



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE ZUMBA Y SU EFECTO SOBRE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PERÍODO 2010 – 2020

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrícola

AUTORA:

María Janeth Urrego Jiménez

DIRECTOR:

Ing. Aníbal González González. Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 22 de marzo de 2022

Mg.Sc Aníbal Eduardo González González

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE ZUMBA Y SU EFECTO SOBRE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PERÍODO 2010 – 2020**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrícola**, de la autoría de la estudiante **María Janeth Urrego Jiménez**, con **cédula de identidad Nro. 1900865179**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

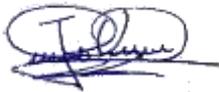


Mg. Sc. Aníbal Eduardo González González
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **María Janeth Urrego Jiménez**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1900865179

Fecha: 06 de junio de 2023

Correo electrónico: maria.urrego@unl.edu.ec

Teléfono celular: 0990272015

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

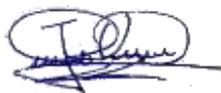
Yo, **María Janeth Urrego Jiménez**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE ZUMBA Y SU EFECTO SOBRE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PERÍODO 2010 – 2020**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de junio de dos mil veintitrés.

Firma:



Autora: María Janeth Urrego Jiménez

Cédula: 1900865179

Dirección: La Tebaida, Loja- Ecuador

Correo electrónico: maria.urrego@unl.edu.ec

Teléfono: 0990272015

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Aníbal Eduardo González González Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico mi Trabajo de Titulación principalmente a Dios, por darme la fuerza y sabiduría necesaria para culminar esta meta. A mis padres, por todo su amor, motivación, trabajo y sacrificio en todos estos años por acompañarme en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional, permitiéndome llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mis hermanos(as), a mi ángel guardián mi hermano (+), amigos(as), por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. Y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra manera me acompañan en todos mis sueños y metas.

María Janeth Urrego Jiménez

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y la de mi familia.

A mis padres: Alfredo Urrego y Nora Jiménez que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis sueños y metas.

A mis hermanos (as) por siempre apoyarme de una u otra manera a pesar de la distancia.

Al Ing. Aníbal González, tutor de mi Trabajo de Titulación que siempre estuvo apoyándome, gracias por su guía y todos sus consejos, los llevare grabado para siempre en la memoria en mi futura profesión.

A los Ingenieros José Merino y Fabian Sotomayor, por su paciencia y orientación, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr a esta instancia tan anhelada.

A todos mis docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Loja, les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí culminando mis estudios de tercer nivel.

María Janeth Urrego Jiménez

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Crecimiento urbano en Latinoamérica, Ecuador y Zumba	6
4.2. Efectos negativos del crecimiento urbano sobre los recursos naturales.....	7
4.3. Impactos del crecimiento urbano sobre cambios en la cobertura y uso de suelo.....	8
4.4. Los Sistemas de Información Geográfica aplicados al análisis del cambio y uso del suelo.....	8
4.4.1. QGIS.....	9
4.4.2. ArcGIS	9
4.5. Teledetección	9
4.5.1. Fotointerpretación	10
4.5.2. Análisis Multitemporal.....	10
4.6. Identificación, Descripción y Evaluación de impactos ambientales generados por el crecimiento urbano	11
4.6.1. Matriz de Valoración Causa – Efecto	11
4.6.2. Identificación de Impactos	12
4.6.3. Criterios de Evaluación de las Influencias Ambientales	12
4.6.4. Componentes ambientales.....	13
4.6.5. Valoración de Impactos Ambientales	14
4.6.6. Estudio del crecimiento urbano de la ciudad de Loja	14
5. Metodología	15

5.1.	Área de estudio.....	15
5.2.	Metodología para el primer objetivo.....	17
5.2.1.	Analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba, mediante un análisis multitemporal a través de la interpretación de fotografías aéreas y recorridos de campo en el período 2010 - 2020	17
5.3.	Metodología para el segundo objetivo	18
5.3.1.	Medición del efecto del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba sobre el suelo, los recursos hídricos y la cobertura vegetal.....	18
5.4.	Metodología para el tercer objetivo	19
5.4.1.	Propuesta preliminar orientada al crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba	19
6.	Resultados.....	22
6.1.	Resultados para el objetivo 1	22
6.1.1.	Analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba, mediante un análisis multitemporal a través de la interpretación de fotografías aéreas y recorridos de campo en el período 2010-2020.....	22
6.2.	Resultados para el objetivo 2	34
6.2.1.	Medición del efecto del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba sobre el suelo, los recursos hídricos y la cobertura vegetal.....	34
6.3.	Resultados para el objetivo 3	43
6.3.1.	Propuesta preliminar orientada al crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba	43
7.	Discusión.....	51
8.	Conclusiones.....	54
9.	Recomendaciones.....	55
10.	Bibliografía.....	56
11.	Anexos	65

Índice de tablas

Tabla 1.	Criterios de evaluación de las influencias ambientales	12
Tabla 2.	Rangos de valoración para calificar los impactos ambientales por el método RIAM en base a la matriz Causa – Efecto	14
Tabla 3.	Clases agrológicas	20
Tabla 4.	Análisis del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba	24
Tabla 5.	Cambios porcentuales de las clases de coberturas del suelo de la microcuenca Zumbayacu durante los años 2010 y 2020	29
Tabla 6.	Dinámica de cambios de cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2010 al 2020	32
Tabla 7.	Porcentajes de cambio del uso de suelo del área urbana de la ciudad de Zumba en relación a la microcuenca Zumbayacu	34
Tabla 8.	Matriz de identificación y descripción de la influencia ambiental del componente cobertura vegetal de la ciudad de Zumba	36
Tabla 9.	Matriz de identificación y descripción del impacto ambiental del componente suelo de la ciudad de Zumba.....	38
Tabla 10.	Matriz de identificación y descripción de la influencia ambiental del componente recurso hídrico de la ciudad de Zumba.....	40
Tabla 11.	Matriz de valoración ambiental de los componentes suelo, recurso hídrico y cobertura vegetal.....	42
Tabla 12.	Número de hectáreas ocupadas en las áreas de estudio en relación a la microcuenca	43
Tabla 13.	Porcentaje de las clases agrológicas de la microcuenca Zumbayacu.....	44
Tabla 14.	Porcentaje de las clases agrológicas del área peri-urbana de la ciudad de Zumba .	45
Tabla 15.	Porcentaje de las clases agrológicas del área urbana de la ciudad de Zumba	45
Tabla 16.	Superficies agrológicas más afectadas de la microcuenca Zumbayacu	46

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de ubicación del área de estudio	16
Figura 2. Tratamiento de la fotografía aérea del área urbana de la ciudad de Zumba 2020	23
Figura 3. Área urbana consolidada de la ciudad de Zumba del año 2010	25
Figura 4. Área urbana consolidada de la ciudad de Zumba del año 2020	26
Figura 5. Dinámica de crecimiento urbano de la ciudad de Zumba en el período 2010 – 2020.	27
Figura 6. Crecimiento peri-urbano de la ciudad de Zumba del período 2010 -2020	28
Figura 7. Cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2010	30
Figura 8. Cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2020	31
Figura 9. Dinámica de cambios de cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2010 al 2020	33
Figura 10. Clases agrológicas intervenidas por el área urbana de la ciudad de Zumba del año 2020	47
Figura 11. Zonas de crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba en base a las clases agrologicas	49

Índice de anexos

Anexo 1. Pendientes de la microcuenca Zumbayacu.....	65
Anexo 2. Pendientes del área urbana de la ciudad de Zumba.....	65
Anexo 3. Crecimiento de la ciudad.....	66
Anexo 4. Construcción de vías (impacto del suelo).....	66
Anexo 5. Viviendas cerca del cauce (impacto hídrico)	67
Anexo 6. Viviendas sobre la cobertura vegetal (impacto de la cobertura vegetal).....	67
Anexo 7. Recursos hídricos en el área urbana	68
Anexo 8. Visita directa a zonas de estudio de la ciudad de Zumba	68
Anexo 9. Certificado de traducción de español al idioma ingles.....	69

1. Título

**ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE ZUMBA Y SU EFECTO
SOBRE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PERÍODO 2010 – 2020**

2. Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba y su influencia en los recursos naturales, específicamente suelo, agua y cobertura vegetal. La ciudad ha experimentado un crecimiento no planificado que ha llevado a la pérdida y alteración de los recursos naturales, principalmente debido a actividades antrópicas como la agricultura y ganadería. Se utilizó Sistemas de Información Geográfica (SIG) de código abierto para determinar el crecimiento urbano mediante un análisis multitemporal y cambio de cobertura del suelo entre los años 2010 y 2020 en la microcuenca Zumbayacu. Además, se aplicó una matriz causa-efecto para medir la influencia del crecimiento urbano en los recursos naturales y presentar una propuesta orientada al crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba. Los resultados del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba aumentaron en 7,20 ha durante el periodo analizado. En este período la superficie de la cobertura de la microcuenca Zumbayacu ha disminuido, el 16,11 % para bosque nativo, 4,90 % cultivos y el 13,59 % de vegetación arbustiva. Según la matriz causa-efecto aplicada, la cobertura vegetal fue el recurso más afectado con un impacto del 19,97%, mientras que el área peri-urbana tuvo la mayor influencia negativa con un 19,28% del total de las zonas de estudio. La propuesta orientada al crecimiento ordenado de la ciudad, es una importante herramienta para contrarrestar los cambios producidos dentro del área de estudio, por lo que se muestran mapas de clases agrológicas como un instrumento de apoyo para su posible aplicación.

Palabras clave: *Planificación urbana - Análisis multitemporal - Cambios de cobertura - Crecimiento urbano*

2.1. Abstract

The objective of the research was to evaluate the urban growth of the city of Zumba and its influence on natural resources, specifically soil, water, and vegetation cover. The city has experienced unplanned growth that has led to the loss and alteration of natural resources, mainly due to anthropogenic activities such as agriculture and cattle ranching. Open source Geographic Information Systems (GIS) was used to determine urban growth through a multitemporal analysis and land cover change between the years 2010 and 2020 in the Zumbayacu micro-watershed. In addition, a cause-effect matrix was applied to measure the influence of urban growth on natural resources and to present a proposal aimed at the orderly growth of the city of Zumba. The results of urban growth in the city of Zumba increased by 7.20 ha during the period analyzed. In this period, the surface area of the Zumbayacu micro-watershed cover has decreased, 16.11 % for native forest, 4.90 % crops and 13.59 % shrub vegetation. According to the cause-effect matrix applied, vegetation cover was the most affected resource with an impact of 19.97%, while the peri-urban area had the greatest negative influence with 19.28% of the total study areas. The proposal oriented to the orderly growth of the city is an important tool to counteract the changes produced within the study area; therefore, agrological class maps are shown as a support tool for its possible application.

Keywords: Urban planning - Multi-temporal analysis - Coverage changes - Urban growth

3. Introducción

La naturaleza provee una gran cantidad de recursos y servicios que son necesarios para la vida humana. Es por esto que es fundamental tener un uso sostenible de los recursos naturales, ya que esto previene la degradación de los bosques, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ecosistemas, proteger el medio ambiente es crucial para asegurar la continuidad de los recursos naturales y garantizar un futuro sostenible para la humanidad como lo indica (Jiménez, 2019). Los recursos naturales se hallan bajo una gran presión, debido a la urbanización que induce una transformación radical de la cobertura y uso del suelo y constituye el proceso que mayores cambios ocasiona al medio ambiente (Merlotto et al., 2012).

Según un estudio realizado por Martellozzo et al., (2018), el crecimiento urbano es un fenómeno reciente a nivel global que ha estado ocurriendo a una tasa acelerada desde 2008, con el 90% del crecimiento urbano ocurriendo en varios países en desarrollo, lo que se traduce en alrededor de 70 millones de nuevos habitantes en las ciudades cada año debido al rápido crecimiento de la población y la economía. Como resultado, la demanda urbana está generando importantes amenazas ambientales y socioeconómicas, lo que contribuye a la pérdida de recursos naturales en varias partes del mundo en el siglo XXI.

En Ecuador desde el 2008 se desarrolla el primer sistema nacional de planificación, sin embargo muchos municipios realizan o elaboran los planes de desarrollo y ordenamiento territorial para cumplir con el mandato mas no tienen la intención de aplicarlos o gestionarlos y de esta manera las municipalidades no cumplen con la planificación territorial orientada al desarrollo integral de la ciudades en el área urbana (López, 2015), lo que ha incitado a problemas físicos, económicos, sociales y medio ambientales (Nwokoro y Dekolo, 2012).

De acuerdo al Censo realizado en el 2010, Ecuador cuenta con una población total de 14'483.499 habitantes, el 62,7 % de los ecuatorianos viven en ciudades y crecerá en el 2020 el 64 % según proyecciones del INEC (2010), se puede notar la rapidez con que la población urbana aumenta antes que la población rural como menciona el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2015). Para el año 2030 conforme la Dirección de Planificación Seguimiento y Evaluación (2019) la población será 19'814.767 habitantes y de acuerdo a **Carrillo (2010)** menciona que en el 2030 el 74,2 % de la población habitará en áreas urbana (p.18).

El desarrollo urbano de la ciudad de Zumba en Ecuador, al igual que otras ciudades del país, no ha seguido criterios técnicos de planificación. Sin embargo, la necesidad de mejorar las

condiciones de vida de su población ha generado la construcción de infraestructuras y espacios urbanos. Según el censo nacional de población INEC del 2010, la ciudad de Zumba tiene una población de 9 119 habitantes, de los cuales 3 163 residen en la zona urbana. Se espera que la población del Cantón de Chinchipe, al que pertenece Zumba, alcance los 10 951 habitantes para el año 2025, según el (Municipio de Chinchipe, 2011).

Medina (2020) señala que el proceso de urbanización de las áreas verdes cercanas a las ciudades está produciendo un cambio importante en la ecología del paisaje.

El cantón Chinchipe cuenta con un 2,49% de su territorio compuesto por suelos de clase IV aptos para actividades agrícolas. Sin embargo, la ciudad de Zumba se encuentra ubicada en esta zona de producción. Actualmente, la ciudad de Zumba tiene una alta concentración poblacional, representando el 75% del área total del cantón, Municipio de Chinchipe (2020). La presente investigación está encaminada a abordar la problemática del crecimiento urbano sobre los recursos naturales (suelo, recursos hídricos y cobertura vegetal). Para abordar esta problemática, se llevó a cabo una investigación que tiene como objetivo analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba y sus impactos ambientales. Para ello, se utilizó sistemas de información geográfica para valorar los impactos ambientales utilizando matrices de valoración causa-efecto y proponer una solución preliminar para el crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba en base a las clases agrológicas.

Objetivo general

- Valorar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba y su influencia sobre los recursos naturales suelo, agua y cobertura vegetal en el período 2010 – 2020.

Objetivos específicos

- Analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba, mediante un análisis multitemporal a través de la interpretación de fotografías aéreas y recorridos de campo en el período 2010 - 2020.
- Medir el efecto del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba sobre el suelo, los recursos hídricos y la cobertura vegetal en el período 2010 - 2020.
- Establecer una propuesta preliminar orientada al crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba.

4. Marco teórico

La presente investigación se enfoca en como el crecimiento desordenado de la ciudad de Zumba está afectando a los recursos naturales. Para lo cual se basó en el manejo de los sistemas de información geográfica, que es el complemento fundamental para analizar estos procesos de forma precisa, con la finalidad de evaluar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba y el cambio de cobertura y uso de suelo y, su afectación a los recursos naturales.

4.1. Crecimiento urbano en Latinoamérica, Ecuador y Zumba

El crecimiento urbano se está produciendo a un ritmo acelerado. En la actualidad, el 54% de la población mundial vive en zonas urbanas y la ONU estima que el porcentaje incrementará al 66% para el año 2050 (Iizuka et al., 2017).

Según el Fondo de la Población de las Naciones Unidas (2004) para el 2030 la mayor parte del crecimiento de la población mundial ocurrirá en las ciudades de los países en desarrollo, a esta escala todo el crecimiento demográfico ocurrirá casi en su totalidad en Asia y África.

Las áreas urbanas en América Latina se han ampliado generalmente sobre suelos naturales, en consecuencia, la expansión urbana genera importantes amenazas ambientales, dado que estos fenómenos contemporáneos contribuyen al cambio climático en este siglo XXI. Dicho crecimiento territorial y socioeconómico que induce una transformación radical de la cobertura y del uso del suelo ha dado como resultado la pérdida de suelos destinados para la conservación y áreas de vegetación como pastos, bosques, arbustos y áreas agrícolas (Martellozzo et al., 2018).

El proceso de urbanización en el Ecuador cada vez avanza de una forma acelerada, se proyecta que para el 2030 el 74,2% de la población ocupará áreas urbanas de forma no planificada en cuanto a criterios de ordenamiento territorial y regulación urbana se refiere, pero la necesidad de la población de mejorar el nivel de vida hace necesaria la construcción y expansión urbana, de tal forma que se está afectando de forma directa a los recursos naturales circundantes (Carrillo, 2010).

De acuerdo al censo de población y Vivienda del 2010, la población del cantón Chinchipe es de 9.119 habitantes de los cuales 3.163 viven en el área urbana de Zumba, siendo 1.691 hombres y 1.472 mujeres, se proyecta que para el año 2025 existan 10951 habitantes en el cantón es decir habrá un incremento de 1832 habitantes aproximadamente (Municipio de Chinchipe, 2015).

En comparación con los resultados del Censo Poblacional del 2001, ha crecido tanto provincial como cantonal a una tasa anual del 1%. Se puede decir que la población del cantón existe

una migración interna rural-urbana, se da esta conducta ya que en Zumba se concentra la actividad económica y comercial, permitiéndoles tener servicios básicos, trabajo y una mejor infraestructura educativa (Municipio de Chinchipe, 2011).

4.2. Efectos negativos del crecimiento urbano sobre los recursos naturales

Desde el desarrollo de las grandes civilizaciones, el hombre se ha asentado preferentemente en áreas fluviales y costeras debido a la gran disponibilidad de recursos naturales y, por lo tanto, del aprovechamiento económico que podía efectuarse en las mismas. El acelerado crecimiento urbano de las ciudades es un fenómeno en todo el mundo que impulsa principalmente la expansión desorganizada, convirtiéndose en el sistema dinámico más afectado tanto en escalas espaciales como temporales y está sujeto a influencias externas que están en constante evolución debido a los cambios en la política y economía (Hegazy & Kaloop, 2015).

Dicho aumento de la población ha obligado a las urbes a satisfacer las necesidades (suelo, agua y vegetación) en consecuencia pueden perturbar radicalmente al entorno natural en áreas con altas tasas de aglomeración urbana (Iizuka et al., 2017). Uno de los problemas más importantes son los cambios inducidos por el hombre en la superficie terrestre, como lo es en la influencia del ciclo global del carbono y contribuyen al incremento del CO atmosférico, en consecuencia, es importante analizar los cambios en la cobertura y uso del suelo, con el fin de que se pueda comprender su efecto sobre el ecosistema y se pueda manifestar una planificación sostenible del uso del suelo (Hegazy & Kaloop, 2015).

El efecto de la urbanización junto con los cambios en la cobertura del suelo puede alterar profundamente en los balances hídricos de captación e impactar negativamente las aguas, debido a la introducción de superficies impermeables, la supresión de la cobertura y el cambio en el sistema de drenaje llevan a mayores tasas y volúmenes de escorrentía directa produciendo inundaciones (Barron et al., 2013). El principal elemento antrópico que perturba la calidad del agua en los caudales urbanos es el uso de los suelos (Ramos et al., 2014).

Por otra parte, el crecimiento urbano amenaza seriamente la biodiversidad a nivel global, los impactos de la expansión urbana se consideran especialmente dañinos en lugares de alto valor de conservación por las especies y hábitats que residen (Concepción, 2022).

El impacto ambiental cuando se urbaniza un área determinada que puede ser rural o agrícola perdura durante siglos o en muchos de los casos no desaparece. El uso de suelos agrícolas para la construcción de casas o infraestructuras arrastra un impacto que suele ser imborrable, y sólo en

algunas ocasiones revocable, pero con un coste muy elevado (Lahoz, 2010), es por ello que, el mapeo y la cuantificación de la pérdida del medio natural después de la expansión urbana es significativo para percibir su influencia en la diversidad biológica (Chunyang et al., 2014).

4.3. Impactos del crecimiento urbano sobre cambios en la cobertura y uso de suelo

El análisis de la dinámica espacial reúne el tiempo y genera un acercamiento de gran escala en la investigación científica, cuya propósitos es determinar la evolución de los patrones de distribución espacial de usos de la tierra (Humacata, 2019). El desenfrenado aumento de la población urbana ha obligado a las ciudades a satisfacer las cambiantes demandas como suministros, energía, tierra, agua y vegetación, volviéndose una preocupación importante relacionada con el crecimiento urbano en el cambio de uso del suelo y en la pérdida de la cobertura del suelo que puede alterar dramáticamente el paisaje natural en áreas con altas tasas de esparcimiento urbano (Iizuka et al., 2017).

El acelerado aumento urbano es la transformación o cambio de uso de suelo generando perjuicios medio ambientales y socioeconómicos (Hegazy & Kaloop, 2015). Las constantes actividades antropogénicas, la urbanización produce problemas al cambio y uso del suelo, cobertura del suelo, los sistemas hidrológicos, cobertura vegetal, la geo pedología, la biogeoquímica, el clima y la biodiversidad (Nwokoro & Dekolo, 2012).

(Kara & Akçit, 2016) indican, que el uso del suelo y los cambios en la cobertura del suelo son importantes para definir las estrategias en la planificación de una ciudad.

Las situaciones actuales, la población y las necesidades no son perceptiblemente las de hace unas décadas y, por tanto, se hace necesario cambiar la funcionalidad, extensión y estructura de las urbes, pero la obligación pasaría por minimizar el impacto de la expansión, regenerar las localidades existentes y aplicar pautas enfocadas hacia el desarrollo sostenible (Lahoz, 2010).

4.4. Los Sistemas de Información Geográfica aplicados al análisis del cambio y uso del suelo

Los sistemas de información geográfica son importantes para evaluar el crecimiento urbano, en particular, los SIG proporcionan una herramienta poderosa en el proceso de evaluación geo ambiental y poder comprender los efectos con el entorno natural. Debido a que el crecimiento urbano es irreversible, los sistemas de información geográfica desarrollan una proyección del crecimiento a futuro en el cambio de uso de suelo (Hegazy & Kaloop, 2015). La dinámica del cambio en el uso del suelo nos ayuda a administrar y monitorear los cambios ambientales, por ende

se pueden proporcionar a los planificadores ciertos conjuntos de datos que ayudan en la gestión de las zonas urbanas (Sancar et al., 2009).

Núñez (2012) menciona que los sistemas de información geográfica tratan de una interacción y un proceso organizado donde influye un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manejo, análisis, y presentación de los datos espaciales para la resolución de problemas de planificación y gestión.

4.4.1. QGIS

(Tomalá, 2020) es un Sistema de Información Geográfica de código abierto, lanzado en 2002 por la ONG Open Source Geospatial Foundation, de fácil uso que se ejecuta en la mayoría de plataformas Unix, Windows y Mac. QGIS, soporta formatos vectoriales, ráster y bases de datos espaciales, se encuentra bajo Licencia Pública General GNU/GPL, que permite ingresar a los programas SIG libre de costo.

Guiñanzaca et al., (2011) mencionan que la aplicación está diseñada para visualizar, gestionar, editar, analizar datos, y componer mapas, con el fin de proporcionar una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos.

4.4.2. ArcGIS

Es un sistema de Información Geográfica con licencia que permite la captura, organización, diseño, análisis, edición y distribuir datos geo-espaciales, utilizada por personas de todo el mundo, tanto si se es un usuario individual como si se trabaja en una gran empresa, con multitud de herramientas de análisis consulta y presentación de datos mejorando la toma de decisiones. Este software permite la publicación e impresión de información geográfica para cualquier persona, el cual fue producido y comercializado por ESRI (Environmental Systems Research Institute), empresa privada de consultoría especializada en proyectos de análisis de uso del suelo la cual es fundada por Jack Dangermond en 1969 (Hernández, 2015).

4.5. Teledetección

Al principio se trató de softwares orientados a fines militares, que con el tiempo pasó hacer de uso civil. A lo largo del tiempo los sensores han ido revolucionando hasta la actualidad y de esta manera ha permitido una mejor resolución y por ende se puede dar soluciones a estudios científicos de una manera rápida y concreta, la teledetección entonces es entendida como el estudio o técnica de imágenes aéreas pequeñas o a gran escala que tiene como finalidad la captura, tratamiento y el estudio de las mismas, y son tomadas desde satélites artificiales (Pérez & Muñoz, 2006).

Este método se utiliza para el análisis y tratamiento de las imágenes conseguidas desde aviones y satélites artificiales, esto se realiza a distancia, es decir, sin una relación material entre el objeto observado (superficie terrestre, acuática y atmósfera) y el espectador (sensor), para ello se acoplan diversos sensores en función del objetivo como cámaras, radares y otros instrumentos específicos (Carrillo, 2010).

De acuerdo a **Chuvienco, (1995)**, un sistema de teledetección está compuesto por:

Fuente de energía: es el origen de la energía electromagnética que es captado por el sensor. Puede tratarse de una fuente externa o una interna, la primera es teledetección pasiva, la segunda teledetección activa.

Superficie terrestre: está formado por agua, suelo, vegetación e infraestructura humana los cuales emiten e irradian la señal energética según sus cualidades.

Sistema sensor: Capta la energía procedente de la cubierta terrestre y la guarda o la envía al sistema de recepción.

Sistema de recepción: Encargada de recibir la información transmitida por la plataforma y luego se distribuye a los usuarios.

Interprete: Analiza esa información en forma de imágenes analógicas o digitales en una zona de estudio.

Usuario final: Persona delegada en examinar el documento convirtiéndose en una clave temática o cuantitativa, orientada a facilitar la evaluación del problema en estudio.

4.5.1. Fotointerpretación

(Polanco, 2006) considera a la fotointerpretación como la técnica o arte apropiada para identificar y deducir particularidades de los fenómenos registrados (vegetación, drenaje, topografía, infraestructuras entre otros), en las fotografías aéreas, y que pueden proporcionar información de interés para ingenieros civiles, agrónomos, agrícolas, geólogos, etc.

Resulta por tanto una técnica instrumental útil en estudios territoriales, para ello se requieren ciertos conocimientos de geomorfología, grupos vegetales y usos del suelo de una zona de estudio, como también el tamaño de los objetos y la escala de la imagen (Andino, 2014).

4.5.2. Análisis Multitemporal

Las actividades antrópicas, y el crecimiento poblacional han aumentado presiones sobre los servicios que se originan del suelo, agua, vegetación entre otros, los cambios que ocurren en el medio ambiente en su mayoría están ligados a la degradación e intensificación del suelo y por tanto

esto implica conversión de la cobertura del terreno, y por ello destruyen los ecosistemas terrestres (Makeró & Kashaigili, 2016).

Chuvieco, (1995) menciona que hay diversas estrategias para verificar esos cambios de usos de suelo y sus coberturas mediante el análisis multitemporal siendo esta una de las principales herramientas para medir este proceso a largo plazo.

El análisis multitemporal se refiere a estudios realizados cronológicamente en diferentes tiempos de dos o más imágenes aéreas de una misma zona determinada, y de esta manera detectar cambios del uso de los suelos, su transformación y seguidamente comprobar las ganancias o pérdidas de área de cobertura del suelo como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico en un tiempo dado (Farnum & Murillo, 2019).

4.6. Identificación, Descripción y Evaluación de impactos ambientales generados por el crecimiento urbano

Aquello que se genera a partir de una actividad, producto o servicio que pueden interactuar con el medio ambiente se nombra aspectos ambientales. Cuando estos aspectos realizan cualquier cambio en el medio ambiente sean buenos o malos, alcanzan el nombre de impactos ambientales. Comúnmente el impacto ambiental son las diferentes interacciones de las actividades humanas con los ecosistemas, afectando la calidad de vida del hombre, la salud, el bienestar y su entorno (Coronel & Graefling, 2002).

Novillo (2019) comenta que la relación que existe entre los aspectos y los impactos ambientales es de causa-efecto de modo que los aspectos ambientales puedan generar un impacto.

Un impacto ambiental es el cambio perjudicial o beneficioso que se produce en el medio ambiente como resultado de una acción de desarrollo a ejecutarse también se considera significativo cuando resalta los estándares de calidad ambiental, hipótesis científicas, valoración económica y social entre otros (Bonilla & Núñez, 2012).

4.6.1. Matriz de Valoración Causa – Efecto

La matriz causa-efecto es la sinopsis de una investigación de impacto medioambiental y de esta manera poder tomar decisiones a largo plazo, establece las relaciones de casualidad entre las acciones y sus efectos sobre el medio a través del uso de las matrices de interrelaciones en la cual se realiza el análisis (Coria, 2008).

Verd (2000) sostiene que la matriz consiste en listas de las acciones humanas en una tabla de doble entrada que contienen las características y elementos ambientales, frente a las acciones

que les pueden provocar determinados efectos, en decir, ambas listas se relacionan entre sí. De esta forma, en la primera columna se indica las acciones o criterios de evaluación y en cada una de las otras columnas se indica los factores (físicos y ambientales) reflejando de esta manera si existe o no impacto, el cual puede ser (positivo, negativo o neutro) sobre los factores ambientales del estudio.

4.6.2. Identificación de Impactos

López (2017) la identificación de los impactos ambientales se logra del estudio de elementos interactuantes entre el medio natural (medio físico, social, biológico, económico, cultural, etc.) y las consecuencias del proyecto en su etapa de funcionamiento y ejecución.

4.6.3. Criterios de Evaluación de las Influencias Ambientales

Para la caracterización de los impactos se emplea los criterios reportados por Carrillo (2010) y Medina (2020) que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Criterios de evaluación de las influencias ambientales

CRITERIOS	ASIGNACIÓN	DETALLE	DESCRIPCIÓN
Naturaleza	(+)	Positivo	Muestra el tipo de impacto que se ha generado en las zonas de estudio sobre el componente ambiental.
	(-)	Negativo	
	(N)	Neutro	
	(X)	Previsible	
Magnitud	(1)	Baja Intensidad	Hace referencia a su cantidad física, si es grande o pequeña dependerá del patrón de comparación y puede tener el carácter de baja intensidad como alta intensidad.
	(2)	Moderada Intensidad	
	(3)	Alta Intensidad	
	(0)	Sin Importancia	
Importancia	(1)	Menor Importancia	Indica la intensidad o grado de incidencia de las zonas de estudio sobre el componente ambiental, usando una escala desde el 0 sin importancia hasta el 3 importante.
	(2)	Moderada Importancia	
	(3)	Importante	
	(I)	Improbable	
Certeza	(P)	Probable	Se refiere al tipo de probabilidad de generarse sobre el impacto generado de las zonas de estudio sobre el componente ambiental.
	(C)	Cierto	
	(Pr)	Primario	
Tipo	(Sc)	Secundario	Hace referencia al tipo de impacto a generarse el cual puede clasificarse dependiendo la jerarquía que se le dará a la interacción entre el componente ambiental y la zona de estudio.
	(Ac)	Acumulativo	

Reversibilidad	(1)	Reversible	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.
	(2)	No Reversible	
Duración	(1)	Corto Plazo	Se refiere al tiempo que, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medio naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.
	(2)	Mediano Plazo	
	(4)	Largo Plazo	
Tiempo en aparecer	(C)	Corto Plazo	El período de tiempo en que aparece el impacto sobre los componentes ambientales desde un corto a un largo plazo dependiendo de la intensidad del impacto.
	(M)	Mediano Plazo	
	(L)	Largo Plazo	
Considerado en el proyecto	(S)	Si	Hace referencia si el impacto generado tiene vinculación con el proyecto.
	(N)	No	

Fuente: (Coria, 2008)

4.6.4. Componentes ambientales

Los componentes suelo, recursos hídricos y cobertura vegetal a analizar son los tres componentes que tienen más significación dentro de los recursos naturales.

4.6.4.1. Suelo.

Silva y Correa, (2009) mencionan que el suelo es un recurso natural no renovable y esencial del medio ambiente en el que se desarrolla la vida, es sensible, de difícil y larga recuperación, es por ello que se debe tener en cuenta que el crecimiento urbano altera el relieve, las zonas agrícolas se ven afectadas como también puede generar pérdida real del suelo, e inhabilitación del suelo por compactación.

4.6.4.2. Recurso hídrico.

El desarrollo de la mancha urbana modifica los componentes del ciclo hidrológico natural a escala mundial (Vidal & Romero, 2010). La explosión del crecimiento urbano conlleva unos retos sin precedentes entre los que la falta de suministro de agua y saneamiento es el más urgente y lesivo de igual forma conlleva el aumento de desastres relacionados con el agua como inundaciones y sequías (Feldman, 2017).

4.6.4.3. Vegetación.

A la cobertura vegetal se la puede definir como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, es decir, la cobertura vegetal es de suma importancia para mantener el suelo húmedo o con una cantidad significativa del mismo como también es muy sustancial la cubierta viva para controlar el coeficiente de escorrentía de una microcuenca y no sufrir inundaciones en llovidas máximas en las partes bajas de una localidad (Maza, 2009).

4.6.5. Valoración de Impactos Ambientales

Se ejecutó la evaluación del incremento urbano de la ciudad Zumba de acuerdo a los rangos de calificación del modelo de valoración rápida del impacto ambiental RIAM (RIAM por sus siglas en inglés), dicho método garantiza una evaluación rápida y segura de los impactos ambientales generados por la intervención humana, que se presenta en la Tabla 2, a través de la matriz (Causa - Efecto) utilizando la metodología indicada de (Coria, 2008).

Tabla 2.

Rangos de valoración para calificar los impactos ambientales por el método RIAM en base a la matriz Causa – Efecto

VALORACIÓN TOTAL	
0 - 25%	Leve
26 - 50%	Moderado
51 - 75%	Severo
Mayor a 75%	Critico

4.6.6. Estudio del crecimiento urbano de la ciudad de Loja

El análisis realizado en la ciudad de Loja por Medina (2020) demostró que el crecimiento urbano de la urbe de los años 2009 y 2019, logró un aumento de 1.322,24 hectáreas. La cobertura y uso actual del suelo de la cuenca superior del río Zamora de los años 2009 y 2019 aumentado 928,44 hectáreas, las clases más afectadas son: pastizales con 71,82% y cultivos anuales con 16,04% que cambiaron a áreas pobladas. En la matriz de valoración Causa –Efecto el componente suelo es el más afectado con el 19,86%, por otro lado, el área peri-urbana de la ciudad de Loja tiene una afectación del 21,22% del total área de estudio.

5. Metodología

En esta sección se presenta los métodos según los objetivos planteados para llegar a saber el crecimiento urbano y los efectos inducidos como el cambio de uso del suelo, alteración a los recursos hídricos y pérdida de la cobertura vegetal en un período de tiempo de 10 años (2010-2020). El estudio se lo realizó en la ciudad de Zumba y su expansión urbana sobre la microcuenca Zumbayacu.

5.1. Área de estudio

El área de estudio comprende la ciudad de Zumba y sus áreas circundantes perteneciente a la microcuenca Zumbayacu.

La urbe y su entorno suburbano pertenece al cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe, se encuentra ubicada en la Zona Geográfica 17 S entre las siguientes coordenadas planas Norte: desde los 9457470 m a 9465084 m / Este: desde los 703123 m hasta los 711598 m. La parroquia de Zumba tiene una superficie de 426.2 km², que corresponde al 36.9 % del área total respecto del Cantón Chinchipe dentro de esta parroquia urbana se encuentra la ciudad de Zumba, el clima es cálido húmedo con una agradable temperatura promedio, está entre los 15 a 26 ° C. Ofreciendo un clima muy acogedor tanto para los sistemas de producción como para el turismo (Municipio de Chinchipe, 2011).

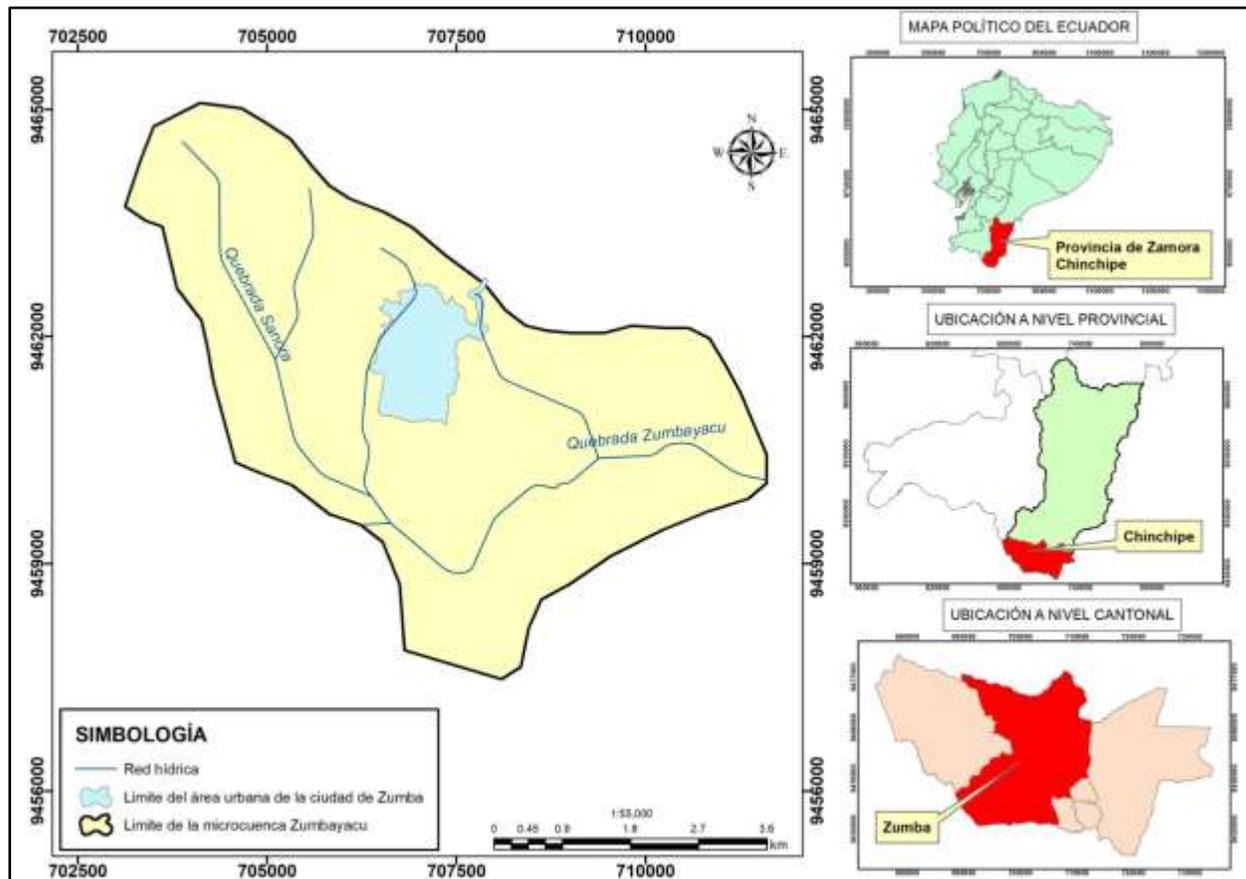
De forma más precisa para el estudio se tomó como base la microcuenca Zumbayacu que es parte de la cuenca superior del río Mayo sobre la cual está creciendo la ciudad, que tiene una superficie de 30,08 km². Esta microcuenca hidrográfica está conformada por la quebrada Zumbayacu la cual deposita sus aguas en el río Mayo; recibe el aporte hídrico de la quebrada la Guara, y otras quebradas pequeñas que se extienden hacia la parte alta de la ciudad. Sobre ella está desarrollándose de manera desordenada la urbanización debido a la poca planificación en el proceso de su crecimiento.

La microcuenca forma parte de la Cuenca Superior del río Mayo, que nace en la cordillera de Sabanilla, en la provincia de Zamora-Chinchipe en el sur de Ecuador, tiene una extensión total de 9 686.96 km². Al río Mayo confluyen los ríos Palanda y Numbala, que se unen en la frontera binacional con el río Canchis, formando el río Chinchipe, cuyo recorrido es alimentado en el Perú con los ríos Chirinos y Tabaconas para finalmente conectarse al cauce del río Marañón (Amazonas), y desembocar en el Océano Atlántico (Elliot, 2009).

Torres (2016) menciona que la ciudad de Zumba es considerada una de las más importantes de la provincia de Zamora Chinchipe ya sea por su conexión de Ecuador con Perú a través del puente internacional la Balsa o por su crecimiento comercial, turístico y espacial creando oportunidades de desarrollo local, con respecto a la provincia de Zamora Chinchipe se encuentra a 90 km en línea recta y con la ciudad de Loja a 182 km.

Figura 1.

Esquema de ubicación del área de estudio



Elaborado: Autora

Fuente: Municipio de Chinchipe y Cartografía Nacional

5.2. Metodología para el primer objetivo

5.2.1. Analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba, mediante un análisis multitemporal a través de la interpretación de fotografías aéreas y recorridos de campo en el período 2010 - 2020

5.2.1.1. Fotografías aéreas de la ciudad de Zumba.

Para realizar el análisis del crecimiento urbano entre los años 2010 y 2020 en la ciudad de Zumba, se utilizaron fotografías aéreas como fuente de información. En concreto, se empleó la fotografía aérea del año 2020 proporcionada por el Municipio de Chinchipe, así como la fotografía aérea del año 2010 proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Ambas fotografías fueron fundamentales para llevar a cabo el análisis del crecimiento urbano en la ciudad durante este periodo de tiempo.

5.2.1.2. Obtención de mapas del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba, dentro de los límites aprobados por el municipio de los años 2010-2020.

El objetivo principal de delimitar la zona urbana de la ciudad de Zumba es consolidar las áreas que se han ido configurando en los últimos años dentro del perímetro urbano. Para lograr esto, se utilizó las fotografías aéreas de los años 2010 y 2020 y el perímetro urbano, que se obtuvo del Departamento de Planificación del Municipio de Chinchipe. Los archivos se cargaron en un sistema de información geográfica y se llevó a cabo la digitalización de polígonos de la infraestructura urbana de la ciudad para completar el proceso.

5.2.1.3. Mapa del crecimiento Peri-urbano de la ciudad de Zumba del año 2010 al 2020.

Con el fin de determinar el crecimiento demográfico de las periferias durante el periodo 2010-2020, se utilizó fotografías aéreas y se realizó la digitalización de polígonos de la infraestructura urbana que se encuentra fuera del área urbana de la ciudad de Zumba, también conocida como periurbano. Todo este proceso se llevó a cabo utilizando sistemas de información geográfica.

5.2.1.4. Mapas de coberturas del suelo de la microcuenca Zumbayacu de los años 2010 y 2020.

Se obtuvo el mapa de cobertura del suelo del año 2010 mediante el uso del Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS). Del mismo modo, se obtuvo el mapa de cobertura del suelo del año 2018 y se actualizó la información

con fotografía aérea del año 2020 para obtener el mapa de cobertura del suelo de este último año. Se recopiló información geográfica a nivel nacional y se utilizó el Sistema de Clasificación (Leyenda Temática) nivel II del MAGAP y Ministerio del Ambiente (2014) para clasificar las clases de cobertura en una escala más detallada. Se llevó a cabo una clasificación de 7 clases de cobertura para el año 2010 y de 6 clases para el año 2020. Se utilizó sistemas de información geográfica para editar y recortar la información de la zona de interés, lo que permitió la elaboración de los mapas de cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu para los años 2010 y 2020.

5.2.1.5. Mapa del cambio de cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2010 al 2020.

Para llevar a cabo esta sección, se utilizó sistemas de información geográfica para cargar los mapas previamente elaborados. Se realizaron las intersecciones de las coberturas del suelo de ambos años, siendo las del año 2010 de 7 clases y las del año 2020 de 6 clases. Luego, se procedió a la creación del mapa de cambio de cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu.

5.3. Metodología para el segundo objetivo

5.3.1. Medición del efecto del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba sobre el suelo, los recursos hídricos y la cobertura vegetal

En esta fase de evaluación de los efectos e impactos del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba sobre los recursos naturales, se utilizó la metodología propuesta por Medina (2020). Para ello, se crearon directrices para determinar el impacto del crecimiento de la ciudad sobre los recursos naturales en el área de estudio. Para este proceso se realizó una matriz causa-efecto en la que se consideró los parámetros de influencia como los criterios de evaluación que se detallan en la Tabla 1. Se realizaron visitas de campo para identificar la influencia generada por el crecimiento urbano, para cada uno de los componentes ambientales.

Se aplicó una ecuación que permitió obtener la ponderación adecuada según los criterios de evaluación e influencia ambiental.

$$P = (M * I) + (R + D)$$

Donde:

M: Magnitud;

I: Importancia;

R: Reversibilidad;

D: Duración

Por otra parte, para la evaluación de las influencias ambientales en las áreas de estudio urbana, peri-urbana y microcuenca Zumbayacu se basó en las ponderaciones totales para cada uno de los componentes ambientales considerados en el estudio, con base en esta metodología, se estableció una asignación final de carácter negativo, positivo o neutro. El objetivo principal de esta evaluación fue identificar las posibles implicaciones ambientales del crecimiento urbano desordenado en las zonas de estudio, de manera que se pudieran establecer planes y estrategias de gestión sostenible que permitan minimizar los impactos negativos y maximizar los positivos.

Una vez obtenida la medición total se establece cuatro niveles de impacto: leve, moderado, severo y crítico Tabla 2. El objetivo de esta evaluación fue proporcionar información detallada sobre la magnitud de los impactos ambientales generados por el crecimiento urbano desordenado en las áreas de estudio con el fin de orientar la toma de decisiones y el diseño de políticas y estrategias que favorezcan una gestión ambientalmente sostenible en estas zonas.

5.4. Metodología para el tercer objetivo

5.4.1. Propuesta preliminar orientada al crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba

La propuesta preliminar está encaminada a un desarrollo ordenado de la ciudad de Zumba, enfocada a la planificación del territorio, a la edificación de la urbe con medidas de sustentabilidad, ayudando en la preservación de los recursos naturales y a la búsqueda del equilibrio entre el ámbito social, económico y natural.

Los sistemas de información geográfica son ampliamente utilizados en una amplia variedad de aplicaciones incluyendo la planificación urbana es decir identifica los sectores por dónde el área urbana puede incrementarse sin afectar los recursos naturales (Ochoa, 2023), por ello mediante la aplicación de los SIG se elaboró el mapa de clases agrológicas de la microcuenca Zumbayacu y de esta manera proponer porque clases debe crecer la ciudad.

Las clases agrológicas son una manera de agrupar los suelos basándose en función de su potencial agrológico y facilita la valoración de la capacidad del suelo para realizar diferentes actividades, las mismas que contienen ocho categorías (Ortega, 2017).

Tabla 3.*Clases agrológicas*

APTITUD	CLASE AGROLÓGICA	CARACTERÍSTICA
Laboreo permanente, aptas para la agricultura (o cualquier tipo de explotación)	I	Suelos ideales que soportan actividades agrícolas, pecuarias o forestales, adaptadas ecológicamente a la zona, no presentan limitaciones y permiten la utilización de maquinaria para el arado.
	II	En esta clase se utiliza para la agricultura intensiva o con capacidad de uso elevada. Tienen limitaciones que reducen los cultivos posibles de implantar. Son suelos buenos, que pueden cultivarse mediante labores adecuadas. Pendientes de 2 a 5%. Riesgos de erosión moderados. Profundidad efectiva del suelo de 0.50-1.0 m. Fertilidad media. Pocas piedras y rocas sobre la superficie. Los suelos pueden ser usados para cultivos agrícolas, forestales o pasto.
	III	Son tierras que soportan las actividades agrícolas, pecuarias o forestales, pero se reduce las posibilidades de elección de cultivos anuales a desarrollar o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo de suelo y agua; y permiten la utilización de maquinaria para el arado.
Laboreo ocasional (cultivos permanentes, pastos, bosques)	IV	En esta clase se encuentran los suelos agrícolas con uso restringido. Son suelos apropiados para cultivos ocasionales o muy limitados con métodos intensivos, pero son suelos aceptables. Pendientes de 12 – 25%. Erosión severa. Pequeño espesor. Fertilidad baja. Elevada pedregosidad y/o rocosidad y salinidad. Excesiva humedad o encharcamiento, baja retención de agua.
No laboreo, solo pastos o bosques (o reservas naturales)	V	Los suelos de esta clase tienen limitaciones permanentes. Relieve plano. Erosión severa y encharcamientos y pedregosidad.
	VI	Inadecuados para el cultivo por su pendiente fuerte. Son suelos que deben emplearse para el pastoreo o la silvicultura. Limitaciones permanentes, pero moderadas. Pendientes de 25 – 50%. Riesgos de erosión importantes.
	VII	Son suelos que deben emplearse para el pastoreo o la silvicultura. Limitaciones permanentes y severas. Pendientes

		de 50 -70%. Profundidad de 0.12 – 0.25 m. Elevada pedregosidad y severa erosión.
Reservas Naturales	VIII	Son áreas que deben mantenerse con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección para evitar la erosión, mantenimiento de la vida silvestre y fuentes de agua. Son tierras con las más severas limitaciones.

Fuente: Geopedología y Amenazas Geológicas. CLIRSEN, 2010. Modificado por SIGTIERRAS 2013.

Las categorías de suelos I, II, III y IV son consideradas como suelos de alta productividad, adecuados para la agricultura y la producción de cultivos. Por otro lado, las categorías V y VI se utilizan para la construcción y edificación, debido a que presentan características menos aptas para el desarrollo de la vegetación. Finalmente, las categorías VII y VIII son destinadas al aprovechamiento forestal y al uso de la fauna silvestre, ya que son suelos que no son aptos para la producción agrícola y su vegetación natural es de gran valor para el ecosistema (Medina, 2020).

En resumen, la clasificación de los suelos se basa en sus características físicas, químicas y biológicas, y cada categoría se adapta a un uso específico, ya sea para fines agrícolas, de construcción o conservación del medio ambiente.

6. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la investigación realizada para cada objetivo planteado relacionados al crecimiento de la ciudad de Zumba, luego de haber analizado y sistematizado la información primaria y secundaria.

6.1. Resultados para el objetivo 1

6.1.1. Analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Zumba, mediante un análisis multitemporal a través de la interpretación de fotografías aéreas y recorridos de campo en el período 2010 -2020

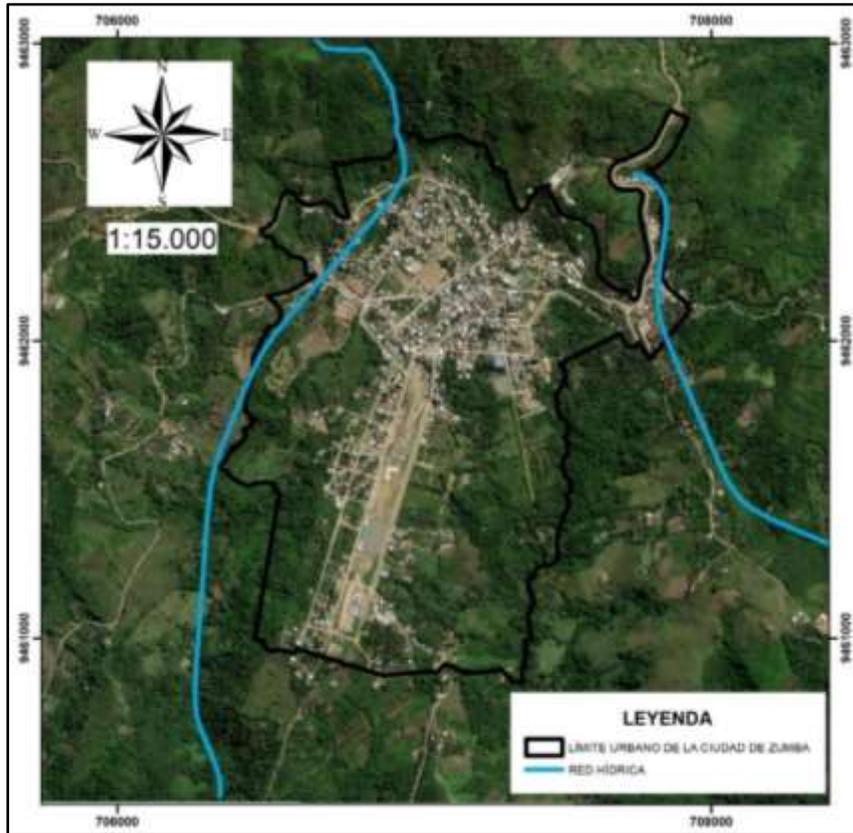
6.1.1.1. Fotografías aéreas de la ciudad de Zumba.

Las fotografías aéreas son imágenes que representan la superficie terrestre, y contienen una gran cantidad de información para posteriormente interpretarla visualmente (Izquierdo, 2016).

Se realizó una comprobación para verificar si las fotografías estaban en concordancia con el límite urbano de la ciudad en los años 2010 y 2020, de acuerdo a la información proporcionada por el departamento de Planificación del Municipio de Chinchipe. Este límite urbano fue aprobado el 16 de mayo del 2008, tal como se puede apreciar en la Figura 2. La investigación tuvo como objetivo evaluar si las imágenes eran consistentes con los límites establecidos en el plan de desarrollo urbano y territorial, lo que permitiría obtener información relevante sobre el crecimiento y la expansión de la ciudad a lo largo del tiempo. Es importante destacar que la comprobación se llevó a cabo considerando los parámetros establecidos en el plan de desarrollo urbano y territorial del municipio, con el fin de garantizar la precisión y la validez de los resultados obtenidos.

Figura 2.

Fotografía aérea del área urbana de la ciudad de Zumba 2020



Fuente: Municipio de Chinchipe, 2020

6.1.1.2. Elaboración de mapas del crecimiento urbano de la ciudad de zumba, dentro de los límites aprobados por el municipio de Zumba de los años 2010-2020.

El crecimiento urbano es definido por la UNICEF como el aumento de la población e infraestructura de los pueblos y ciudades (Ocampo, 2017).

Luego de la comprobación de las fotografías para verificar su concordancia con el límite urbano de la ciudad de Zumba en los años 2010 y 2020, se obtuvieron mapas que muestran el crecimiento urbano de la ciudad durante este período. Estos mapas, presentados en la Figura 5, ilustran claramente los cambios que se produjeron en la ciudad durante los últimos 10 años, proporcionando información valiosa sobre el desarrollo urbano y territorial de la zona. La utilización de los mapas permitió identificar y visualizar los cambios en la estructura de la ciudad, tales como la expansión de las áreas urbanas, la construcción de nuevas edificaciones y la creación de infraestructuras urbanas, entre otros aspectos relevantes. En resumen, la obtención de estos mapas es de gran importancia para el estudio del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba y su

impacto en el territorio, lo que puede ayudar a tomar decisiones informadas en materia de planificación y desarrollo urbano.

Tabla 4.

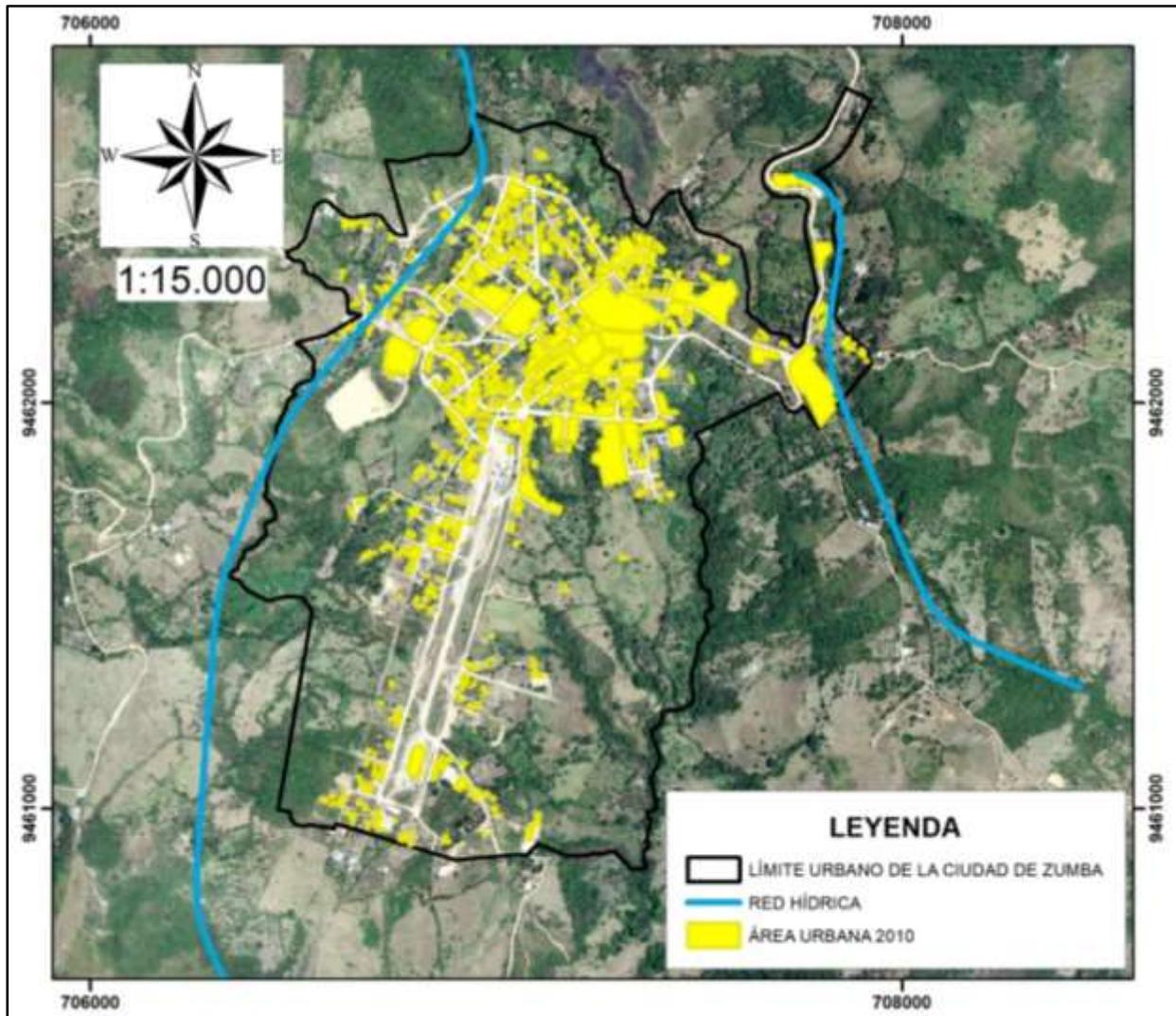
Análisis del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba

CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD ZUMBA	
Periodo (años)	Área (ha)
2010	19,31
2020	26,51

En la ciudad de Zumba, entre los años 2010 y 2020, se ha registrado un incremento de 7,20 hectáreas en su área urbana, de acuerdo a la comparación de fotografías aéreas y del perímetro urbano de la ciudad. La superficie total del perímetro urbano de la ciudad es de 178,66 hectáreas, lo que permite obtener la dinámica del crecimiento urbano durante estos 10 años. Es importante mencionar que existe un área urbana sin consolidar de 152,15 hectáreas en la ciudad. Al analizar los resultados, se observa que el proceso de expansión de la mancha urbana se está produciendo en toda la parte sur y centro de la ciudad, tal como se puede apreciar en las Figuras 3 y 4. Estos resultados son de gran relevancia para la planificación y el desarrollo urbano de la ciudad de Zumba, ya que permiten identificar las áreas que están experimentando un mayor crecimiento y, por tanto, requieren una atención especial en términos de infraestructuras y servicios públicos. En conclusión, el estudio del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba es fundamental para comprender su dinámica territorial y contribuir a su desarrollo sostenible.

Figura 3.

Área urbana consolidada de la ciudad de Zumba del año 2010

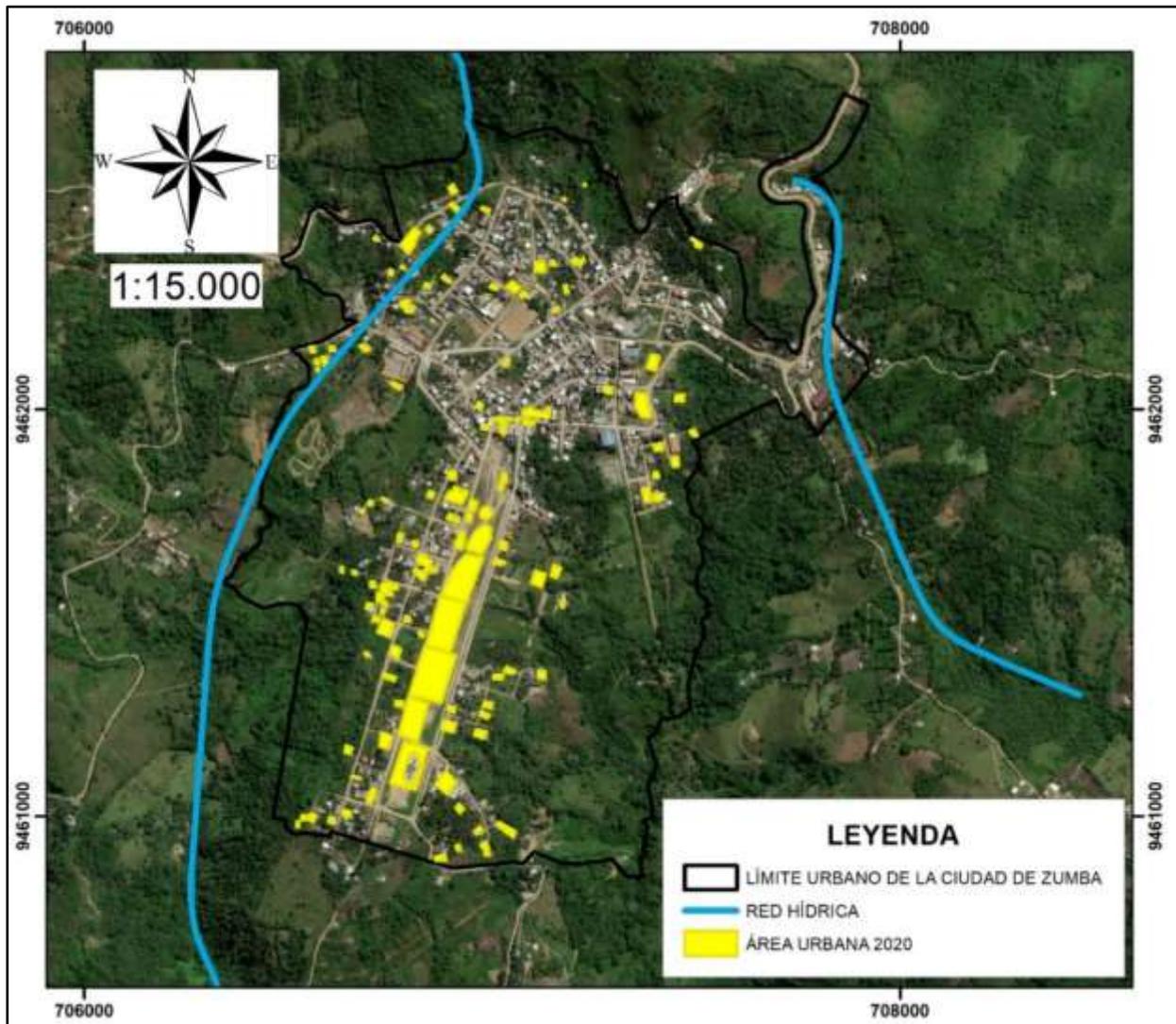


Elaboración: Propia

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2010

Figura 4.

Área urbana consolidada de la ciudad de Zumba del año 2020

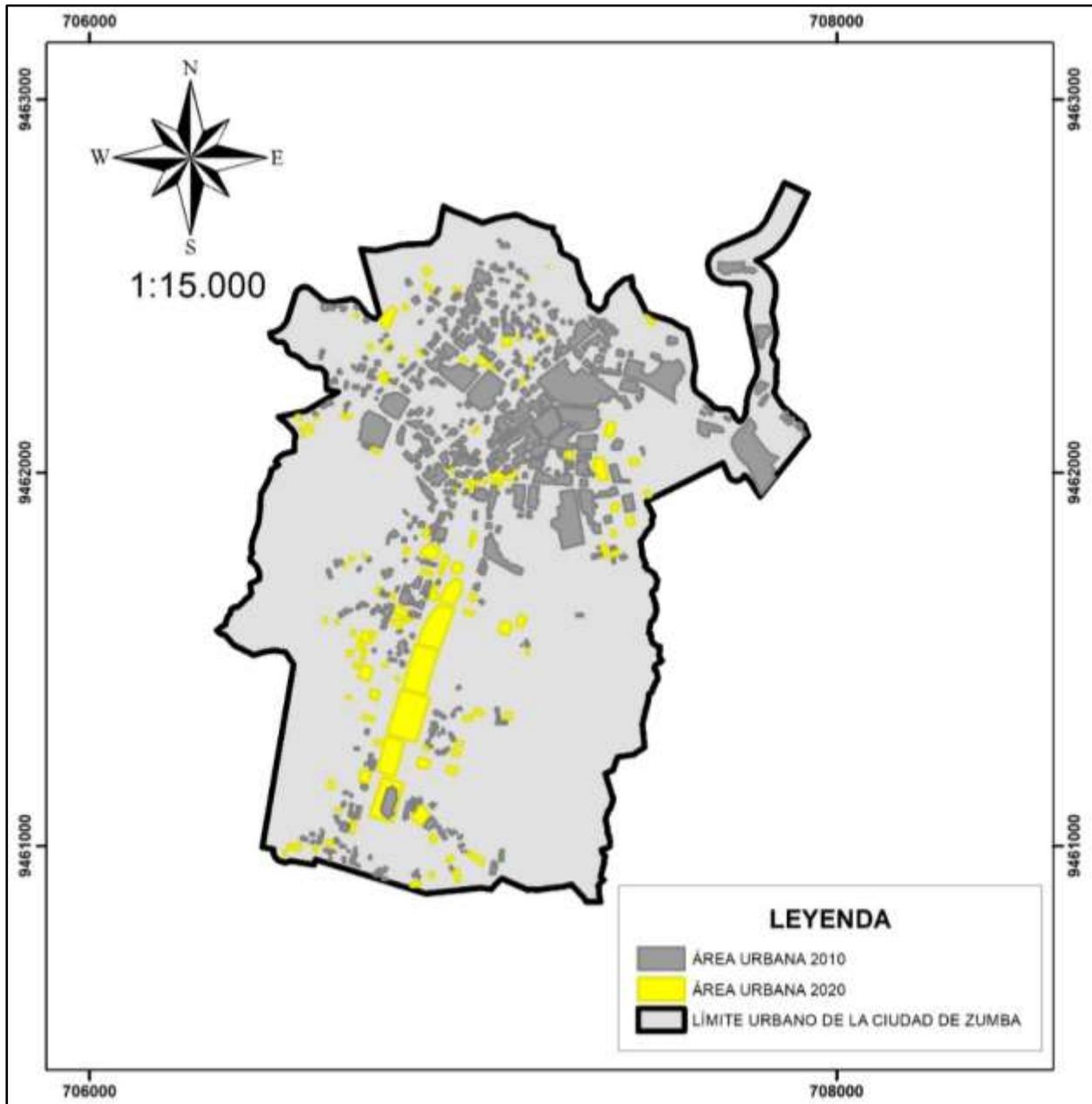


Elaboración: Propia

Fuente: Municipio de Chinchipe, 2020

Figura 5.

Dinámica de crecimiento urbano de la ciudad de Zumba en el período 2010 – 2020



Elaboración: Propia

6.1.1.3. Generación del mapa del crecimiento peri-urbano de la ciudad de Zumba del año 2010 al 2020.

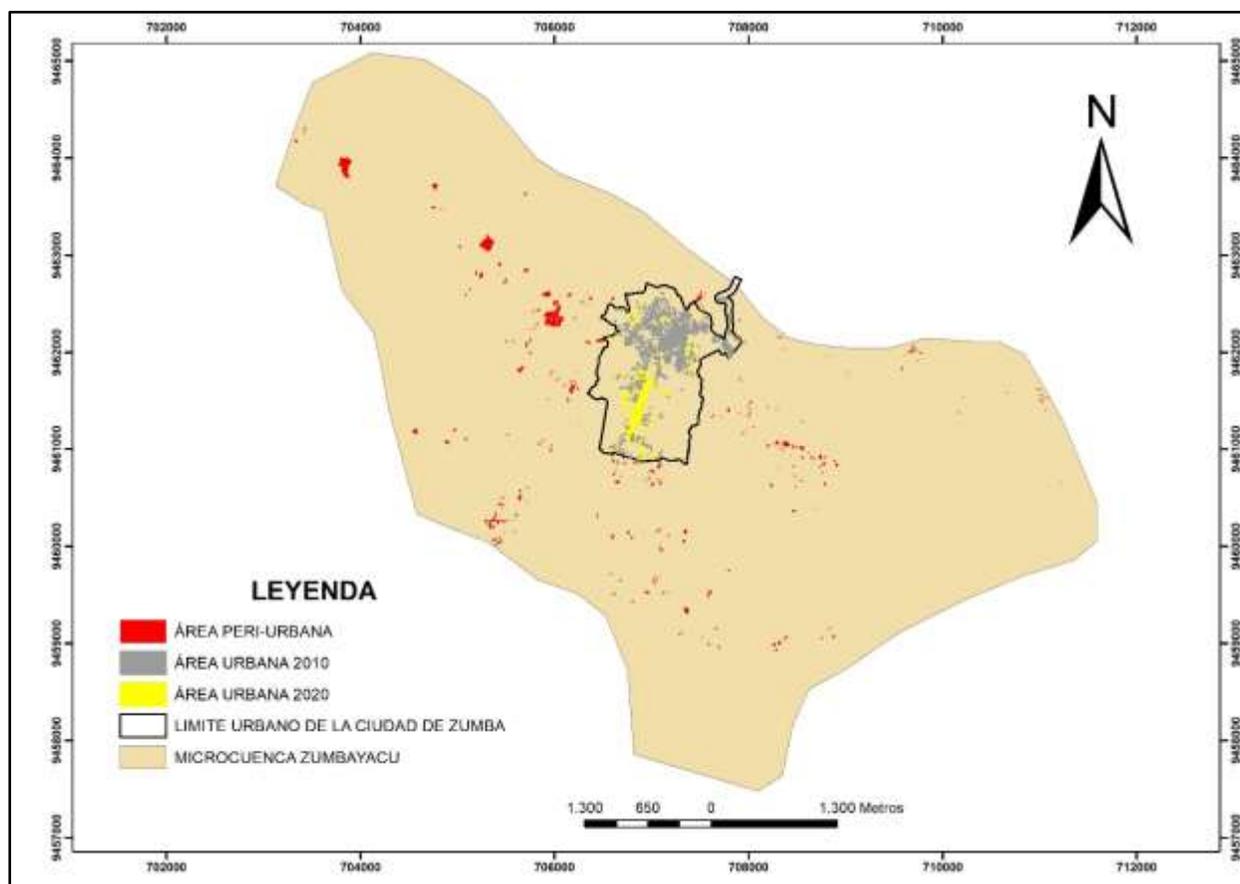
(Barsky, 2005) el crecimiento peri-urbano es un término que se utiliza para nombrar a los espacios que se encuentran en las periferias de una ciudad, por lo tanto, no es campo ni ciudad,

sino una serie de interacciones ecológicas entre estos dos conjuntos, Feito (2018) menciona que en cuyo espacio se realizan actividades propias, tanto de territorios rurales como urbanos.

Durante el periodo de 10 años comprendido entre 2010 y 2020, se ha observado que el área peri-urbana de la ciudad de Zumba abarca una superficie de 19,03 hectáreas, lo que representa el 10,65% del perímetro urbano de la ciudad y el 0,63% de la superficie total de la microcuenca Zumbayacu. Estos barrios se encuentran en las afueras de la ciudad, más allá de los límites urbanos, como La Guara, la Huaca, Tolosa, Salapaca y El Rejo como se visualiza en la Figura 6. Sin embargo, este crecimiento descontrolado de la ciudad está teniendo un impacto negativo en el suelo, los recursos hídricos y la cobertura vegetal de la zona. En consecuencia, es necesario tomar medidas para mitigar estos impactos y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la ciudad y su entorno natural.

Figura 6.

Crecimiento peri-urbano de la ciudad de Zumba del período 2010 -2020



Elaboración: Propia

Fuente: Municipio de Chinchipe, 2020

6.1.1.4. Obtención de los mapas de coberturas del suelo de la microcuenca Zumbayacu en el período 2010 y 2020.

La cobertura del suelo se refiere a la cubierta biofísica observada que se encuentra en la superficie de la tierra (Reyes et al., 2006).

En este apartado se ha considerado la microcuenca Zumbayacu y se ha utilizado la metodología previamente mencionada para obtener los mapas de coberturas del suelo correspondientes a los años 2010 y 2020. Estos mapas permiten visualizar de manera detallada los cambios que han ocurrido en la microcuenca durante los dos períodos de estudio. La Figura 7 y 8 muestran estos mapas de cobertura del suelo y permiten observar de forma clara los cambios que se han producido en la microcuenca. Estos resultados son de gran importancia para entender la evolución de la microcuenca en términos de cobertura del suelo y planificar acciones para su conservación y gestión sostenible.

Tabla 5.

Cambios porcentuales de las clases de coberturas del suelo de la microcuenca Zumbayacu durante los años 2010 y 2020

CLASES DE COBERTURA DEL SUELO	2010 (ha)	2010 (%)	2020 (ha)	2020 (%)
Área poblada	75,05	2,49	81,02	2,69
Bosque nativo	701,88	23,33	217,31	7,22
Cultivos	186,76	6,21	39,34	1,31
Mosaico agropecuario	121,24	4,03	244,07	8,11
Pastizal	1399,2	46,50	2313,28	76,90
Plantación forestal	2,07	0,07	-	-
Vegetación arbustiva	522,54	17,37	113,72	3,78
Total	3.008,07	100	3.008,07	100

Elaboración: Propia

Fuente: SIGTIERRAS. Coberturas del suelo.

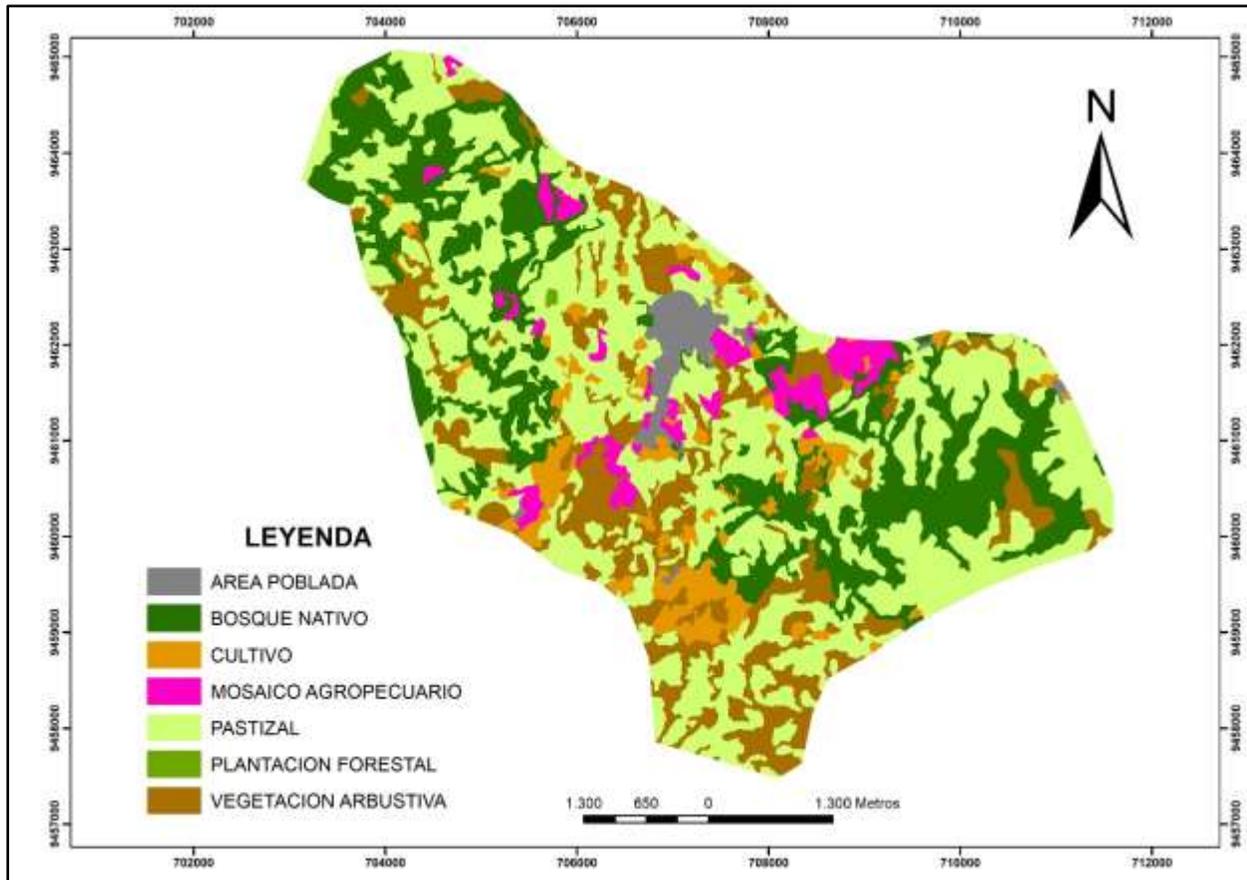
En la zona de estudio se puede distinguir que en el año 2010 han existido 7 clases de coberturas del suelo, mientras que en el 2020 se tiene 6 respectivamente. De igual forma el área urbana tuvo un aumento de 5,97 hectáreas que representa el 0,2%.

Las coberturas que se han aumentado la superficie son: mosaico agropecuario 122,83 hectáreas que simboliza el 4,08 % y pastizal 914,08 hectáreas que representa el 30,39 %. En la clase de plantación forestal en el año 2010 tiene 2,07 hectáreas que representa el 0,07 % y para el año 2020 desapareció. Es necesario recalcar que las coberturas que han disminuido la superficie en

este periodo son: bosque nativo 484,57 hectáreas que representa el 16,11%, cultivos 147,42 hectáreas que figura el 4,90% y vegetación arbustiva 408,82 hectáreas que simboliza el 13,59%. Pudiéndose notar que el área total de la microcuenca es 3.008,07 hectáreas.

Figura 7.

Coberturas del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2010

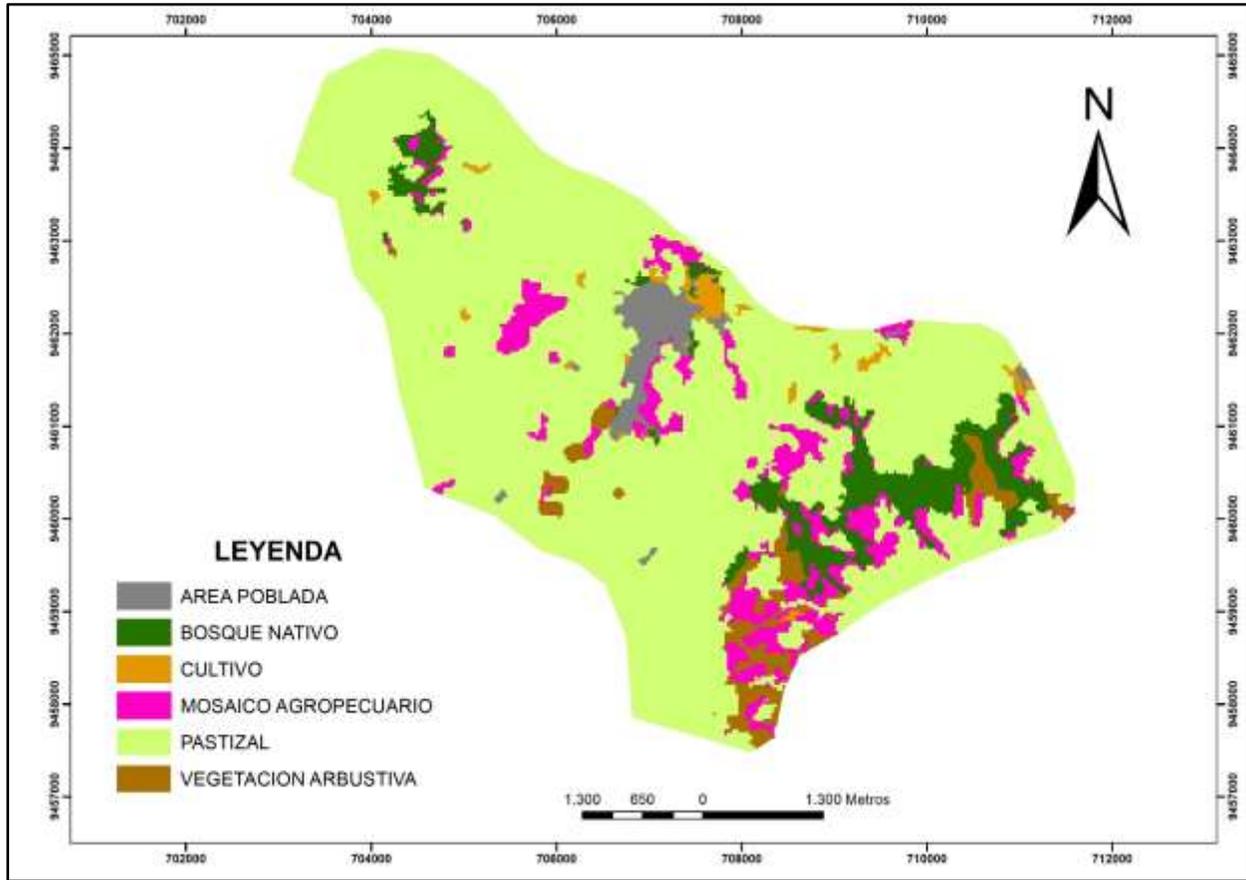


Elaboración: Propia

Fuente: SIGTIERRAS, 2010

Figura 8.

Coberturas del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2020



Elaboración: Propia

Fuente: SIGTIERRAS y Municipio de Chinchipe, 2020

6.1.1.5. Elaboración de mapas de cambio de cobertura de la microcuenca Zumbayacu del año 2010 al 2020.

Los cambios de cobertura se relacionan con la deforestación y fragmentación de ecosistemas, la desertización, la alteración del ciclo hidrológico y con impactos ecológicos (Ledezma & García, 2015).

La mayor parte de la cobertura del año 2010, ha tenido cambios en el transcurso de estos 10 años como se puede notar en la Figura 9.

Tabla 6.

Dinámica de cambios de cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2010 al 2020

DINÁMICA DE CAMBIOS 2010-2020	Área (ha)	%
Bosque nativo a área poblada	2,19	0,16
Bosque nativo a cultivo	2,11	0,15
Bosque nativo a mosaico agropecuario	9,79	0,71
Bosque nativo a pastizal	479,35	34,79
Cultivo a area poblada	0,97	0,07
Cultivo a bosque nativo	3,68	0,27
Cultivo a mosaico agropecuario	41,73	3,03
Cultivo a pastizal	129,15	9,37
Mosaico agropecuario a área poblada	2,12	0,15
Mosaico agropecuario a bosque nativo	0,98	0,07
Mosaico agropecuario a cultivos	4,29	0,31
Mosaico agropecuario a pastizal	100,33	7,28
Pastizal a area poblada	0,49	0,04
Pastizal a cultivo	22,49	1,63
Pastizal a mosaico agropecuario	167,23	12,14
Plantación forestal a mosaico agropecuario	1,89	0,14
Plantación forestal a pastizal	0,18	0,01
Vegetación arbustiva a area poblada	0,20	0,01
Vegetación arbustiva a bosque nativo	4,05	0,29
Vegetación arbustiva a cultivo	0,46	0,03
Vegetación arbustiva a mosaico agropecuario	9,88	0,72
Vegetación arbustiva a pastizal	394,30	28,62
Total	1.377,86	100

Elaboración: Propia

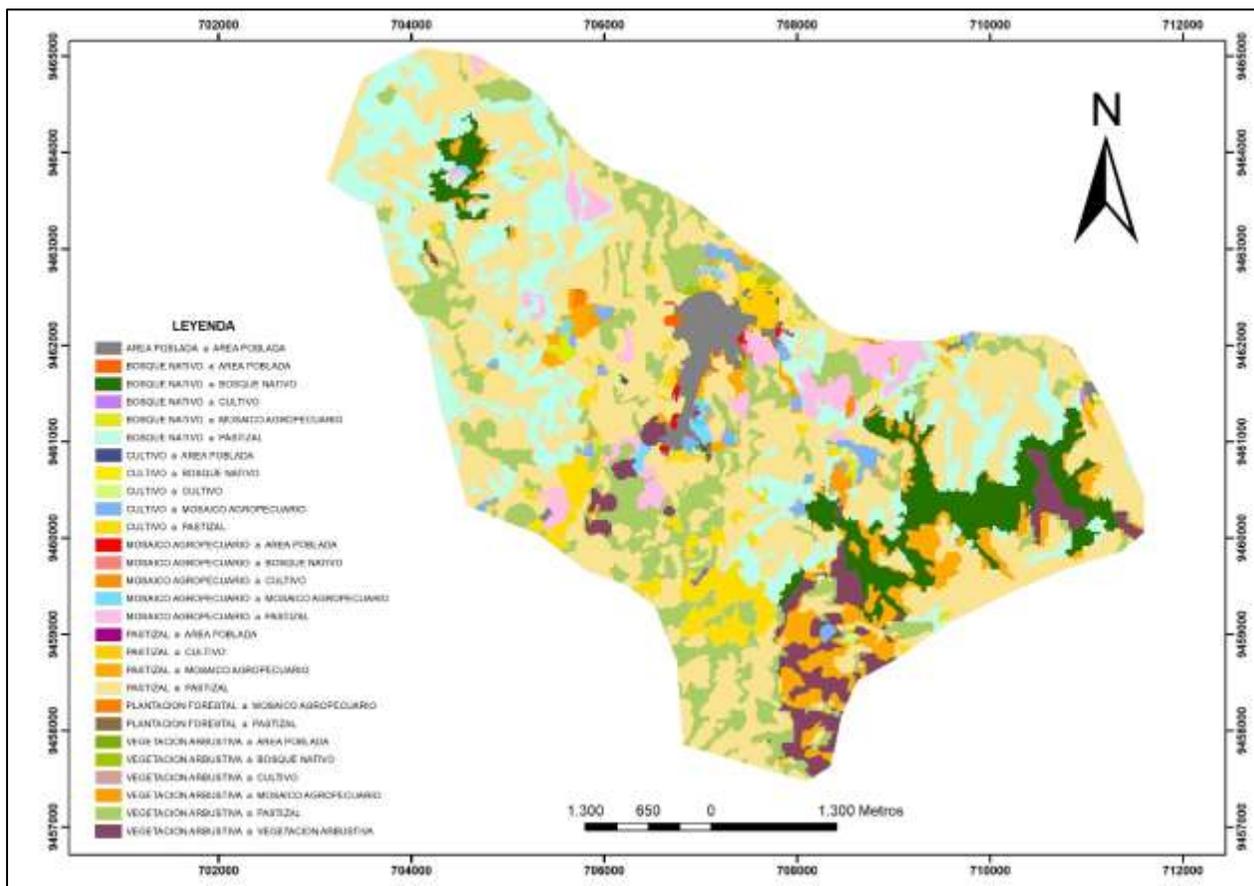
Fuente: SIGTIERRAS

Las coberturas del suelo que han sufrido fuertes cambios son: bosque nativo a pastizal constituyendo un total de 479,35 hectáreas que representa el 34,79 % y vegetación arbustiva a pastizal ocupan 394,30 hectáreas es decir el 28,62 % del área dentro de la microcuenca Zumbayacu.

Por otra parte, las coberturas del suelo que menos cambios han sufrido, son vegetación arbustiva a área poblada con 0,20 hectáreas que representa el 0,01 %, plantación forestal a pastizal con 0,18 que simboliza el 0,01 %, vegetación arbustiva a cultivo con 0,46 hectáreas que figura el 0,03%, pastizal a área poblada con 0,49 hectáreas que constituye el 0,04 % del total del área de estudio. Cabe resaltar del resto de coberturas han sufrido cambios severos, pero también se los considera en las consecuencias que acarrearán estos cambios al medio ambiente.

Figura 9.

Dinámica de cambios de cobertura del suelo de la microcuenca Zumbayacu del año 2010 al 2020



Elaboración: Propia

Fuente: SIGTIERRAS y Municipio de Chinchipe

Tabla 7.

Porcentajes de cambio del uso de suelo del área urbana de la ciudad de Zumba en relación a la microcuenca Zumbayacu

CAMBIOS 2010 – 2020	Área (ha)	%
Mosaico agropecuario a área poblada	2,12	35,51
Pastizal a área poblada	0,49	8,21
Vegetación arbustiva a área poblada	0,20	3,35
Cultivo a área poblada	0,97	16,25
Bosque nativo a área poblada	2,19	36,68
Total	5,97	100

Elaboración: El autor

Los cambios que han existido desde el año 2010 al 2020 en el área urbana de la ciudad de Zumba es en total 5,97 hectáreas, estos cambios producidos se deben que actualmente han pasado de mosaico agropecuario, pastizal, vegetación arbustiva, cultivos y bosque nativo a área poblada; las coberturas que han sufrido leves cambios pero no menos importantes son vegetación arbustiva con 0,20 hectáreas, es decir 3,35 % y pastizal con 0,49 hectáreas que representa el 8,21 % del área de estudio, las clases que han tenido más cambios en su área son bosque nativo a área poblada con 2,19 hectáreas ocupando el 36,68 % y mosaico agropecuario con 2,12 hectáreas que simboliza el 35,51%, de la zona de estudio y estos cambios han sido producido por el consenso de zonas destinadas en su gran parte por el desarrollo progresivo de la infraestructura.

6.2. Resultados para el objetivo 2

6.2.1. Medición del efecto del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba sobre el suelo, los recursos hídricos y la cobertura vegetal

6.2.1.1. Valoración de impactos sobre la cobertura vegetal.

El crecimiento de la mancha urbana ha generado una serie de impactos negativos sobre la cobertura vegetal en la zona de estudio, como se detallan en la matriz de Leopold presentada en la Tabla 7. Entre los impactos de mayor valoración ambiental se encuentran la pérdida de la cobertura vegetal, la alteración paisajística y la destrucción de sitios de interés para la conservación. Estos impactos son de naturaleza negativa, alta intensidad, importancia, no reversibles y a largo plazo. Por otro lado, los impactos con menos valoración ambiental incluyen la introducción de especies exóticas y la alteración o destrucción de hábitats. Estos impactos son de moderada intensidad e importancia, reversibles y a largo plazo.

La zona periurbana es la más afectada por estos impactos, con un total de 110 puntos de impacto negativos sobre la cobertura vegetal. Por lo tanto, es evidente que se deben tomar medidas para conservar este recurso valioso y vital para el equilibrio del medio ambiente. Estas medidas pueden incluir la implementación de políticas y programas de conservación de la cobertura vegetal, el establecimiento de áreas protegidas y la promoción de prácticas sostenibles de uso del suelo en la zona periurbana. Con la aplicación de estas medidas, se puede lograr un equilibrio entre el crecimiento urbano y la conservación de la cobertura vegetal, asegurando así la sostenibilidad a largo plazo de la zona de estudio.

Tabla 8.

Matriz de identificación y descripción de la influencia ambiental del componente cobertura vegetal de la ciudad de Zumba

COMPONENTES AMBIENTALES	ZONAS			INFLUENCIA	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA										
	Área Urbana	Área Periurbana	Microcuenca Zumbayacu		Naturaleza	Magnitud	Importancia	Certeza	Tipo	Reversibilidad	Duración	Tiempo en aparecer	Considerado en Proyecto	Suma de los criterios	
C	COBERTURA VEGETAL	X	X	X	Pérdida de la cobertura vegetal	(-)	3	3	C	Pr	2	4	L	S	15
			X		Modificación de composición Florística	(-)	2	2	D	Sc	2	4	L	S	10
			X	X	Desplazamiento de la fauna	(-)	3	2	C	Ac	2	4	L	S	12
		X	X		Alteración paisajística o impacto visual	(-)	3	3	C	Ac	2	4	L	S	15
		X	X	X	Introducción de especies exóticas	(-)	2	2	C	Sc	1	4	L	S	9
		X	X		Destrucción de sitios de interés para la conservación	(-)	3	3	C	Pr	2	4	L	S	15
			X	X	Alteración o destrucción de hábitats	(-)	2	2	D	Sc	1	4	L	S	9
			X	X	Alteración de la estabilidad del ecosistema	(-)	3	3	C	Pr	2	2	m	S	13
			X	X	Eliminación de especies endémicas	(-)	2	3	D	Sc	2	4	L	S	12

Certeza	Tipo	Tiempo en aparecer	Considerado en Proyecto
(I) Improbable	(Pr) Primario	(C) Corto plazo	(S) Si
(P) Probable	(Sc) Secundario	(M) Mediano Plazo	(N) No
(C) Cierto	(Ac) Acumulativo	(L) Largo Plazo	

6.2.1.2. Valoración de impactos sobre el suelo.

El crecimiento urbano acelerado en la ciudad ha dejado una huella importante en el recurso suelo, generando diversos impactos negativos como deslizamientos de laderas, compactación, alteración de la calidad del suelo, movimientos de tierras y asentamientos en masa, los cuales tienen una alta intensidad, son importantes, no reversibles y a largo plazo, según lo señalado en la matriz causa-efecto de la Tabla 8. Asimismo, la dispersión de polvo y pérdida del suelo fértil también son impactos negativos de naturaleza moderada, reversibles y de importancia mediana a corto plazo. La zona urbana es la más afectada con un total de 89 puntos de impactos negativos sobre el suelo. La conservación del suelo es crucial para el mantenimiento del equilibrio del medio ambiente y para obtener sus múltiples beneficios, por lo que se deberían llevar a cabo estudios para identificar lugares adecuados para la construcción y la protección del suelo.

Tabla 9.

Matriz de identificación y descripción del impacto ambiental del componente suelo de la ciudad de Zumba

COMPONENTES AMBIENTALES	ZONAS			INFLUENCIA	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA										
	Área Urbana	Área Periurbana	Microcuenca Zumbayacu		Naturaleza	Magnitud	Importancia	Certeza	Tipo	Reversibilidad	Duración	Tiempo en aparecer	Considerado en Proyecto	Suma de los criterios	
A	SUELO		X	X	Deslizamiento de laderas	(-)	3	3	C	Pr	2	4	C	S	15
		X			Compactación	(-)	3	3	P	Sc	2	4	L	S	15
			X		Aumento de la erosión	(-)	3	2	C	Ac	2	4	L	S	12
		X	X		Alteración de la calidad del suelo	(-)	3	3	P	Ac	2	4	L	S	15
			X	X	Deterioro de la capa edáfica	(-)	2	2	P	Sc	2	4	L	S	10
		X			Dispersión de polvo	(-)	2	2	C	Sc	1	2	M	S	7
		X			Cambio de la topografía local	(-)	2	2	I	Sc	2	4	L	S	10
			X	X	Perdida del suelo fértil	(-)	2	2	P	Sc	2	1	C	S	7
		X			Movimiento de tierras	(-)	3	3	C	Pr	2	4	L	S	15
		X	X		Depósito de escombros y residuos sólidos	(-)	2	3	P	Ac	2	4	L	S	12
X			Asentamientos en masa	(-)	3	3	C	Pr	2	4	L	S	15		

Certeza	Tipo	Tiempo en aparecer	Considerado en Proyecto
(I) Improbable	(Pr) Primario	(C) Corto plazo	(S) Si
(P) Probable	(Sc) Secundario	(M) Mediano Plazo	(N) No
(C) Cierto	(Ac) Acumulativo	(L) Largo Plazo	

6.2.1.3. Valoración de impactos sobre el recurso hídrico.

El desarrollo urbano ha afectado negativamente el recurso hídrico, generando una serie de impactos que han sido valorados en la Tabla 9. Entre los impactos de mayor valoración ambiental se encuentran la transformación del régimen hídrico, la alteración de caudales y la alteración de la red hidrográfica, todos ellos de naturaleza negativa, intensidad alta e importancia significativa, y con efectos a largo plazo e irreversibles. En contraste, los impactos de menor valoración ambiental son la reducción de la disponibilidad de agua y sedimentos en los cuerpos de agua, con una naturaleza neutra y negativa, una intensidad moderada e importancia mediana, y con efectos reversibles a mediano plazo. La zona urbana es la más afectada, presentando un total de 77 impactos negativos sobre el recurso hídrico. En este contexto, es fundamental proteger el recurso hídrico, ya que su uso inadecuado puede llevar a su agotamiento a largo plazo.

Tabla 10.

Matriz de identificación y descripción de la influencia ambiental del componente recurso hídrico de la ciudad de Zumba

COMPONENTES AMBIENTALES	ZONAS			INFLUENCIA	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA										
	Área Urbana	Área Periurbana	Microcuenca Zumbayacu		Naturaleza	Magnitud	Importancia	Certeza	Tipo	Reversibilidad	Duración	Tiempo en aparecer	Considerado en Proyecto	Suma de los criterios	
B	RECURSO HÍDRICO	X			Transformación del régimen hídrico	(-)	3	3	C	Pr	2	4	L	S	15
			X	X	Contaminación del agua por explotación minera	(-)	2	2	C	Ac	2	4	L	S	10
		X			Alteración de caudales	(-)	3	3	C	Pr	2	4	L	S	15
				X	Reducción de disponibilidad de agua	(N)	2	2	P	Sc	1	2	M	S	7
		X			Alteración de la red hidrográfica	(-)	3	3	C	Pr	2	4	L	S	15
		X			Sedimentos en los cuerpos de agua	(-)	2	2	P	Sc	1	2	M	S	7
		X	X		Contaminación del recurso hídrico por aguas domiciliarias	(-)	2	3	C	Pr	1	4	L	S	11
		X			Contaminación del recurso hídrico por aguas Industriales	(-)	3	3	C	Pr	1	4	L	S	14
			X	X	Contaminación del recurso hídrico por aguas agrícolas	(-)	3	3	C	Pr	1	4	L	S	14
			X		Destrucción de sitios de interés turístico	(-)	2	2	I	Sc	2	4	L	S	10

Certeza	Tipo	Tiempo en aparecer	Considerado en Proyecto
(I) Improbable	(Pr) Primario	(C) Corto plazo	(S) Si
(P) Probable	(Sc) Secundario	(M) Mediano Plazo	(N) No
(C) Cierto	(Ac) Acumulativo	(L) Largo Plazo	

Valoración de los impactos ambientales sobre el suelo, recursos hídricos y cobertura vegetal

A partir del análisis de la matriz de Leopold, se puede concluir que el componente de cobertura vegetal es el que genera el mayor impacto negativo, con una valoración ambiental de 234 puntos, lo que representa el 19,97% del total de las influencias negativas. No se encontraron impactos positivos en los componentes de suelo, recursos hídricos y cobertura vegetal. Por otro lado, se identificó que el área peri-urbana de la ciudad de Zumba es la zona de estudio donde se generó la mayor influencia negativa, con una valoración de 226 puntos, lo que equivale al 19,28% del total de las áreas de estudio. Asimismo, se observó un impacto neutro en la microcuenca Zumbayacu, en el componente de recursos hídricos, con una valoración ambiental de 7 puntos, correspondiente al 0,60% del total de las áreas de estudio. En general, el valor de los impactos generados en las áreas de estudio, tanto positivos como negativos y neutros, fue de 1172 puntos, de los cuales el 98,81% (1158 puntos) corresponden a impactos negativos, el 1,19% (14 puntos) son neutros, y no se identificaron impactos positivos. En resumen, se puede concluir que las influencias ambientales generadas en las áreas de estudio son críticas, ya que su valoración se encuentra en el rango $>75\%$, según se muestra en la Tabla 2.

Tabla 11.

Matriz de valoración ambiental de los componentes suelo, recurso hídrico y cobertura vegetal

COMPONENTES AMBIENTALES		ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO									TOTAL (+)	TOTAL (N)	TOTAL (-)	TOTAL
		ÁREA URBANA			ÁREA PERI-URBANA			MICROCUCENCA ZUMBAYACU						
		(+)	(N)	(-)	(+)	(N)	(-)	(+)	(N)	(-)				
A	SUELO			89			71			32			192	192
B	RECURSO HÍDRICO			77			45		7	31		7	153	160
C	COBERTURA VEGETAL			54			110			70			234	234
TOTAL (+)											0			586
TOTAL (N)								7				14		
TOTAL (-)		220			226			133					1158	
TOTAL		220			226			133			579			1172

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE INFLUENCIA POR ÁREAS DE ESTUDIO			
	Área Urbana	Área Peri-Urbana	Microcuenca Zumbayacu
POSITIVOS	Nulo	Nulo	Nulo
NEUTROS	Nulo	Nulo	Bajo
NEGATIVOS	Alto	Alto	Alto
TOTALES	Alto	Alto	Alto

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE INFLUENCIA POR COMPONENTE AMBIENTAL				
	Positivos	Neutros	Negativos	Totales
SUELO	Nulo	Nulo	Alto	Alto
RECURSOS HÍDRICOS	Nulo	Bajo	Alto	Alto
COBERTURA VEGETAL	Nulo	Nulo	Alto	Alto

6.3. Resultados para el objetivo 3

6.3.1. Propuesta preliminar orientada al crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba

El crecimiento urbano de la ciudad de Zumba, ha sometido a sus recursos naturales circundantes a una fuerte presión, entre ellos el suelo, poniendo en peligro el equilibrio de los ecosistemas, que aparte de la importancia ambiental de su cubierta forestal, brinda protección a la erosión del suelo y a la recarga del manto acuífero. **Por ello** es importante armonizar los diferentes tipos de suelo con el aprovechamiento más primordial posible ya que no todos los suelos son iguales, sino que presentan una gran diversidad de morfologías y propiedades, por lo tanto, se debe optimizar la producción sostenible, de acuerdo a cada tipo de suelo, y de esta manera conservar ecosistemas frágiles.

Por consiguiente, luego de un análisis metódico que se efectuó en las zonas de estudio, es preciso establecer una propuesta orientada al crecimiento urbano ordenado de la ciudad de Zumba, con el fin de tener una ciudad donde la población tenga un buen uso y manejo sostenible de los suelos y resaltando la importancia de evaluar sus características antes de realizar cualquier actividad ya sea, agrícola, ganadera, conservación o construcción de infraestructuras, y de esta manera correlacionando factores sociales, económicos, y ambientales.

Por esta razón, se generaron mapas de clases agroecológicas de la microcuenca Zumbayacu.

Resultados cuantitativos de las ocupaciones del área urbana consolidada, área urbana no consolidada, peri-urbana y de la microcuenca Zumbayacu como se observa en la Tabla 11.

Tabla 12.

Número de hectáreas ocupadas en las áreas de estudio en relación a la microcuenca

ZONAS DE ESTUDIO	Área (ha)
Área urbana consolidada	26,51
Área urbana no consolidada	152,15
Área peri-urbana	19,03
Microcuenca Zumbayacu	3.008,07

Elaboración: Propia

En la Tabla 11 se puede estimar que el área urbana consolidada tiene 26,51 hectáreas que simboliza el 0,88 % del total de la microcuenca Zumbayacu; posteriormente el área urbana no consolidada 152,15 hectáreas que representa el 5,05% en relación a la microcuenca; el área peri-

urbana 19,03 hectáreas que corresponde al 0,63% de la superficie total de ocupación de uso de las tierras de la microcuenca Zumbayacu.

Tabla 13.

Porcentaje de las clases agrológicas de la microcuenca Zumbayacu

CLASES AGROLÓGICAS		Etiqueta	Area (ha)	%
Agricultura y otros usos	Laboreo permanente intenso	I	0	0
	Laboreo permanente moderado	II	0	0
	Laboreo permanente limitado	III	0	0
	Laboreo permanente ocasional	IV	314,97	10,47
Tierras miselaneas			258,51	8,59
Riesgos de erosión	No laboreo. Pastoreo controlado	V	0	0
Aprovechamiento forestal o con fines de conservación	No laboreo. Pastoreo o silvicultura	VI	281,16	9,35
	No laboreo. Pastoreo o silvicultura controlados	VII	2.103,077	69,91
	No laboreo. No pastoreo. No silvicultura	VIII	50,34	1,67
TOTAL			3.008,07	100

Elaboración: Propia

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2018

En la Tabla 12 se puede apreciar que dentro de la microcuenca Zumbayacu en el año 2020, se logró determinar que las clases agrológicas que tienen mayor superficie son la clase VII con 2.103,077 hectáreas que representa el 69,91% esta categoría tiene fines de conservación o aprovechamiento forestal, y la clase IV con 314,97 hectáreas, que simboliza el 10,47% esta clase en cambio son suelos de alta productividad.

Por otra parte, la clase con menor superficie es la clase VIII con 50,34 hectáreas, que constituye el 1,67%, de la microcuenca. Señalando que las categorías I, II, III, y V no se encuentran en el área de estudio.

Tabla 14.*Porcentaje de las clases agrológicas del área peri-urbana de la ciudad de Zumba*

CLASES AGROLÓGICAS		Etiqueta	Area (ha)	%
Agricultura y otros usos	Laboreo permanente intenso	I	0	0
	Laboreo permanente moderado	II	0	0
	Laboreo permanente limitado	III	0	0
	Laboreo permanente ocasional	IV	2,84	14,93
Tierras miselaneas			0,23	1,21
Riesgos de erosión	No laboreo. Pastoreo controlado	V	0	0
Aprovechamiento forestal o con fines de conservación	No laboreo. Pastoreo o silvicultura	VI	5,36	28,18
	No laboreo. Pastoreo o silvicultura controlados	VII	10,59	55,68
	No laboreo. No pastoreo. No silvicultura	VIII	0	0
TOTAL			19,02	100

Elaboración: Propia**Fuente:** Ministerio de Agricultura, 2018

En la Tabla 13 se puede visualizar que el área peri-urbana de la ciudad de Zumba, se consiguió determinar que las clases agrológicas la mayor afectada es la clase VII con 10,59 hectáreas, que representa el 55,68%, ya que dicha clase es para usos de conservación, del mismo modo, la clase con menor afectación es tierras misceláneas con 0,23 hectáreas, que representa el 1,21% de la superficie total del área peri-urbana de la ciudad de Zumba, la clase VI con 5,36 hectáreas que simboliza el 28,18 % del área peri-urbana la misma que si está siendo usada como corresponde como lo es la infraestructura.

Tabla 15.*Porcentaje de las clases agrológicas del área urbana de la ciudad de Zumba*

CLASES AGROLÓGICAS		Etiqueta	Area (ha)	%
Agricultura y otros usos	Laboreo permanente intenso	I	0	0
	Laboreo permanente moderado	II	0	0
	Laboreo permanente limitado	III	0	0
	Laboreo permanente ocasional	IV	136,10	76,38
Tierras miselaneas			12,45	6,99

Riesgos de erosión	No laboreo. Pastoreo controlado	V	0	0
Aprovechamiento forestal o con fines de conservación	No laboreo. Pastoreo o silvicultura	VI	0,60	0,34
	No laboreo. Pastoreo o silvicultura controlados	VII	29,03	16,29
	No laboreo. No pastoreo. No silvicultura	VIII	0	0
TOTAL			178,18	100

Elaboración: Propia

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2018

En la Tabla 14 se puede observar que el área urbana de la ciudad de Zumba, se pudo establecer que las clases agrológicas mayor afectadas son: la clase IV con 136,10 hectáreas, que representa el 76,38% dicha clase son suelos muy productivos, la clase VII con 29,03 que corresponde al 16,29% del total del área urbana de la ciudad, esta clase tiene fines de aprovechamiento forestal y tierras misceláneas 12,45 hectáreas que representa el 6,99% del área urbana la cual son aquellas superficies sin suelo, sin embargo la clase VI tiene 0,60 hectáreas que simboliza el 0,34%, la cual si está haciendo el respectivo uso del suelo que es para construcción y edificaciones.

Tabla 16.

Superficies agrológicas más afectadas de la microcuenca Zumbayacu

CLASES AGROLÓGICAS		Etiqueta	Área (ha)
Agricultura y otros usos	Laboreo permanente intenso	I	0
	Laboreo permanente moderado	II	0
	Laboreo permanente limitado	III	0
	Laboreo permanente ocasional	IV	138,94
Tierras miselaneas			12,68
Riesgos de erosión	No laboreo. Pastoreo controlado	V	0
Aprovechamiento forestal o con fines de conservación	No laboreo. Pastoreo o silvicultura	VI	5,96
	No laboreo. Pastoreo o silvicultura controlados	VII	39,62
	No laboreo. No pastoreo. No silvicultura	VIII	0
TOTAL			197,20

Elaboración: Propia

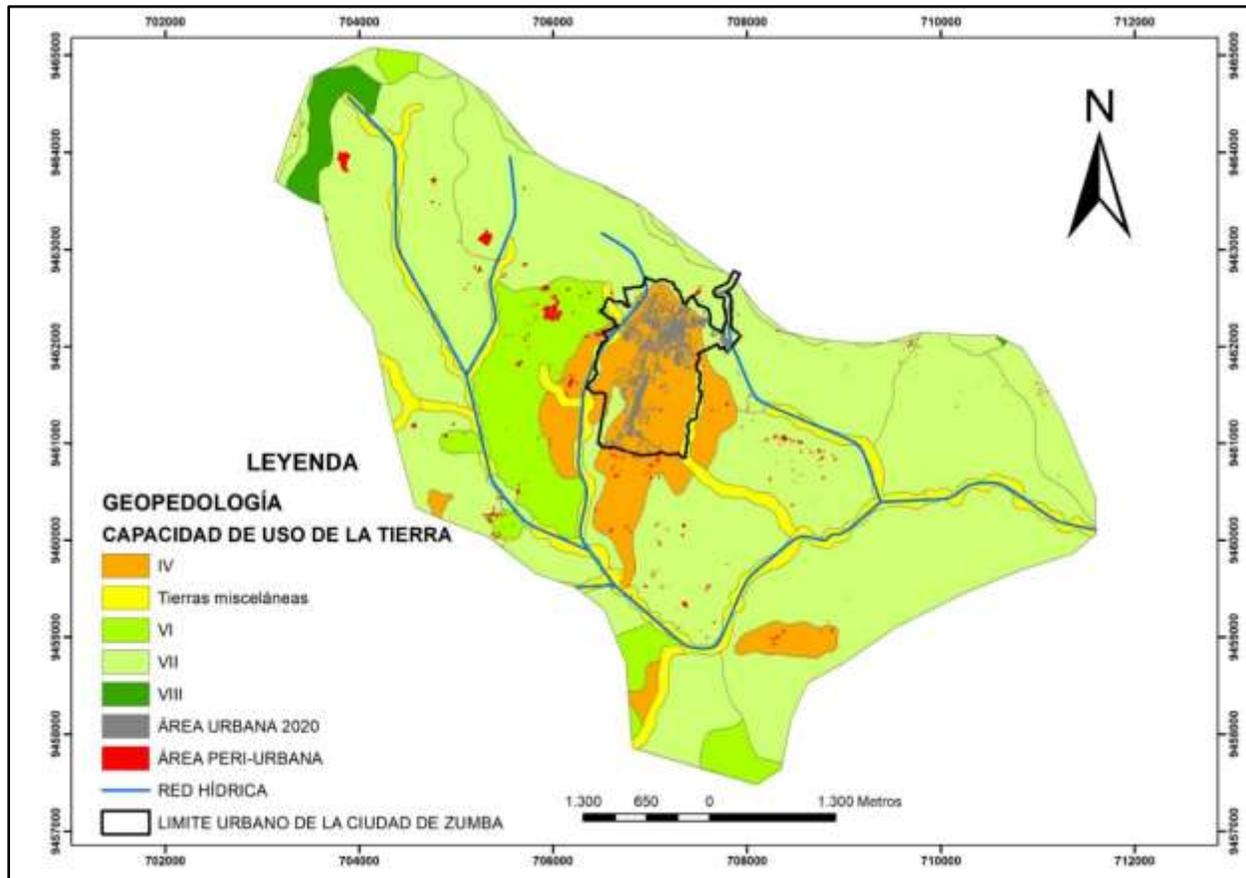
Fuente: Ministerio de Agricultura, 2018

En la Tabla 15 la clase agrológicas más afectada es: la clase VII, específicamente con fines de conservación con una disminución de 39,62 hectáreas y la clase IV con una disminución de

138,94 hectáreas suelos de alta productividad. Con todo y lo anterior en el período 2010 al 2020 se han perdido 197.2 hectáreas de clases agrológicas utilizadas por el crecimiento del área urbana y peri-urbana de la ciudad de Zumba.

Figura 10.

Clases agrológicas intervenidas por el área urbana de la ciudad de Zumba del año 2020



Elaboración: Propia

Fuente: SIGTIERRAS, 2020. Clases Agrológicas

PROPUESTA: CRECIMIENTO ORDENADO DE LA CIUDAD DE ZUMBA EN BASE A LAS CLASES AGROLÓGICAS

El suelo es un recurso natural finito y no renovable, influye considerablemente sobre el medio en que se ubica y repercute en las actividades de la población humana ejerciendo presión sobre el suelo y provocan afectación o deterioro del mismo, por ello es de suma importancia armonizar las diferentes clases de suelo, dándoles un aprovechamiento óptimo para una producción sostenible y conservar ecosistemas frágiles.

Las ciudades son promotoras del desarrollo económico, sin embargo, el aumento de la mancha urbana ejerce una presión cada vez mayor sobre los recursos de tierra tanto urbanas como rurales como se ha visto en este estudio, es un crecimiento desordenado y las municipalidades muy poco han logrado en materia de planificación este crecimiento urbano y el uso de los suelos.

Una vez realizado y analizado el presente estudio, se hace inevitable y urgente establecer una propuesta preliminar, con dirección a orientar el crecimiento urbano ordenado de la ciudad de Zumba, con el fin de crear una ciudad amigable con el medio ambiente, con planificación territorial, y evolucionando en su desarrollo con responsabilidad social y de esta manera prevenir los desastres naturales, involucrando a la ciudadanía en que participen en el respeto y cuidado del medio ambiente.

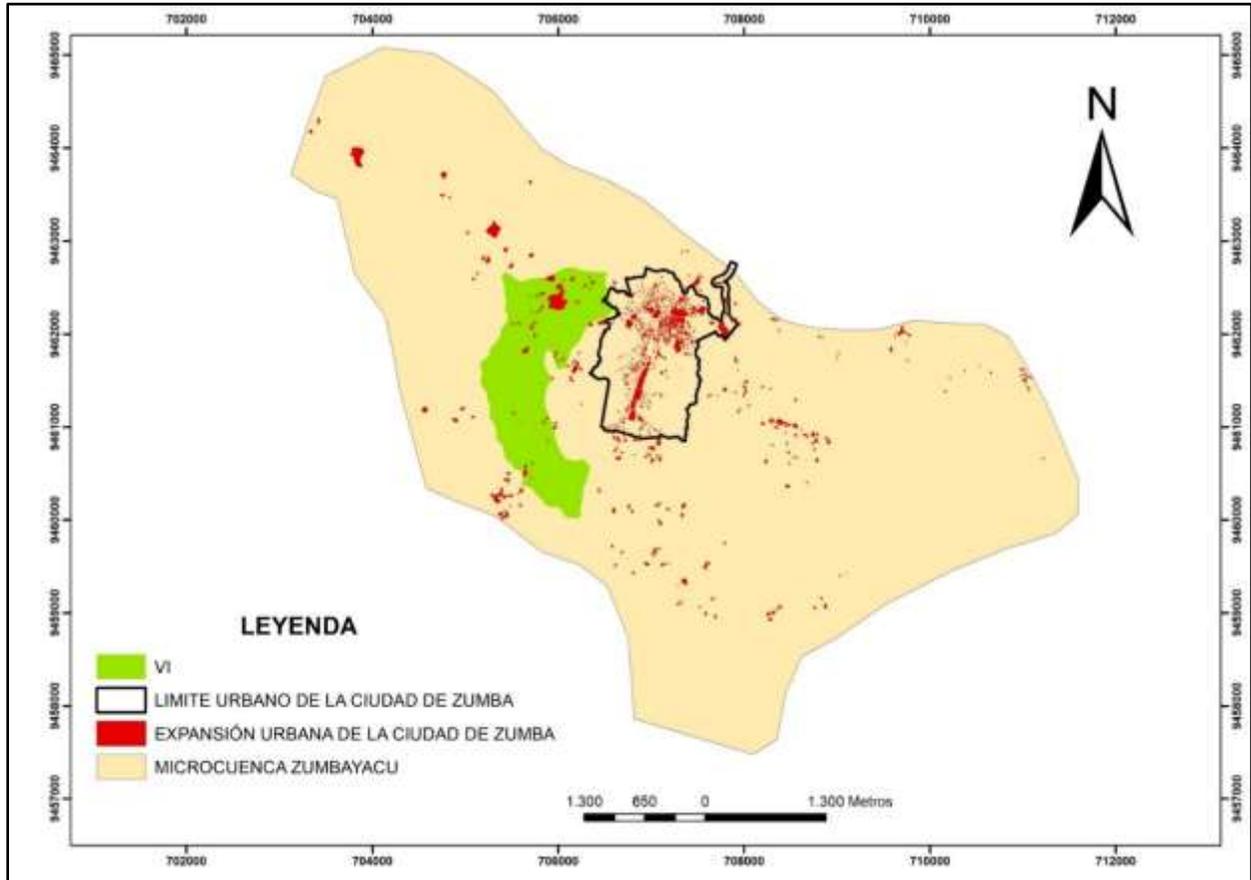
De acuerdo a los cambios de uso del suelo, principalmente la pérdida de la cubierta vegetal y uso del territorio, causada por el crecimiento de la mancha urbana entre el año 2010 y 2020, donde, se realizó un análisis multitemporal para crear una propuesta de crecimiento ordenado de la urbe de Zumba, dicha propuesta se la hace de acuerdo al análisis de las clases agrológicas para el cambio de uso del territorio de manera sistemática y no destruir a los recursos naturales como se puede evidenciar en la Figura 11.

La ciudad de Zumba puede desarrollarse de forma ordenada y sin amenazar a los recursos naturales en la siguiente clase agrológica: Clases VI. - En esta clase de suelo, se pueden encontrar pendientes que van desde el 12% hasta el 25%, con una profundidad efectiva y poca pedregosidad. Debido a las características de estos suelos, el uso de maquinaria para labores agrícolas está muy restringido, ya que son suelos con alto riesgo de erosión y no son adecuados para el cultivo y la conservación. Además, su textura es variable y su drenaje va desde excesivo a mal drenado, lo que puede afectar su capacidad para retener agua y nutrientes necesarios para el crecimiento de las

plantas. En conclusión, esta clase de suelo se debe utilizar preferentemente para la construcción de edificaciones y otros usos urbanos, tal como se muestra en la Figura 11.

Figura 11.

Zonas de crecimiento ordenado de la ciudad de Zumba en base a las clases agrologicas



Elaboración: Propia

Fuente: SIGTIERRAS, 2020. Clases Agrológicas

En definitiva, se hace necesario la planificación urbana, garantizando la calidad de vida de la ciudadanía y para ello se debe tomar en cuenta las clases agrologicas tratando de ocupar el espacio de manera ordenada y de acuerdo a su capacidad física, es decir ocupar los suelos que son aptos para el desarrollo urbano y de esta manera conservar los espacios que generan escorrentía, producción agrícola y bosques naturales, lo que finalmente se convierte en un crecimiento armónico de la urbe.

El bosque protector Yacuri se encuentra declarado en la microcuenca Zumbayacu, en la parte alta de la Parroquia San Andrés. Debido a su importancia ecológica, es crucial que se dé un uso eficiente, racional y respetuoso de los recursos naturales en este sitio. Es necesario evitar la

invasión de construcciones de urbanizaciones y ciudadelas que puedan degradar y generar cambios bruscos en el medio ambiente. La protección del bosque Yacuri es fundamental para mantener el equilibrio del ecosistema y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la región. Por lo tanto, se deben tomar medidas adecuadas para preservar su integridad y evitar su deterioro.

Es importante destacar que dentro del perímetro urbano de la ciudad existen 152,15 hectáreas que aún no han sido consolidadas. Esta información es relevante porque sugiere que existe un área disponible para que la ciudadanía pueda ocupar y así evitar el crecimiento desordenado de la población en las zonas peri-urbanas fuera del área urbana. Actualmente, el área periurbana cuenta con un total de 19,03 hectáreas, por lo que es fundamental promover la utilización de estas áreas disponibles para una expansión planificada y ordenada de la ciudad. Esto puede contribuir significativamente a evitar los problemas asociados al crecimiento desordenado de la población, tales como la falta de servicios básicos, la degradación ambiental y la congestión del tráfico, entre otros.

Finalmente se debería crear mecanismos que admitan disponer del suelo urbanizado necesario para garantizar el acceso de la población a una vivienda adecuada y digna, mediante la promoción de actuaciones coordinadas entre los poderes públicos, las organizaciones sociales y el sector privado (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018).

7. Discusión

En el presente estudio se llevó a cabo un análisis del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba durante los años 2010 y 2020. Los resultados indicaron que la ciudad experimentó un crecimiento de 7,10 hectáreas en este período de tiempo, lo que puede considerarse como un crecimiento relativamente bajo en comparación con otras ciudades del país. Por ejemplo, según un estudio realizado por Medina (2020) sobre el crecimiento urbano de la ciudad de Loja, se encontró que aumentó 3 737,65 a 5 059,88 hectáreas entre los años 2009 y 2019, esto indica que el crecimiento urbano de Loja fue significativamente mayor que el de Zumba en el mismo período por su parte Alderete (2019) señala que hay múltiples factores que pueden explicar las diferencias en el crecimiento urbano de una ciudad, incluyendo el tamaño de la población, la superficie de la ciudad, el nivel educativo y económico de sus habitantes, la tasa de desempleo urbano y la ubicación geográfica de la ciudad. En consecuencia, es posible que las variables explicativas del crecimiento urbano difieran con otras ciudades.

Se pudo constatar que la ciudad de Zumba no ha experimentado cambios significativos en su perímetro urbano, por lo cual, se han mantenido áreas sin consolidación de los asentamientos humanos, en este sentido, López (2010) argumenta que el aumento de la población y la infraestructura pueden ser factores que influyen en el cambio del perímetro urbano de una ciudad.

Por otra parte, se ha identificado que en la ciudad de Zumba se está experimentando un crecimiento periurbano descontrolado que abarca una extensión de 19,03 hectáreas. Este proceso no está siendo gestionado adecuadamente por la municipalidad en términos de planificación y ordenamiento territorial, lo que está generando impactos negativos en el suelo, los recursos hídricos y la cubierta vegetal, según Durán et al., (2016) la expansión de los asentamientos humanos hacia la periferia se debe a la idea idealizada de un estilo de vida suburbano que promete tranquilidad y acceso a áreas verdes para el disfrute de la naturaleza. En estas áreas periurbanas, se están percibiendo transformaciones socioeconómicas y culturales que implican una transición desde actividades agropecuarias e industriales hacia actividades comerciales y de servicios, cambios en los usos del suelo mediante nuevas zonificaciones, y la aparición de nuevos patrones de consumo que se evidencian en la construcción de centros comerciales. En este contexto, es fundamental que las autoridades competentes intervengan en la planificación y ordenamiento territorial para evitar los impactos negativos en el entorno periurbano y promover el desarrollo sostenible de la ciudad de Zumba.

En la microcuenca Zumbayacu se ha identificado una preocupante disminución de la superficie dedicada a cultivos agrícolas, que pasó del 6,21 % en el año 2010 al 1,31 % en el año 2020. Esta tendencia es alarmante, puesto que según Gutiérrez (2018), la pérdida de tierras agroproductivas tiene consecuencias negativas como la disminución de la seguridad alimentaria, el aumento de los precios de los alimentos y la pérdida de biodiversidad. En este sentido es necesario tomar medidas que fomenten un desarrollo urbano sostenible que no comprometa la producción de alimentos y la conservación de los ecosistemas naturales. De esta forma, se puede asegurar la disponibilidad de alimentos para la población y la preservación del medio ambiente. Las autoridades correspondientes deben trabajar en conjunto con los agricultores y la comunidad para implementar soluciones que promuevan la agricultura sostenible y reduzcan el impacto negativo del crecimiento urbano en la producción de alimentos.

Por otra parte, se encontró que desapareció la plantación forestal, en el año 2010 tenía 2,07 hectáreas y para el año 2020 ya no existe, esto se debería tener en cuenta en la ciudad, ya que según Van Der Hoek (2017) se debe a la existencia de áreas protegidas que son importantes para reducir la deforestación a nivel mundial.

En la investigación se utilizó una matriz causa-efecto que indica que la cobertura vegetal es el impacto más significativo de las actividades antrópicas en la zona, esto se debe según Camacho et al., (2021) a que el Ecuador tiene la tasa más alta de eliminación de la cobertura de América Latina, además, se ha observado una alta deforestación o eliminación bruta en los últimos años en Zamora Chinchipe, específicamente en los cantones de Palanda y Chinchipe, esta deforestación se relaciona con actividades antrópicas, como la creación y el mantenimiento de infraestructuras, la expansión de la ciudad y otros impactos asociados con el crecimiento de la población, la eliminación de la cobertura vegetal y en particular en Zamora Chinchipe, se debe a diversas actividades humanas y ha tenido un impacto significativo en la biodiversidad y los ecosistemas de la zona.

Dentro de la microcuenca Zumbayacu, se debería concientizar a la ciudadanía en la protección de las áreas que tienen cubierta vegetal tanto públicas como privadas, para que no siga aumentando la destrucción de estas áreas, esto se lo podría hacer de acuerdo a lo establecido por el Ministerio del Ambiente (2013) con el programa Socio Bosque que desde el año 2008 ha contribuido a la preservación de grandes áreas de plantaciones forestales, también se puede atribuir

por parte del municipio programas y proyectos de reforestación forestal en microcuencas con fines de conservación ambiental.

El área de estudio presenta pendientes que varían desde 0 hasta >70 %, no obstante, según la información proporcionada por el Municipio de Cuenca (2019), se considera que las pendientes adecuadas para la urbanización y construcción van desde <5 % hasta el 15%, en contraposición, las pendientes superiores a 30 grados no son adecuadas para el desarrollo urbano debido a que la urbanización y dotación de infraestructura resulta demasiado costosa, además de que estas áreas son propensas a la inestabilidad del suelo, lo que representa riesgos económicos, ambientales y de seguridad para las personas que habitan en ellas. Por lo tanto, se requiere de medidas para una adecuada planificación territorial que considere las características geográficas y topográficas del área para evitar impactos negativos en la población y el medio ambiente.

Entre 2010 y 2020, se perdieron 197,20 hectáreas de tierras agroecológicas (IV y VII) aptas para la agricultura y áreas de protección debido a la construcción de viviendas sin considerar estos factores. Por lo tanto, es necesario ordenar el territorio y dar importancia a los recursos circundantes para lograr un desarrollo sostenible en la ciudad de Zumba. A pesar de esto, la ciudadanía tiene poca información sobre el tema, y los gobiernos locales no realizan suficientes estudios para reducir estos riesgos. Por esta razón, es crucial que se implemente un control riguroso en la construcción de viviendas, teniendo en cuenta las clases agrológicas del terreno.

8. Conclusiones

- Mediante el análisis del crecimiento urbano de la ciudad de Zumba de los años 2010 al 2020, se pudo lograr la dinámica de crecimiento urbano de la urbe la cual ha tenido un aumento de 7,20 hectáreas. De tal forma el crecimiento peri-urbano es de 19,03 hectáreas dicho crecimiento son las zonas como: La Guara, la Huaca, Tolosa, Salapaca y El rejo.
- La evaluación del efecto del crecimiento urbano de Zumba en el suelo, recursos hídricos y cobertura vegetal a través de la matriz causa-efecto mostró que la cobertura vegetal fue el componente más afectado. Se concluyó que el área periurbana de Zumba sufrió el mayor impacto negativo en este componente.
- Los suelos de clase VI, al presentar riesgo de erosión y no ser aptos para la agricultura ni la conservación, son adecuados para la expansión urbana, permitiendo su uso para la construcción de edificaciones.

9. Recomendaciones

- El período de tiempo que se debe considerar para que sea característico este tipo de estudios es de por lo menos 10 años, con el propósito de valorar y demostrar los cambios que se producen.
- Este tipo de estudios sirven como un aporte al Plan Urbano de Gestión de Suelos, tomando en cuenta la capacidad de uso de las tierras y poder mantener un equilibrio entre el entorno ambiental y el esparcimiento de la ciudad.
- Incentivar al desarrollo de más trabajos sobre la ciudad y microcuenca Zumbayacu por lo que no existe mucha información cartográfica disponible.
- Fomentar a la realización de este tipo de estudios y la información que se realiza sirva como base para la toma de decisiones en investigaciones futuras.

10. Bibliografía

- Alderete, M. (2019). ¿Qué factores influyen en la construcción de ciudades inteligentes? Un modelo multinivel con datos a nivel ciudades y países. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, 14, 71–89. <https://www.redalyc.org/journal/924/92460273005/html/>
- Andino, M. (2014). *Fotointerpretación*. <https://doi.org/https://es.slideshare.net/mauroandino5/fotointerpretacin-36929010>
- Barron, O., Barr, A., & Donn, M. (2013). Effect of urbanisation on the water balance of a catchment with shallow groundwater. *Journal of Hydrology*, 485, 162–176. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.027>
- Barsky, A. (2005). El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. *Scripta Nova*, 194 (36), 741–798. <https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-36.htm>
- Bonilla, M., & Núñez, D. (2012). *Evaluación de Impacto Ambiental del Relleno Sanitario el la ciudad de Logroño*. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6335/1/T-ESPE-039980.pdf>
- Camacho, C., Carrión, N., & Jaramillo, A. (2021). Multitemporal analysis of deforestation and land cover change in Zamora Zamora Chinchipe. *Polos Del Conocimiento*, 6(11), 1228–1241. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3325>
- Carrillo, N. (2010). *El crecimiento urbano de la ciudad de Loja y su influencia sobre los recursos naturales circundantes* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5777#:~:text=https%3A//dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5777>
- Chunyang, H., Zhifeng, L., Jie, T., & Qun, M. (2014). Urban expansion dynamics and natural habitat loss in China: A multiscale landscape perspective. *Global Change Biology*, 20(9),

2886–2902. <https://doi.org/10.1111/gcb.12553>

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (Rialp, S.A).

<http://cursosihlla.bdh.org.ar/Sist. Cart. y Teledet./Bibliografia/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>

Concepción, E. (2022). Expansión urbana o cómo el suelo urbanizado se dispersa por el paisaje:

Implicaciones para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 31(1), 2165–2165.

<https://doi.org/10.7818/ECOS.2165>

Coria, I. D. (2008). El Estudio de impacto ambiental: Características y metodologías. *Invenio*,

11(20), 125–135. <https://www.redalyc.org/pdf/877/87702010.pdf>

Coronel, J., & Graefling, W. (2002). *Evaluación y Manejo Ambiental de una Planta Recicladora*

de Plomo [Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Coronel_R_J/t_completo.pdf

Dirección de Planificación Seguimiento y Evaluación. (2019). *Plan estratégico 2019-2021*. 60.

https://www.presidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/k_pei_institucional-2019-2021.pdf

Durán, G., Martí, M., & Mérida, J. (2016). Crecimiento, segregación y mecanismos de

desplazamiento en el periurbano de Quito. *Iconos. Revista de Ciencias Sociales*, 56.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17141/iconos.56.2016.2150>

Elliot, J. (2009). *Los bosques de la cuenca transfronteriza del Río Mayo-Chinchipec, Peru-*

Ecuador.

https://books.google.com/books/about/Los_bosques_de_la_cuenca_transfronteriza.html?hl=es&id=99zhSAAACAAJ

Farnum, F., & Murillo, V. (2019). *Análisis Multitemporal (1970-2017) del uso del suelo en Cinco*

- Comunidades ubicadas a lo largo de la carretera Boyd Roosevelt, Panamá.*
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/224/224979010/224979010.pdf>
- Feito, M. C. (2018). Problemas y desafíos del periurbano de Buenos Aires. *Estudios Socioterritoriales*, 24, 1–19. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/97356>
- Feldman, D. (2017). The Water-Sustainable City: Science, Policy and Practice. *Social and Political Science* 2017, 1–197. <https://doi.org/10.4337/9781783478576>
- Fondo de la Población de las Naciones Unidas. (2004). *El Consenso de El Cairo, diez años después: Población, salud reproducción y acciones mundiales para eliminar la pobreza.*
https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/swp04_spa.pdf
- Guiñanzaca, W., Miño, C., & Xu, C. (2011). *Sistema de Información Geográfica para el análisis de la realidad socioeconómica de los estudiantes de la Ups* [Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2042/15/UPS-CT002373.pdf>
- Hegazy, I. R., & Kaloop, M. R. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(1), 117–124.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609015000060?via%3Dihub>
- Hernández, R. (2015). “Uso de un sistema de Información Geográfica como herramienta de apoyo para elaboración de georepresentación aplicado a un caso Ambiental” [Universidad Autónoma de Chiapas]. http://www.cecodes.net/files/USO_DE_UN_SISTEMA_DE_INFORMACIÓN_GEOGRÁFICA_COMO_HERRAMIENTA_DE_APOYO_PARA_ELABORACIÓN_DE_GEOREPRESSETACIÓN_APLICADO_A_UN_CASO_AMBIENTAL.pdf

- Humacata, L. (2019). *Análisis espacial de los cambios de usos del suelo. Aplicación con Sistemas de Información Geográfica* / *Revista Cartográfica*.
<https://revistasipgh.org/index.php/rcar/article/view/149/1655>
- Iizuka, K., Johnson, B., Onishi, A., Magcale-Macandog, Damasa Endo, I., & Bragais, M. (2017). Modeling Future Urban Sprawl and Landscape Change in the Laguna de Bay Area, Philippines. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land6020026>
- Izquierdo, R. (2016). *Fotografía aérea de bajo costo y sus posibles aplicaciones en geomática*. Universidad.
- Jiménez, E. (2019). *Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja: Dinámica y modelamiento futuro de cambios y fragmentación en la cobertura y uso del suelo en la Hoya de Loja en el periodo 2001 - 2016*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/21833>
- Kara, C., & Akçit, N. (2016). Monitoring urban growth and detection of land use with GIS and remote sensing: a case study of the Kyrenia region. *Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2016)*, 9688(Fig 1), 96881I. <https://doi.org/10.1117/12.2241874>
- Lahoz, E. (2010). Reflexiones Medioambientales de la Expansion Urbana. *Cuadernos Geográficos*, 46, 293–313. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17117027013>
- Ledezma, J. C., & García, M. (2015). *Cambio de Cobertura de la Tierra en el área de influencia del proyecto de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, Perú*. https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-files/Complement_to_PUCALLPA_final.pdf
- López, M. (2015). El sistema de planificación y el OT en Ecuador. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, 19(2), 297–312. <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/102802/105617>

- Makero, J., & Kashaigili, J. (2016). Analysis of Land-Cover Changes and Anthropogenic Activities in Itigi Thicket, Tanzania. *Advances in Remote Sensing*, 5(4), 269–283. <https://doi.org/10.4236/ARS.2016.54021>
- Martellozzo, F., Amato, F., Murgante, B., & Clarke, K. . (2018). Modelling the impact of urban growth on agriculture and natural land in Italy to 2030. *Applied Geography*, 91, 156–167. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622817308093>
- Maza, C. (2009). “*Clasificación Y Análisis De La Cobertura Vegetal Sobre La Subcuenca Zamora Huayco - Cantón Loja*” [Universidad Técnica Particular de Loja]. https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2218/3/UTPL_Maza_Chamba_Cristian_Vicente_1009103.pdf
- Medina, L. (2020). *Análisis del Crecimiento Urbano de la Ciudad de Loja y su Influencia sobre los recursos Naturales Circundantes en el período 2009 – 2019* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23713>
- Merlotto, A., Piccolo, M. C., & Bértola, G. R. (2012). Crecimiento urbano y cambios del uso/ cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53(53), 159–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000300010>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Informe Nacional del Ecuador para la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible HABITAT III. In *Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos*. <https://uploads.habitat3.org/hb3/National-Report-Ecuador-spanish.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo: Correspondencias Jurídicas*.

https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/LOOTUGS-Correspondencias-Juridicas_oficial_8M.pdf

Municipio de Chinchipe. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chinchipe*.

https://issuu.com/santiagosilva9/docs/pdot_canton_chinchipe

Municipio de Chinchipe. (2015). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chinchipe*.

<https://app.sni.gob.ec/sni->

[link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1960000460001_PDYOT CHINCHIPE_13-04-2016_11-39-19.pdf](link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1960000460001_PDYOT_CHINCHIPE_13-04-2016_11-39-19.pdf)

Municipio de Chinchipe. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Chinchipe*.

<https://gadchinchipe.gob.ec/propuesta-de-actualizacion-del-pdot/>

Municipio de Cuenca. (2019). *Ordenanza que sanciona el plan de actuación urbanística del sector de la ciudadela Kennedy y orillas de Machángara*.

[https://www.cuenca.gob.ec/system/files/ORDENANZA_QUE_SANCIONA_EL_PLAN_DE ACTUACIÓN URBANÍSTICA DEL SECTOR DE LA CIUDADELA KENNEDY Y ORILLAS DE MACHÁNGARA.pdf](https://www.cuenca.gob.ec/system/files/ORDENANZA_QUE_SANCIONA_EL_PLAN_DE_ACTUACION_URBANISTICA_DEL_SECTOR_DE_LA_CIUDADELA_KENNEDY_Y_ORILLAS_DE_MACHANGARA.pdf)

Novillo, C. (2019). *Qué es un ASPECTO AMBIENTAL y Ejemplos*.

<https://doi.org/https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-aspecto-ambiental-y-ejemplos-2015.html#:~:text=Los%20aspectos%20ambientales%20pueden%20causar,cambio%20importante%20en%20el%20medio>

Núñez, V. (2012). *Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*.

<https://bibliotecavirtualaserena.files.wordpress.com/2017/11/cartilla-tec3b3rica.pdf>

Nwokoro, I., & Dekolo, S. (2012). Land Use Change And Environmental Sustainability: The Case Of Lagos Metropolis. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 155, 157–167.

<https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/155/23110>

Ocampo, A. (2017). Crecimiento Urbano y Planificación Territorial en la Ciudad de Cali. Evolución 1990 - 2010. In *Universitat de Barcelona*. Universitat de Barcelona.

Ochoa, F. (2023). *Campos de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica*. <https://doi.org/https://acolita.com/campos-de-aplicacion-de-los-sistemas-de-informacion-geografica/#:~:text=Los%20SIG%20permiten%20visualizar%20y,de%20decisiones%20en%20tiempo%20real>

Ortega, M. (2017). *El potencial agrológico y su consideración en la Ordenación del Territorio . El caso de Asturias* [Universidad de Oviedo]. <https://core.ac.uk/download/pdf/132416336.pdf>

Pérez, C., & Muñoz, Á. (2006). *Teledetección: Nociones y Aplicaciones*. <https://mundocartogeo.files.wordpress.com/2015/03/teledeteccion-nocionesaplicaciones-2006publico.pdf>

Polanco, M. (2006). *Fotointerpretacion y Mapificación* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://es.slideshare.net/DARIO_PAEZ/fotointerpretacion

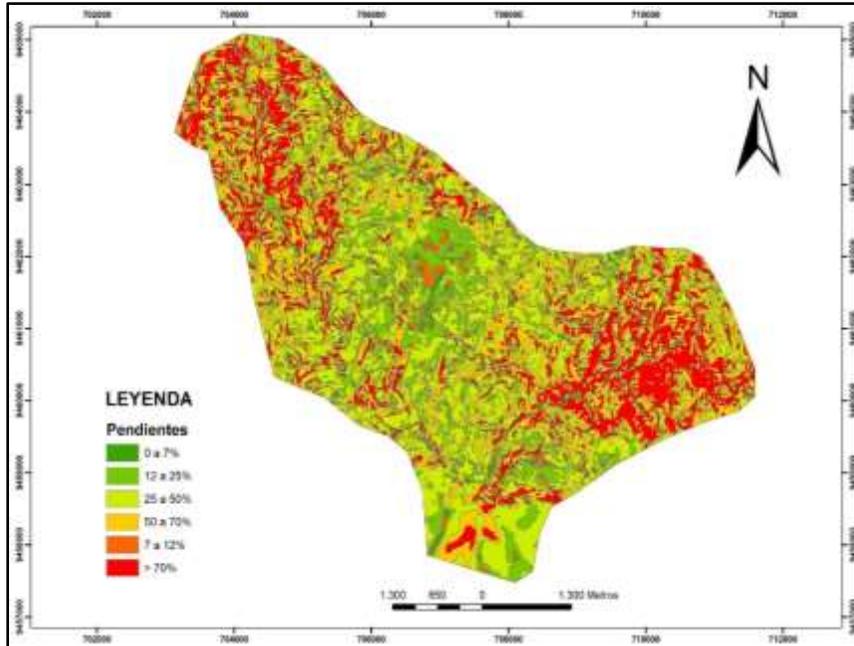
Ramos, M., Berroterán, D., & Najul, M. V. (2014). Patterns of occupation of the territory in the middle basin of the Tuy River and its impact on the quality of the water. *Revista de La Facultad de Ingeniería*, 29(3), 17–28. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-40652014000300003&script=sci_abstract&tlng=en

Reyes, H., Aguilar, M., Aguirre, J., & Trejo, I. (2006). Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. *Investigaciones Geográficas*, 59. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-

11. Anexos

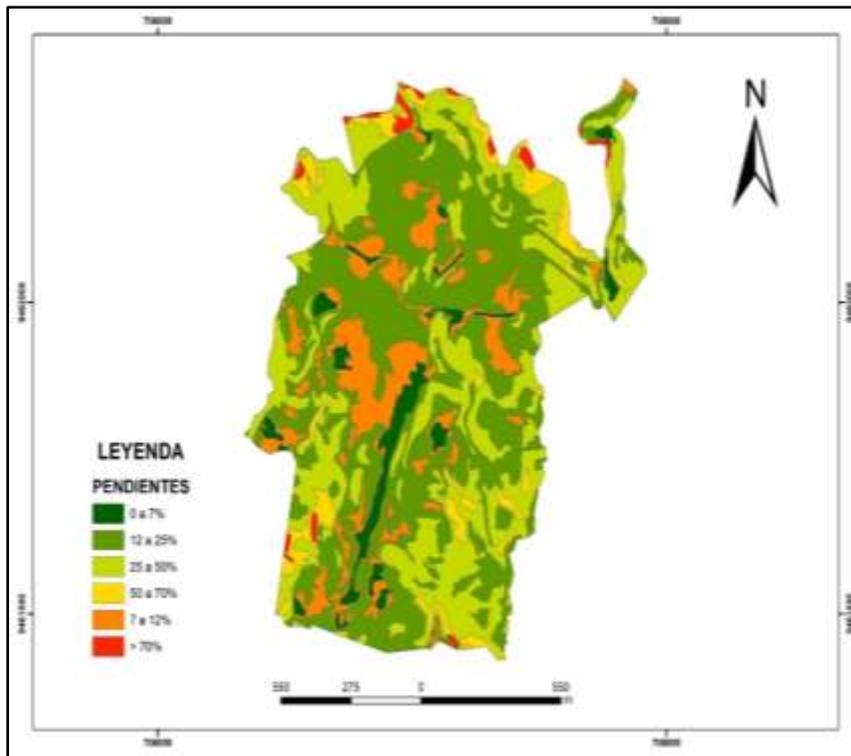
Anexo 1.

Pendientes de la microcuenca Zumbayacu



Anexo 2.

Pendientes del área urbana de la ciudad de Zumba



Anexo 3.

Crecimiento de la ciudad



Anexo 4.

Construcción de vías (impacto del suelo)



Anexo 5.

Viviendas cerca del cauce (impacto hídrico)



Anexo 6.

Viviendas sobre la cobertura vegetal (impacto de la cobertura vegetal)



Anexo 7.

Recursos hídricos en el área urbana



Anexo 8.

Visita directa a zonas de estudio de la ciudad de Zumba



Anexo 9.

Certificado de traducción de español al idioma ingles

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Larry Bryan Palacio Armijos.

Licenciado en Ciencias de la Educación: Mención Inglés.

CERTIFICO:

Que he realizado la traducción de español al idioma ingles del resumen derivado de la tesis denominada **ANALISIS DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE ZUMBA Y SU EFECTO SOBRE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PERIODO 2010 – 2020** de autoría de: Maria Janeth Urrego Jiménez, portadora de la cédula de identidad: 1900865179, estudiante de la Carrera de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Loja, la misma que se encuentra bajo la dirección del Ing. Anibal Gonzales, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que considere conveniente.

Loja, 1 de febrero de 2023



Larry Bryan Palacio Armijos

Licenciado en Ciencias de la Educación: Mención Inglés

Lic. Larry Palacio, Registro de Senescyt 1008-2020-2216911 Telf: 0985348373
Email: larrypalacio30@gmail.com

