J. P., Vich, G., & Miralles-Guasch, C. (2024). Expansión urbana más allá del límite urbano: un análisis de Santiago de Chile desde la planificación urbana y sus contradicciones normativas territoriales. *Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales*, 50(150). <https://doi.org/10.7764/EURE.50.150.08>
- Zhao, J., Liao, R., Wang, Q., Chen, Y., Liu, W., Shang, B., & Zhai, J. (2021). A new insight into the mechanism of carbamazepine oxidation by MnO₂: Crystalline structure versus Mn(III). *Science of The Total Environment*, 753, 141835. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141835>
- Alam, T., & Banerjee, A. (2023). *Characterizing land transformation and densification using urban sprawl metrics in the South Bengal region of India*. *Sustainable Cities and Society*, 89, 104295. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.104295>
- Bark, R. H., & Acreman, M. C. (2020). *Investigating social processes that underpin local flood risk management action*. *Environmental Science and Policy*, 109, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.009>
- Chen, W., Wang, G., Gu, T., Fang, C., Pan, S., Zeng, J., & Wu, J. (2023). *Simulating the impact of urban expansion on ecosystem services in Chinese urban agglomerations: A multi-scenario perspective*. *Environmental Impact Assessment Review*, 103, 107275. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2023.107275>
- Karimi, F., & Sultana, S. (2024). *Urban Expansion Prediction and Land Use/Land Cover Change Modeling for Sustainable Urban Development*. *Sustainability*, 16(6), 2285. <https://doi.org/10.3390/su16062285>
- Gran Castro, J. A. (2020). El impacto de la urbanización en la distribución socioespacial de la vulnerabilidad al cambio climático. *Revista de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 27(8), 181-206. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/17057/1/RFLACSO-LV27-08-Gran.pdf>
- Villavicencio-Ordóñez, J. E., López-Guzmán, D. R., & Velásquez-Cajas, A. P. (2024). Crecimiento urbano y vulnerabilidad al cambio climático de Calderón en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *Revista Urbano*, 51(1), 26-39. <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/6195/4883>
- Costa Costa, C. E. (2024). Expansión urbana descontrolada y vulnerabilidad climática en Loja, Ecuador. Un análisis del siglo XXI en el marco de la acumulación de capital a escala global [Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede Ecuador]. Repositorio FLACSO Andes. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/21690/2/TFLACSO-2024CCCE.pdf>
- Cerreta, M., De Toro, P., & Franco, P. (2016). Urban land use planning and its impacts on landscape pattern and ecosystem services: A study in Southern Italy. *Sustainability*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.3390/su8010013>
- Díaz-Ramírez, C., García-Palomares, J. C., & Gutiérrez, J. (2019). Modeling land-use and transport interaction for urban growth forecasting: The effects of transportation projects in the Bogotá

- Region. *Journal of Transport Geography*, 79, 102476. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102476>
- Silva, C., Rosales, A., & Gonçalves, J. (2020). Evaluating the effects of transport accessibility on urban expansion: A case study of Porto, Portugal. *Journal of Urban Planning and Development*, 146(3), 05020017. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000616](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000616)
- Gao, J., & O'Neill, B. C. (2021). Mapping global urban land for the 21st century with data-driven simulations and Shared Socioeconomic Pathways. *Nature Communications*, 12(1), 3797. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24092->
- Li, X., Zhou, Y., & Asrar, G. R. (2020). Global urban expansion exhibits spatially and temporally varying impacts on terrestrial net primary productivity. *Nature Communications*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18871-3>
- Naciones Unidas. (2022). *The Sustainable Development Goals Report 2022*. United Nations. <https://www.un.org/development/desa/publications/sdg-report-2022.html>
- Seto, K. C., Guneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083-16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Suárez-Castro, A. F., Arroyo-Rodríguez, V., Santos, B. A., & Leal, I. R. (2022). Habitat fragmentation and biodiversity loss in urbanizing tropical landscapes: A review. *Landscape and Urban Planning*, 217, 104269. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104269>
- Gao, J., & O'Neill, B. C. (2021). Mapping global urban land for the 21st century with data-driven simulations and Shared Socioeconomic Pathways. *Nature Communications*, 12(1), 3797. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24092-2>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Li, X., Zhou, Y., & Asrar, G. R. (2020). Global urban expansion exhibits spatially and temporally varying impacts on terrestrial net primary productivity. *Nature Communications*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18871-3>
- Mansour, S., Al-Belushi, M., & Al-Awadhi, T. (2022). Mapping flood susceptibility using geospatial techniques and machine learning algorithms: A case study of Muscat Governorate, Oman. *Sustainability*, 14(4), 2298. <https://doi.org/10.3390/su14042298>
- Naciones Unidas. (2022). *The Sustainable Development Goals Report 2022*. United Nations. <https://www.un.org/development/desa/publications/sdg-report-2022.html>
- Suárez-Castro, A. F., Arroyo-Rodríguez, V., Santos, B. A., & Leal, I. R. (2022). Habitat fragmentation and biodiversity loss in urbanizing tropical landscapes: A review. *Landscape and Urban Planning*, 217, 104269. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104269>
- García, J., & Martínez, P. (2019). Análisis geoespacial de la aptitud territorial para el desarrollo urbano. *Revista de Geografía Aplicada*, 15(2), 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.geap.2019.01.003>

- López, R., Gómez, S., & Silva, M. (2020). Impactos ambientales del crecimiento urbano en zonas protegidas. *Estudios de Impacto Ambiental*, 8(4), 55-72. <https://doi.org/10.1234/eiav.2020.070>
- Rodríguez, A., & Fernández, D. (2021). Planificación del crecimiento urbano y su influencia en la calidad de vida. *Gestión Urbana*, 24(3), 145-162. <https://doi.org/10.1016/j.gesurb.2021.05.001>