

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CENTRO DE POSGRADOS MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL COHORTE 2021

TEMA: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO ENTRE LOS AÑOS 2004-2021 DE LA CIUDAD DE AMBATO”

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental Mención Planificación Ambiental

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada

Autora: Ingeniera Lady Helen Carvajal Aldás

Director: Ingeniero Víctor Hugo González Jaramillo PhD.

Ambato – Ecuador

2022

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD, e integrado por los señores: Ingeniera Karina Gabriela Añazco Calderón Master y Arquitecto Oscar Efrén Reyes Bustamante Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO ENTRE LOS AÑOS 2004-2021 DE LA CIUDAD DE AMBATO” elaborado y presentado por la señorita Ingeniera Lady Helen Carvajal Aldás, para optar por el Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Karina Gabriela Añazco Calderón MSc
Miembro del Tribunal

Arq. Oscar Efrén Reyes Bustamante Mg
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO ENTRE LOS AÑOS 2004-2021 DE LA CIUDAD DE AMBATO”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera Lady Helen Carvajal Aldás, Autora bajo la Dirección del Ingeniero Víctor Hugo González Jaramillo PhD, Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniera Lady Helen Carvajal Aldás
c.c.: 1804476941
AUTORA

Ingeniero Víctor Hugo González Jaramillo PhD
c.c.: 1103652713
DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ingeniera Lady Helen Carvajal Aldás
c.c.: 1804476941

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN EJECUTIVO.....	xi
EXECUTIVE SUMMARY	xiii
CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos	3
CAPÍTULO II ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.1. ORDENAMIENTO TERRITORIAL	5
2.2. COBERTURA Y USO DEL SUELO.....	7
2.2.1. Cobertura del suelo	7
2.2.2. Uso del suelo.....	8
2.3. CAMBIOS EN LA COBERTURA Y USO DEL SUELO	9
2.4. CRECIMIENTO URBANO EN EL MUNDO, LATINOAMERICA Y ECUADOR	10
2.5. LA TELEDETECCIÓN.....	13
2.5.1. Imágenes satelitales.....	13
2.5.2. El análisis multitemporal	15

2.6. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) COMO HERRAMIENTA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	16
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	18
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	18
3.2. EQUIPOS Y MATERIALES.....	21
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
3.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	22
3.5. ANÁLISIS MULTITEMPORAL	22
3.5.1. Recolección de información/ Selección de imágenes satelitales	23
3.5.2. Procesamiento de la información y análisis	25
3.6. DEFINICIÓN DE SITIOS ÓPTIMOS PARA EL CRECIMIENTO URBANO.....	31
3.6.1. Centros educativos	32
3.6.2. Vialidad- Accesibilidad.....	33
3.6.3. Zonas propensas a movimientos en masa	34
3.6.4. Pendientes	36
3.6.5. Eventos peligrosos	36
3.7. VARIABLES RESPUESTA O RESULTADOS ALCANZADOS	37
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. ANÁLISIS MULTITEMPORAL	38
4.1.1. Año 2004.....	39
4.1.2. Año 2010.....	42
4.1.3. Año 2021.....	45
4.1.7. Resultados de la definición de sitios óptimos para el crecimiento urbano.....	53
CAPÍTULO V CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	56
5.1. Conclusiones	56
5.2. Recomendaciones	58
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fecha de Lanzamientos y Fin de Operación de las Misiones LandSat	15
Tabla 2 Características de las Imágenes Satelitales LandSat	24
Tabla 3 Combinación de Bandas Usadas Para el Área de Estudio	28
Tabla 4 Clasificación de la Cobertura del Suelo.	28
Tabla 5 Descripción de los Niveles de Amenazas por Movimientos en Masa	34
Tabla 6 Superficie y Porcentajes Correspondientes a las Coberturas del Suelo Año 2004 ..	39
Tabla 7 Superficies y Porcentajes Correspondientes a las Coberturas del Suelo Año 2010.	42
Tabla 8 Superficie y Porcentajes Correspondientes a las Coberturas del Suelo Año 2021 ..	45
Tabla 9 Resultados del Cálculo del área de Cambio del Uso/Cobertura del Suelo Periodo 2004-2021	48
Tabla 10 Resultados de las tasas de cambio anuales.....	49
Tabla 11 Porcentajes de las tasas de cambio anuales calculadas	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 La Teledetección	13
Figura 2 Localización del Cantón de Ambato	18
Figura 3 Población del cantón Ambato 2001, 2010 y 2020.....	19
Figura 4 Metodología a Emplear para el Análisis Multitemporal.....	23
Figura 5 Previsualización de las Imágenes Tomadas de Earth Explorer	24
Figura 6 Visualización del error de bandeado de las imágenes LandSat 7.....	26
Figura 7 Corte de las bandas para el área de estudio	27
Figura 8 Visualización de la combinación de bandas 3-2-1	29
Figura 9 Clasificación supervisada Año 2004	30
Figura 10 N° de Establecimientos Educativos Presentes en el Distrito 01	32
Figura 11 N° de Establecimientos Educativos Presentes en el Distrito 02.....	33
Figura 12 Mapa del Sistema Vial de la Ciudad de Ambato.....	34
Figura 13 Amenazas por movimientos en masa del cantón Ambato	35
Figura 14 Pendientes del Cantón Ambato	36
Figura 15 Deslizamientos Suscitados Entre los Años 2013-2018	37
Figura 16 Concentración Poblacional en la Ciudad de Ambato Año 2004	40
Figura 17 Mapa de Uso y Cobertura del Suelo del Cantón Ambato Año 2004.....	41
Figura 18 Concentración de la Población en la Ciudad de Ambato Año 2010.....	43
Figura 19 Mapa de Cobertura y Uso del Suelo del Cantón Ambato Año 2010.....	44
Figura 20 Concentración Poblacional de la Ciudad de Ambato Año 2021	46
Figura 21 Mapa de Cobertura y Uso del Suelo del Cantón Ambato Año 2021	47
Figura 22 Comparación de las Superficies Correspondientes a la Cobertura del Suelo Entre los Años 2004,2010, 2021	52
Figura 23 Áreas Establecidas para el Crecimiento Urbano con Respecto a los Movimientos en Masa.....	54
Figura 24 Áreas Establecidas para el Crecimiento Urbano con Respecto a las Pendientes. 55	

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por haberme otorgado una vida plena, y a mi familia quienes han creído en mí siempre, dándome un ejemplo de superación y sacrificio. A mis amigos que me han prestado su ayuda y apoyo durante este viaje.

A mi tutor que a lo largo del periodo ha estado pendiente, agradeciendo su ayuda en todo momento.

A la Universidad Técnica de Ambato por brindarme la oportunidad de seguir especializándome y continuar aprendiendo.

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mi madre principalmente, sin su apoyo no hubiera logrado esto.

A mi hija Crisley por haber tenido la paciencia y la madurez para entender mi ausencia en ocasiones.

A mi pareja por su paciencia, su tiempo y su apoyo en todo este proceso.

A mi padre por su paciencia y su comprensión a lo largo de la maestría.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL
(TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

TEMA:

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO ENTRE LOS AÑOS 2004-2021 DE LA CIUDAD DE AMBATO.

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada

AUTORA: Ingeniera Lady Helen Carvajal Aldás

DIRECTOR: Ingeniero Víctor Hugo González Jaramillo PhD

FECHA: Veintisiete de mayo del dos mil veintidós

RESUMEN EJECUTIVO

El territorio ecuatoriano sufre grandes cambios que alteran las estructuras de las ciudades, la falta de desarrollo equilibrado y homogéneo sobre las tierras hace difícil la administración y el establecimiento de leyes, por tal motivo es necesario la realización de estudios multitemporales para conocer tendencias de crecimiento. Es así como se selecciona a la ciudad de Ambato como área de estudio, al ser capital y parte de la fuerza motriz de la provincia de Tungurahua, es importante conocer su ampliación para poder predecir y tomar mejores decisiones en su administración territorial. El objetivo del presente trabajo fue analizar el crecimiento urbano y los cambios en el uso del suelo mediante la interpretación de imágenes satelitales tomadas de los satélites LandSat 7 entre los años 2004-2021, en donde se concluyó que la ciudad ha tenido una expansión direccionada a las áreas periféricas de la cabecera cantonal abarcando las zonas que corresponden a los límites de la ciudad, de igual forma el área urbana dentro de un periodo de 17 años de 2318.93 ha que poseía en el 2004 ha llegado a tener 7149.24 ha al 2021, incrementando el área de construcción de la ciudad y a su vez provocando una conversión a expensas de las tierras rurales que circundan la ciudad por lo que se acepta la hipótesis nula, la cual indica que proceso de expansión urbana ha provocado un cambio de uso en el suelo de las áreas rurales en la ciudad de Ambato entre los años 2004-2021. Por otro lado, en referencia a la definición de sitios óptimos para el crecimiento urbano se estableció variables como las amenazas por movimientos en masa, la pendiente y los eventos peligrosos, que

ayudaron a establecer como áreas para el crecimiento urbano las zonas ubicadas en el suroeste y noreste de la ciudad.

DESCRIPTORES: ADMINISTRACIÓN, CANTÓN, CRECIMIENTO, DESARROLLO, LEYES, PLANIFICACIÓN, POBLACIÓN, TENDENCIAS, TERRITORIAL, URBANO.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL
(TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

THEME:

*MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF URBAN EXPANSION AND CHANGES IN
LAND USE BETWEEN THE YEARS 2004-2021 IN THE CITY OF AMBATO.*

DEGREE MODALITY: Degree Project with Applied Research Component

AUTHOR: Engineer Lady Helen Carvajal Aldás

DIRECTED BY: Engineer Víctor Hugo González Jaramillo PhD

DATE: May twenty-seventh, two thousand and twenty-two

EXECUTIVE SUMMARY

The Ecuadorian territory undergoes great changes that alter the structures of the cities, the lack of balanced and homogeneous development on the land makes administration and the establishment of laws difficult, for this reason it is necessary to carry out multi-temporal studies to know growth trends. This is how the city of Ambato is selected as the study area, being the capital and part of the driving force of the province of Tungurahua, it is important to know its expansion in order to predict and make better decisions in its territorial administration. The objective of this work was to analyze urban growth and changes in land use through the interpretation of satellite images taken from LandSat 7 satellites between the years 2004-2021, where it was concluded that the city has had an expansion directed at the peripheral areas of the cantonal head covering the areas that correspond to the limits of the city, in the same way the urban area within a period of 17 years of 2318.93 ha that it had in 2004 has come to have 7149.24 ha by 2021, increasing the construction area of the city and in turn causing a conversion at the expense of the rural lands that surround the city, so the null hypothesis is accepted, which indicates that the process of urban expansion has caused a change in land use of rural areas in the city of Ambato between the years 2004-2021. On the other hand, in reference to the definition of optimal sites for urban growth, variables such as threats due to mass movements, slope and dangerous events were established, which helped to establish the areas located in the southwest as areas for urban growth. and northeast of the city.

KEYWORDS: ADMINISTRATION, CANTON, GROWTH, DEVELOPMENT,
LAWS, PLANNING, POPULATION, TRENDS, TERRITORIAL, URBAN.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En la última década del siglo XX y los primeros años del siglo XXI, el territorio ecuatoriano ha sufrido profundos cambios que han alterado la estructura de las ciudades así como el uso del suelo (Mejía, 2018). Estos sucesos dan paso a un crecimiento acelerado y poco articulado del país, debido a la falta de políticas territoriales y a reformas económicas que propician la migración de la población rural hacia áreas urbanas (Coello, 2019).

La presente investigación se realiza teniendo como base un análisis multitemporal de las primeras décadas del siglo XXI, la misma se relaciona con la línea de investigación Mecanismos de Desarrollo Limpio, la cual brinda un conocimiento real sobre la expansión y el cambio en el uso del suelo de la ciudad de Ambato. Se ha tomado esta ciudad como caso de estudio debido a que se encuentra en la Sierra Centro y es una ciudad de importancia comercial y de producción para la provincia de Tungurahua.

A su vez, se pretende responder a las interrogantes ¿Cuál ha sido el comportamiento del proceso de expansión urbana y los cambios en el uso del suelo en la ciudad de Ambato entre los años 2004-2021? Y ¿Cuáles serían los sitios más adecuados para una futura expansión urbana de la ciudad de Ambato? Para lo cual se ha planteado como objetivo general el análisis del crecimiento urbano y los cambios en la cobertura del suelo mediante la interpretación de imágenes satelitales.

La investigación se encuentra distribuida en 5 capítulos: en el primero se aborda la problemática; el segundo corresponde a los antecedentes investigativos que sustentaron la investigación; en el tercero se detalla el marco metodológico; el cuarto capítulo contiene la discusión y los resultados de la investigación y finalmente, en el quinto capítulo se expresan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado con el análisis realizado.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Una de las características de la expansión urbana en nuestro país, es la falta de desarrollo equilibrado y homogéneo sobre el territorio, además de carecer de infraestructura adecuada para el posicionamiento de viviendas en algunos sectores (Mejía, 2018). La ciudad de Ambato no es la excepción ya que presenta un crecimiento desordenado evidenciado en el incremento de asentamientos informales, muchos de ellos ubicados en zonas de riesgo (Coello, 2019).

La expansión urbana tiene una serie de consecuencias para las áreas colindantes a causa del cambio en el uso del suelo. En otras palabras, las áreas limítrofes de la ciudad que normalmente tienen vocación rural se convierten en urbanas, mediante la construcción y establecimiento de infraestructura que caracterizan estas áreas. Debido al impacto que genera la expansión de una ciudad sobre el suelo y el bienestar de la sociedad (Xiao Peng et al., 2018) es necesario generar un proyecto relacionado con el crecimiento urbano y el cambio en el uso del suelo.

Estos estudios permiten conocer el comportamiento actual de la localidad así como predecir una posible conducta futura (Singh y Singh, 2021), generan conocimientos relacionados a los cambios ocurridos por la expansión urbana y sus actividades, a su vez los resultados proporcionan una mejor visión del cambio del uso del suelo a través del tiempo. La inclusión de este tipo de investigaciones tiene su importancia ya que permiten mejorar la administración de tierras y el desarrollo territorial.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Analizar el crecimiento urbano y los cambios en el uso del suelo mediante la interpretación de imágenes satelitales entre los años 2004-2021 de la ciudad de Ambato.

1.3.2. Específicos

- Identificar mediante los SIG el crecimiento urbano y los cambios en el uso del suelo en la ciudad de Ambato entre los años 2004-2010-2021.
- Cuantificar y comparar el área de crecimiento urbano entre los años establecidos.
- Definir sitios óptimos para el crecimiento urbano futuro de la ciudad de Ambato apoyando un ordenamiento territorial planificado y sustentable.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El estudio de la expansión urbana y los cambios en la cobertura y usos del suelo son campos con un amplio estudio a nivel mundial. Este tipo de estudios nos ayudan a comprender como interactúan los diferentes factores socioeconómicos y biofísicos que se encuentran, además de ser un referente para conocer la dirección de los procesos de cambio existentes dentro de un territorio (Camacho-Sanabria et al., 2017). Después de realizar un análisis bibliográfico de los trabajos relacionados a la investigación mencionamos los siguientes:

En el trabajo de Perdomo (2017) en donde se efectúa un análisis multitemporal del comportamiento en el desarrollo urbanístico de la localidad de Suba, en la ciudad de Bogotá de un periodo comprendido entre los años 1998-2014, menciona las consecuencias que conlleva el crecimiento urbano en la alteración de patrones y procesos en los ecosistemas por la conversión y fragmentación de paisajes naturales y rurales. Llegando a la conclusión de que en la localidad se registra un incremento medio anual de 59.6 ha/año en donde se han substituido 954 ha de las coberturas del suelo, además desde el año 2010 ha existido un decrecimiento en los procesos de autoconstrucción dando paso a procesos constructivos multifamiliares.

De igual manera Coello (2019) en su investigación denominada “Estudio de Ordenamiento territorial para una adecuada expansión urbana, Riobamba, Ecuador” menciona que el rápido crecimiento en las áreas urbanas ha sido un factor influyente en la calidad de vida de la población. Al realizar el análisis se concluyó que el proceso de expansión desarrollado dentro de los años 1998-2017 ha sido acelerado llegando a extenderse un 60.15% respecto a la superficie inicial, esta dinámica se orienta a la ocupación de sectores rurales con vocación agrícola. En cuanto al establecimiento de sitios adecuados para el crecimiento de la ciudad se determinó como sitios óptimos las zonas nororiental y noroccidental con una superficie de 545.60 ha.

Así mismo, en el trabajo titulado “Análisis Multitemporal del cambio de uso del suelo en el páramo de Pisba jurisdicción del Municipio de Tasco para el periodo 1990-2015”

realizado por la autora Pimiento (2019), donde estudia los procesos de transformación del suelo mediante un análisis multitemporal del cambio de uso del suelo por medio de imágenes satelitales. Dentro de los resultados del presente estudio se puede subrayar una tendencia de cambio de uso hacia actividades agropecuarias y mixtas con un aumento de 981.5 ha y 1118.8 ha respectivamente, y una disminución de las áreas de uso de protección de 408.7 ha y 1526.3 ha, esta disminución está ligada íntimamente con las actividades económicas de la zona, que se basan principalmente en ganadería, agricultura y minería.

De igual modo, se menciona el artículo denominado “Analysis of Temporal and Spatial Characteristics of Urban Expansion in Xiaonan District from 1990 to 2020 Using Time Series Landsat Imagery” en donde Liu et al. (2021) toma como caso de estudio a China, considerada el país de desarrollo más grande del planeta y caracteriza el proceso de expansión urbana. En este estudio se concluye que la tasa de expansión del área edificada primero disminuye y luego aumenta entre 1990 y 2020, la tasa de expansión más rápida se da en los periodos 2005-2010, en donde la ubicación del río es el factor principal que limita la expansión. Así mismo, aunque la forma del suelo urbano siguió siendo compleja e irregular, los resultados de las métricas del paisaje mostraron que la conectividad ha mejorado gradualmente.

2.1. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo define al ordenamiento territorial como “El proceso y resultado de organizar espacial y funcionalmente las actividades y recursos en el territorio, para viabilizar la aplicación y concreción de políticas públicas democráticas y participativas y facilitar el logro de los objetivos de desarrollo” (LOOTUGS, 2016, p. 7).

El ordenamiento territorial es un proceso que permite organizar las actividades y recursos de un territorio para un desarrollo socioeconómico en armonía con la cultura y las particularidades geográficas. Tiene un rol importante porque se establece un modelo de descentralización, con el fin de garantizar la autonomía política,

administrativa y financiera de los diversos niveles de Gobierno (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2019).

Según Coello (2019) el ordenamiento territorial es un proceso que sirve para guiar el uso y ocupación del territorio, considerando las capacidades, limitaciones y las necesidades de la población. Las entidades encargadas tienen la responsabilidad de administrar a las sociedades y requieren una planificación para poder cumplir con eficiencia sus funciones, y lograr así un territorio organizado que permita una convivencia armónica y sustentable.

Hace varios años Ecuador basa su ordenamiento territorial bajo la Estrategia territorial nacional la cual está alineada con el Plan Nacional de Desarrollo en donde se pretende potenciar las capacidades de los territorios, articular las intervenciones a los objetivos nacionales y definir lineamientos concretos para la acción pública desconcentrada y descentralizada (Secretaría de Planificación y Desarrollo, 2017). El ordenamiento territorial en el país se sustenta en la Constitución a partir del 2008 que fue aprobada, regulando esta actividad a nivel nacional y local.

De la misma forma, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, a través de la Dirección de Desarrollo del Hábitat y Espacio Público lideraron la construcción de Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS) con Registro Oficial N° 790 que fue aprobada en el año 2016, y su reglamento cuyo Registro oficial fue en el año 2019, donde se fijan los principios y reglas generales que regulan la competencia de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo urbano y rural del país (LOOTUGS, 2016).

Para la planificación a nivel local se debe considerar ciertos elementos, entre ellos se puede mencionar los asentamientos humanos, los Objetivos de desarrollo Sostenible (ODS), la gestión de riesgo de desastre, el cambio climático y la prospectiva estratégica (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2019). Con esto se procura lograr un ordenamiento equitativo e igualitario en las ciudades del país, garantizando la seguridad y el desarrollo de la población.

2.2. COBERTURA Y USO DEL SUELO

Es importante abarcar de manera conceptual tanto el término de cobertura de la tierra/suelo como el uso de este, ambos términos están estrechamente relacionados es por eso la necesidad de aclarar estas definiciones para que no exista confusión alguna.

2.2.1. Cobertura del suelo

El Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (s.f.) conceptualiza la Cobertura de la Tierra como “la cubierta biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra (elementos naturales y antrópicos)”, de igual modo nos menciona National Ocean Service (2021) indicando que es el tipo de tierra física, estos datos nos demuestran qué parte de una región está cubierta por bosques, humedales, superficies impermeables, agricultura y otros tipos de tierra y agua.

La cobertura del suelo manifiesta la ocupación del terreno que incluyen sus transformaciones por varios sistemas naturales o artificiales, también es valorada como uno de los indicadores detectables con facilidad de intervención humana, debido a que puede cambiar rápidamente con el tiempo, además es un buen indicador de la dinámica de la superficie de la tierra como resultado de una variedad de factores.

Los diferentes tipos de cobertura del suelo se pueden determinar analizando imágenes satelitales y aéreas (National Ocean Service, 2021). La información de la cobertura del suelo tiene usos significativos debido a que se pueden elaborar modelos de estudios climáticos, hidrológicos, biológicos, entre otros. Siendo, a nivel global, una de las 13 variables terrestres esenciales para el monitoreo del clima debido a que la cobertura influencia y es influenciada por las condiciones atmosféricas, actuando tanto como causa y consecuencia del cambio climático (Herold, 2009).

El conjunto de datos de cobertura del suelo brinda información que ayuda a los administradores a comprender los cambios a nivel nacional e internacional a lo largo del tiempo de manera cartográfica y estadística, además de ser una herramienta de gran valor en la toma de decisiones para la planeación del desarrollo local (Comisión

Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2020; National Ocean Service, 2021).

2.2.2. Uso del suelo

El Uso de la tierra “representa la ocupación que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, resultado de la interrelación entre los factores biofísicos y culturales de un espacio geográfico determinado” (Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, s.f.). La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2020) puntualiza al uso del suelo como “las asignaciones derivadas de la actividad humana en un territorio” El uso del suelo muestra cómo las personas hacen uso del paisaje, ya sea para desarrollo, conservación o usos mixtos (National Ocean Service, 2021).

Del mismo modo representa las actividades económicas y culturales (por ejemplo, usos agrícolas, residenciales, industriales, mineras y recreativas) que se practican en un lugar determinado. Los cambios en el uso de la tierra ocurren de manera constante y en escalas diferentes, pueden tener efectos específicos como acumulativos en la calidad del aire, agua, hábitat de la vida silvestre, la función de las cuencas hidrográficas, la generación de desechos, el clima y la salud humana (US EPA, 2021). A diferencia de la cobertura del suelo, el uso de la tierra no se puede determinar a partir de imágenes satelitales (National Ocean Service, 2021).

En el Ecuador, dentro de los planes de uso y gestión del suelo, todo suelo se clasifica como urbano y rural en función a sus características actuales, así el suelo urbano es el ocupado por asentamientos humanos concentrados dotados de infraestructura básica y servicios públicos, este a su vez se subclasifica en consolidado, no consolidado y de protección. Por otro lado, el suelo rural es el que se destina a las actividades agro-productivas, extractivas o forestales, o dependiendo de sus características este debe ser protegido o reservado para usos urbanos futuros. Este suelo se subclasifica en suelo rural de producción, para aprovechamiento extractivo, de expansión urbana y de protección (LOOTUGS, 2016).

2.3. CAMBIOS EN LA COBERTURA Y USO DEL SUELO

El análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo nos da a comprender las interacciones entre los factores socioeconómicos y biofísicos que se encuentran en él. Las actividades económicas que tienen las diferentes sociedades del mundo tienen un rol importante en el deterioro ambiental y en la dinámica de uso del suelo (Camacho et al., 2017).

El uso del suelo y cambio de uso del suelo hace referencia a la gestión del suelo realizada por seres humanos que puede originar una modificación en la cubierta terrestre (IPCC, 2013). La urbanización y el cambio del uso del suelo afectan a la biodiversidad, a la cubierta vegetal, al albedo de la superficie, la evapotranspiración, a las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero y a otras propiedades del sistema climático (Masson-Delmotte et al., 2020).

Los factores físicos como la topografía, el suelo y el clima, así como los factores humanos, como la densidad de población, influyen en el uso de la tierra. Debido a la interacción constante de fuerzas físicas y humanas, hay variaciones geográficas y temporales sustanciales en la utilización de la tierra. La mayor parte de la biosfera terrestre se ha transformado en biomasa antropogénica como resultado del crecimiento poblacional (Singh y Singh, 2021).

Se considera que el uso del territorio es un problema local, en donde los cambios en la cobertura y en el uso del suelo alteran los ciclos biogeoquímicos y limitan la provisión de servicios ecosistémicos (Uribe, 2015). De estos cambios, el 60% son relacionados a las actividades antropogénicas, principalmente la deforestación tropical, la expansión agrícola y la urbanización (Xiao Peng et al., 2018).

Las investigaciones relacionadas con los cambios que acontecen en la cobertura y usos del suelo en una dimensión temporal y espacial requieren el uso y manejo de materiales cartográficos que están disponibles en diversas fuentes institucionales, centros de investigación e internet. Estos insumos se aplican y manejan en SIG, lo cual permite

identificar y representar las superficies más propensas al cambio (Camacho-Sanabria et al., 2017).

En muchos países tropicales como en el Ecuador la transformación del uso del suelo y la deforestación son problemas complejos, producidos por causas tanto directas como indirectas, entre estas incluyen la expansión de la frontera agrícola y áreas pobladas, la modificación de manglares por zonas camaroneras, la colonización de selvas y páramos, que son opciones más lucrativas que el aprovechamiento de los recursos naturales (Ministerio del Ambiente, 2012).

En el país la expansión de la frontera agrícola experimentó una ampliación de 4.3 millones de ha en un lapso de 9 años, entre 1998-2007. Este crecimiento se da de manera histórica y rebasa el umbral de las tierras con potencial uso, introduciendo esta actividad a tierras no aptas o poco aptas a este tipo de ocupación. Del mismo modo, las actividades madereras y sus consecuentes impactos en el suelo han sido históricamente uno de los problemas socioambientales más relevantes en el país (Ministerio del Ambiente, 2014).

2.4. CRECIMIENTO URBANO EN EL MUNDO, LATINOAMERICA Y ECUADOR

El término expansión urbana ha sido utilizado para describir patrones de asentamientos humanos con poca planificación pública integral (Bruegmann, 2015). Según Rafferty (2017) en la Enciclopedia Británica se denomina como la rápida expansión de la extensión geográfica de ciudades y pueblos, a menudo caracterizada por viviendas residenciales de baja densidad y la zonificación de un solo uso.

A nivel mundial, las áreas urbanas están creciendo a un ritmo más rápido que su población, lo que potencialmente reduce la sostenibilidad ambiental debido a la ocupación indeseable de tierras (semi) naturales y agrícolas (Bren D'amour et al., 2017). Dado que los asentamientos humanos a menudo están rodeados de tierras con bosques naturales o cultivo fértiles, la expansión de las tierras edificadas se ha producido principalmente a expensas de las tierras de cultivo, de lo que se puede

deducir que este proceso continuará en un futuro próximo incluso con tasas de cambio más elevadas, lo que afectará principalmente al medio ambiente y reducirá drásticamente la producción de alimentos (van Vliet et al., 2017).

La tasa y la magnitud de la expansión del suelo urbano son influenciados por muchos factores macro incluidos: ingresos, desarrollo económico y crecimiento de la población, así como varios factores locales y regionales, como las políticas de uso de la tierra, la economía informal, flujos de capital y costos de transporte (Li et al., 2022). A esto podemos sumarle que más del 60% de las tierras de cultivo de regadío del mundo se encuentran cerca de áreas urbanas, destacando la competencia por tierra entre usos agrícolas y urbanos (Bren D'amour et al., 2017).

El desarrollo de densidades más altas en los centros urbanos y densidades más bajas en las regiones circundantes puede explicarse parcialmente por las teorías clásicas de la renta de la tierra. Estas teorías explican cómo las áreas cercanas al centro de la ciudad, que contienen los espacios más comerciales, son más atractivas (Li et al., 2022).

El aumento de la población se conduce a la densificación en el centro de las ciudades, asimismo hace que las ubicaciones en las afueras de una ciudad también sean atractivas para la expansión de terrenos urbanizados debido a los bajos precios. Este proceso de expansión se amplifica aún más por la disminución de los costos de transporte, que se ha asociado con la expansión urbana descontrolada y la sub urbanización en diferentes lugares del mundo (Li et al., 2022).

En todo el mundo, las personas se mudan a las ciudades. Según la División de Población de las Naciones Unidas, el 29% de la población mundial vivía en áreas urbanas en 1950. A fines de la década de 2000, esta cifra había aumentado a alrededor del 49%. En los países desarrollados esta fracción fue mucho mayor, por ejemplo en Estados Unidos, la población urbana aumentó de aproximadamente el 64% en 1950 a al 81% en 2007 (Rafferty, 2017).

De acuerdo con los datos del último censo del país en el 2010, Ecuador contaba con una población de 15 millones de habitantes, esta población representaba el 0.2% del mundo y el 2% en Latinoamérica y poseía una densidad poblacional de 52 personas por km². Desde el año 1950 la población se había incrementado en más de 4 veces mostrando un crecimiento del 2.96% entre los años 1950-1962, sin embargo, entre los años 2001-2010, se evidenció una disminución del ritmo de crecimiento ya que fue del 1.95% llegando a una población de 14 483 499 habitantes (Villacís y Carrillo, 2012).

De acuerdo con la población proyectada en el libro “País atrevido: la nueva cara sociodemográfica del Ecuador” en donde se incluyen resultados del último censo de población realizado, el país de una población de 15 012 228 habitantes en el año 2010 se proyectaba una población de 17 510 643 habitantes al año 2020 (Villacís y Carrillo, 2012).

La realidad del país en cuanto al crecimiento poblacional no es homogénea, con el análisis de información provincial y cantonal se identifican diferentes tendencias de crecimiento, aunque se debe considerar que el crecimiento en el área urbana es superior al de las áreas rurales. En el caso de Tungurahua, desde los años 2001-2010 la provincia tuvo un crecimiento de 441 034 habitantes a 504 583 habitantes lo que representa una tasa de crecimiento del 1.50%, y para el 2020 según las proyecciones realizadas por Villacís y Carrillo (2012) la población aumentaría a 590 600 habitantes.

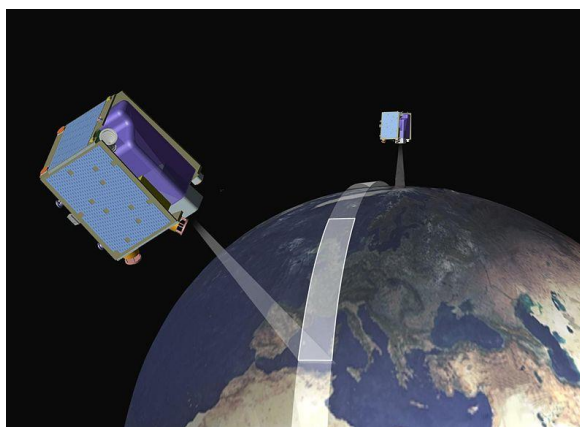
Los habitantes que vivían en ciudades al 2010 eran del 62.7%, con ello, el Ecuador se habría transformado en un país particularmente urbano invirtiendo la distribución entre la población urbana y rural, ya que en 1970 esta era de 39,5% y 60,5% respectivamente. A nivel de país, el modelo de desarrollo urbano no ha sido sustentable en términos económicos, sociales y ambientales y esto ha generado ciudades inequitativas y excluyentes, con un mercado de suelo con fuertes tendencias especulativas, resultado de la poca capacidad de los municipios de regular, gestionar y planificar el suelo de los cantones, y de la poca articulación entre los distintos actores que intervienen en el territorio (Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, 2015).

2.5. LA TELEDETECCIÓN

La teledetección también denominada percepción remota nos permite obtener imágenes de la superficie terrestre desde sensores que se encuentran instalados en vehículos de navegación aérea (Figura 1) (De la Cruz y Muñoz, 2016). Es un conjunto de técnicas mediante las cuales podemos obtener información de un objeto a distancia sin estar en contacto físico con el mismo (Botana y Fernandez, 2019).

Figura 1

La Teledetección



Nota: Imagen tomada de Ingeoexpert (2018).

La teledetección y los SIG, permiten estudiar los sistemas ecológicos a escalas espaciales y temporales para dar una mejor información y proyección del uso y manejo de los ecosistemas (Flórez et al., 2017). El análisis de datos digitales sobre el uso de la tierra, generalmente derivados de operaciones de teledetección, se han vuelto ampliamente disponibles incluso para las áreas más remotas del mundo (Steurer y Bayr, 2020). Las plataformas de teledetección brindan información en resoluciones altas e independientes de las condiciones topográficas (González-Jaramillo et al., 2019).

2.5.1. Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales son de fácil acceso y tienen una infinidad de aplicaciones, suministran información de grandes áreas de la superficie terrestre convirtiéndose en un insumo necesario para el desarrollo de investigaciones sobre territorio (Acosta, 2017). Se utilizan ampliamente para la clasificación de la cobertura terrestre, la identificación de objetos y el mapeo temático desde escalas locales a globales debido a sus ventajas técnicas, como multi resolución, amplia cobertura, observación repetible y multiespectral/hiper espectral y registros espectrales (Arora et al., 2021).

Las imágenes que se descargan tienen una serie de deficiencias y para corregirlas se deben realizar varios procedimientos para conseguir una mejor interpretación de la información (Veneros et al., 2020). La clasificación de imágenes tiene como objetivo categorizar los píxeles en diversas clases temáticas, con el uso de la reflectancia de cada píxel en diferentes longitudes de onda y un criterio estadístico para asignarle a una clase espectral correspondiente o a un tipo de cobertura de terreno (Álvarez-Rogel y Conesa García, 2018).

Los métodos de clasificación comúnmente son de dos tipos, de acuerdo con la manera en las que se obtienen las estadísticas de las categorías durante la fase de entrenamiento (Álvarez-Rogel y Conesa García, 2018), estos son; el método de clasificación supervisados o no supervisados; dando mayor prioridad a clasificación supervisada debido a su método de aprendizaje (Sánchez et al., 2021).

- **Imágenes LandSat**

Estas imágenes se originan de una constelación de satélites, por sus siglas LAND= tierra y SAT= satélite, con una resolución alta que permite la identificación y observación de superficies terrestres; estas imágenes comprenden 7 u 8 bandas multiespectrales (De la Cruz y Muñoz, 2016; León y Garavito, 2020). El último de la serie es LandSat 9 que posee una resolución radiométrica más alta, lo que permite detectar diferencias más sutiles, especialmente en áreas con más oscuridad como el agua y los bosques densos (Nasa Ciencia, 2021).

Estos satélites barren toda la superficie terrestre cada 15 días, obtiene información simultánea sobre áreas de 185*170km, con una resolución que va desde los 15m por pixel (banda pancromática). Las secuencias temporales de imágenes nos ayudan a detectar los cambios ocurridos sobre grandes extensiones de superficie de la Tierra a lo largo del tiempo. Las imágenes LandSat proporcionan información muy útil, para monitorear y obtener información de cualquier tipo de cobertura (León y Garavito, 2020). Estos satélites estadounidenses ofrecen grandes posibilidades para el desarrollo de cartografía métrica y temática a partir de información espacial (Imaña et al., 2019).

En la actualidad se encuentran activos los satélites LandSat 7, 8, y 9 que son administrados por la NASA (National Space and Space Administration), y la producción y comercialización de las imágenes satelitales que se producen dependen del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Existen imágenes desde la misión LandSat 1 hasta la actual LandSat 9, en función de los intervalos temporales se dispone de las siguientes misiones LandSat disponibles en la Tabla 1:

Tabla 1

Fecha de Lanzamientos y Fin de Operación de las Misiones LandSat

Satélite	Fecha de Lanzamiento	Fin de operación
LandSat 1 (ERTS 1)	23/julio/1972	05/enero/0978
LandSat 2	22/enero/1975	27/julio/1983
LandSat 3	05/marzo/1978	07/septiembre/1993
LandSat 4	16/julio/1982	14/diciembre/1993
LandSat 5	01/marzo/1984	Enero/2013
LandSat 6	03/octubre/1993	Lanzamiento fallido
LandSat 7	15/abril/1999	En operación
LandSat 8	11/febrero/2013	En operación
LandSat 9	27/septiembre/2021	En operación

Nota: Información tomada de (GisandBeers, 2020; INEGI, 2016)

2.5.2. El análisis multitemporal

El análisis multitemporal es una metodología que nos permite el análisis de diferentes sets de imágenes satelitales para obtener conclusiones relacionadas a las transformaciones espaciales de una región. Estos se realizan para determinar el grado de afectación de eventos naturales o antrópicos en los ecosistemas (Flórez et al., 2017), tienen como objetivo detectar cambios en la cobertura terrestre entre dos fechas de referencia, poniendo en evidencia la repercusión de las acciones humanas sobre los recursos naturales (De la Cruz y Muñoz, 2016).

Cuando se trata de monitorear y mantener recursos naturales, la detección de cambios es muy importante porque proporciona un análisis cuantitativo de la distribución espacial de la población de interés (Singh y Singh, 2021). Al realizar el procesamiento multitemporal de imágenes satelitales, se debe obtener una serie de datos referenciados de acuerdo a su origen que tienen que convertirse en un conjunto único de datos (De la Cruz y Muñoz, 2016).

2.6. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) COMO HERRAMIENTA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Los SIG son utilizados como un instrumento que complementa los análisis sobre el medio ambiente, especialmente para revelar los impactos ambientales asociados a problemas de uso de suelos, deforestación, entre otros. Constantemente, los SIG se han utilizado para la cuantificación y medición de áreas ambientales importantes y su evolución (Flórez et al., 2017).

La aplicación de los SIG en diversas áreas de conocimiento ha tenido un gran desarrollo en las últimas décadas, en especial para la resolución de problemas en la toma de decisiones y la organización de un territorio determinado (Pardo, 2017). Es una herramienta muy útil para mejorar la selección de regiones planificadas con fines agrícolas, urbanas e industriales (Singh y Singh, 2021). La planificación del uso de la tierra nos permite asignarla a diferentes usos de una manera que equilibre los valores económicos, sociales y ambientales (Gichenje et al., 2019).

El desconocimiento del tipo de superficies, ecosistemas, clima, radiación, topografía, entre otros, dificultan la formulación de los planes de ordenamiento territorial y ambiental. Es por eso que el uso de imágenes satelitales junto con los SIG ayudan a un diagnóstico espaciotemporal, que nos permite una formulación más objetiva de acciones de prevención de riesgos, recuperación de terreno y conservación de ecosistemas estratégicos (León y Garavito, 2020).

Los análisis en detección de cambios en patrones de vegetación y uso del suelo han sido de gran utilidad para la mejora de toma de decisiones y el desarrollo de las ciudades. Este tipo de análisis nos brinda una serie de ventajas, debido a que nos permite diferenciar las alteraciones que ha sufrido un área sin tener que realizar visitas de campo de manera permanente (Acosta, 2017).

Se han realizado varias investigaciones que demuestran la importancia de un análisis multitemporal para la obtención de productos cartográficos, que contienen información relevante sobre el cambio de uso de suelo y la expansión urbana, entre ellos podemos mencionar; el análisis multitemporal de la cobertura del suelo y cambio de uso del suelo en el municipio de Popayán, en donde se cuantificó la cobertura boscosa con información de los periodos 2003-2016, el estudio mostró un incremento de Bosque del 37% al 40% y una disminución de pastos del 3% (De la Cruz y Muñoz, 2016).

De igual manera se demuestra la importancia del manejo de teledetección y SIG en el estudio de ordenamiento territorial desarrollada por Coello (2019), en donde realiza un análisis multitemporal de tres imágenes Landsat de los años 1998, 2008 y 2017, a través de las cuales se generan mapas de las densidades urbanas de la ciudad de Riobamba de cada año, evidenciando resultados de crecimiento urbano desorganizado, ocupando territorio considerado como rural según la normativa vigente de la ciudad.

2.7.

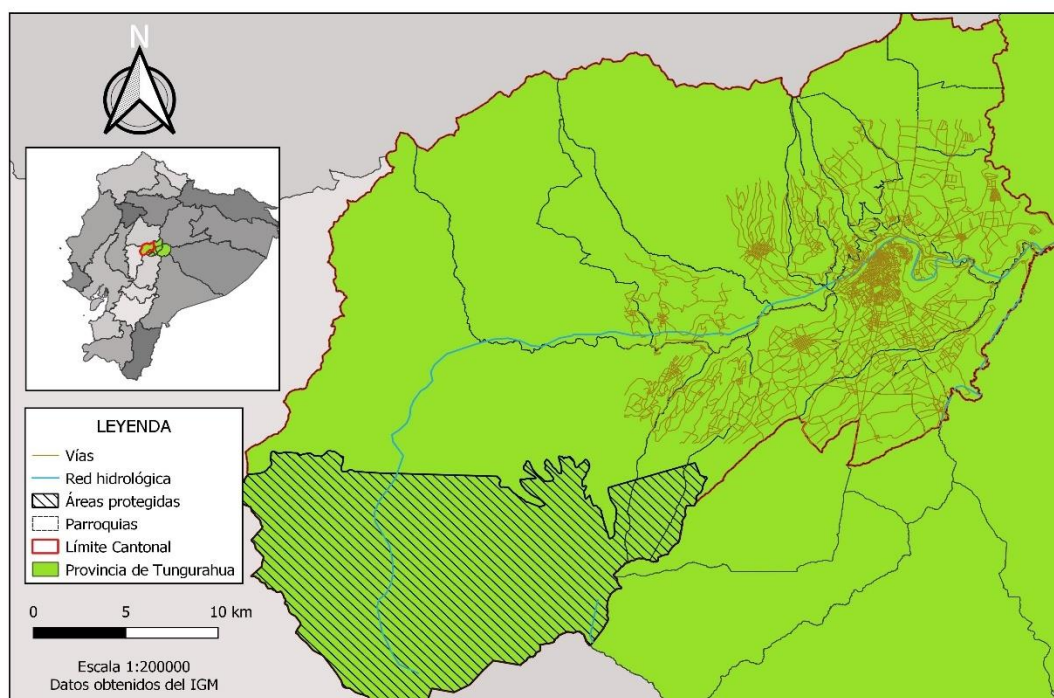
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizará en la ciudad de Ambato, capital de la provincia de Tungurahua. Esta cuenta con una superficie de 1016 454 km², que equivale al 29.94% de la extensión de la provincia de Tungurahua (CODURBAN, 2019; GADMA, 2016). Está limitada al norte por la Provincia de Cotopaxi, al sur por la Provincia de Chimborazo, al Este por los cantones: Píllaro, Pelileo, Cevallos, Tisaleo y Mocha (Provincia de Tungurahua) y al oeste por la Provincia de Bolívar (GADMA, 2016) esto se puede observar en la Figura 2.

Figura 2

Localización del Cantón de Ambato

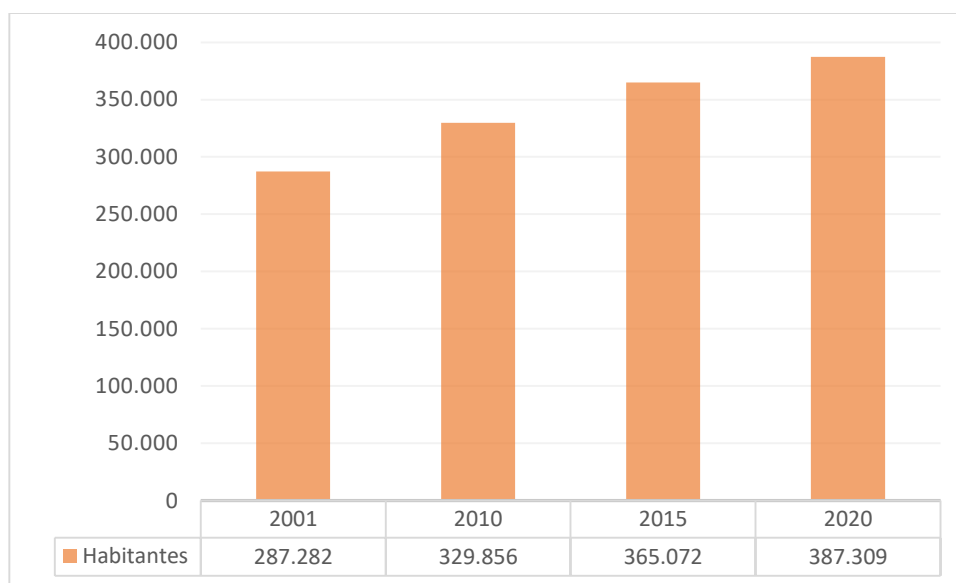


Nota: Ubicación del Cantón Ambato, en color verde se muestra la provincia de Tungurahua y en plomo las provincias que lo rodean. Información base del IGM.

Al realizar una comparación con el año 2001, fecha en que la ciudad contaba con 287 282 habitantes (INEC, 2010) la ciudad llegó a tener 329 856 habitantes. De estos 165 185 estaban concentrados en la parte urbana, teniendo una tasa de crecimiento anual entre los años 2001-2010 de 0.95%, lo que le convertía en el décimo cantón más poblado del país (GADMA, 2021). Con base en estos resultados para el año 2020 se proyectó que la ciudad podía llegar a tener 387 309 habitantes, como se muestra en la Figura 3. La urbe de Ambato se considera el mayor nodo de concentración y atracción poblacional urbana ya que concentra el 80.82% de la población urbana de la provincia (Naranjo, 2015).

Figura 3

Población del cantón Ambato 2001, 2010 y 2020



Nota: Evolución del crecimiento poblacional desde el año 2001 a los resultados expuestos por el último censo realizado en el 2010, con las proyecciones establecidas al año 2020. Información tomada del Instituto Nacional de Estadística y Censos del país (INEC, 2012).

El cambio urbanístico del Cantón Ambato se da a partir de la implementación de Ordenamiento Territorial Ambato 2020, aprobado en diciembre del 2006, en el mismo se conformar y delimita por medio de 5 plataformas al área Urbana del Cantón. La Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato se ha mantenido

con la misma estructura hasta la fecha. El crecimiento físico del Cantón Ambato se ha dado en relación con las reformas a la Ordenanza Municipal de Creación y Delimitación de las Parroquias Urbanas de Ambato, aprobada por el I. Concejo Cantonal el 6 de noviembre de 1975 y la Ordenanzas de Delimitación del Área Urbana y de Expansión Urbana de las Cabeceras Parroquiales Rurales, aprobadas entre las fechas de diciembre del 2010 hasta el 15 de febrero del 2011 (PUGS 2033, 2021).

Con respecto a las condiciones climáticas del sitio de estudio, la temperatura influye en el cantón con una fluctuación que va desde los 13.3°C hasta temperaturas mayores a los 14.7°C; la variación que se presenta en este parámetro está dada por la irregularidad altitudinal del terreno y se expresa en el rango que va desde los 7 a 24°C, ubicándose el cantón entre los 2240 hasta los 6280 msnm (GADMA, 2016). Según datos del INAMHI (2021) la ciudad cuenta con una temperatura del aire promedio de máximo 10.0°C y mínimo 4.32°C, en este año la ciudad presentó una precipitación máxima de 28.65 mm con un promedio de horas de Sol mínima de 2.17 h/d y máximo de 16.83h/d.

En cuanto a su orografía, la ciudad está conformado por dos grandes zonas bien diferenciadas; la primera constituida por la cordillera occidental que abarca más de la mitad de la superficie del cantón dividiéndolo en dos partes casi iguales, y la segunda zona está constituida por el Callejón Interandino. La configuración orográfica es sumamente accidentada debido a una serie de lomas, colinas, quebradas y barrancos, los cuales limitan la existencia de valles amplios. Los ríos son cortos de escaso caudal y de corriente rápida, siendo el Río Ambato el más importante y fundamental para la agricultura. Su hidrografía forma parte de la cuenca del Pastaza y cuenta con las reservas de los páramos del Chimborazo y Carihuairazo (Naranjo, 2015). El déficit hídrico anual de la zona asciende aproximadamente a los 1913.35 mm (GADMA, 2016).

Las coberturas principales se distribuyen: el páramo ocupa la mayor área del cantón con el 34,85%, seguido de pastizal con el 19.85%, cultivo el 13.22%, vegetación herbácea el 9.23% área poblada 8.89% y mosaico agropecuario el 5.52%, estos suman el 91.55% de las coberturas, las restantes 8.45% representan plantación forestal,

vegetación arbustiva, eriales, infraestructura antrópica, bosque nativo y cuerpos de agua. El cultivo predominante en el cantón es el maíz suave con 6423 ha aproximadamente que representan el 41.99% de los cultivos, seguidos de misceláneos de hortalizas y papa (Ministerio de Agricultura, 2014). En cuanto a los ecosistemas en el cantón Ambato se encuentran 6 zonas de vida de acuerdo al Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador que conforman: el bosque húmedo montano oriental, humedales, nieve, páramo húmedo, páramo seco y vegetación seca interandina (GADMA, 2016).

La ciudad de Ambato posee un gran motor industrial y comercial de importancia para la economía del centro del país y del Ecuador, gracias a las industrias predominantes que se encuentran en la ciudad. Del análisis realizado por Martínez et al. (2015) de los 9 cantones que conforman la provincia, la mayor concentración de empresas se sitúan en el cantón Ambato con el 72.6%. Según el último informe de censos publicado por el INEC (2011) entre las principales actividades económicas que desempeñan los habitantes del cantón se encuentran: la fabricación de calzado y prendas de vestir, la venta al por menor de alimentos, bebidas, tabacos y prendas de vestir; además de los servicios que brindan a la comunidad como las actividades de restaurantes y servicios móviles de comida y las actividades de peluquería.

3.2. EQUIPOS Y MATERIALES

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el software de Sistema de Información Geográfica QGIS de acceso libre, versión 3.20. Para el análisis multitemporal las imágenes se tomaron de los satélites LandSat del Centro Geológico de los Estados Unidos (USGS), que nos permitieron un mayor nivel de detalle para el análisis intraurbano. De igual manera se hizo uso de Imágenes satelitales de los satélites Bing vinculado directamente en QGIS para comparaciones y validaciones de datos.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo se categorizó como una Investigación aplicada, no experimental, analítica, con un enfoque mixto. Las actividades están enfocadas en la teledetección con base en un análisis multitemporal a través de imágenes satelitales, con el fin de identificar el crecimiento urbano y el cambio de uso del suelo a lo largo del periodo de tiempo 2004, 2010, 2021.

3.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS

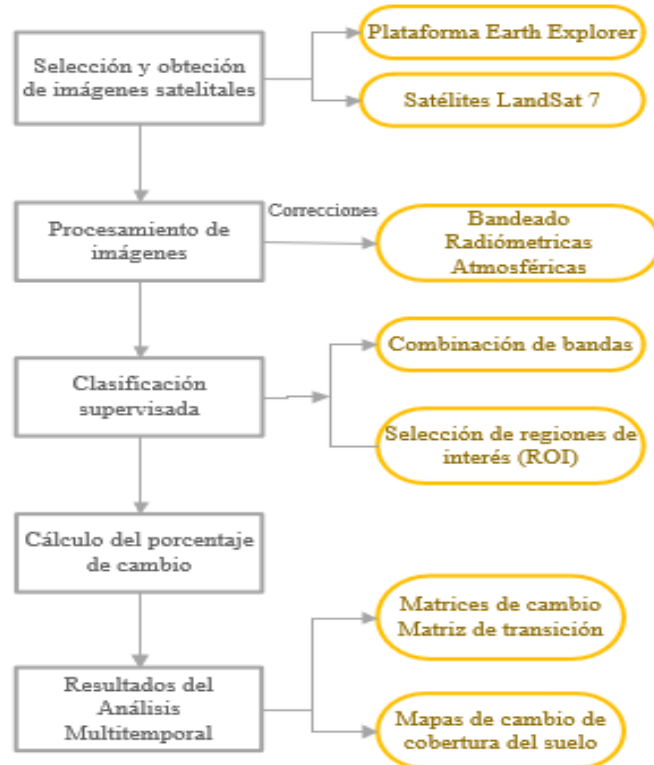
- HO: El proceso de expansión urbana ha provocado un cambio de uso en el suelo de las áreas rurales del cantón Ambato entre los años 2004-2021.
- H1: El proceso de expansión urbana no ha provocado un cambio de uso en el suelo de las áreas rurales del cantón Ambato entre los años 2004-2021.

3.5. ANÁLISIS MULTITEMPORAL

En la Figura 4 se muestra la metodología a seguir para la realización del análisis multitemporal y la obtención de mapas temáticos correspondientes.

Figura 4

Metodología a Emplear para el Análisis Multitemporal



Nota: Pasos a seguir para la realización del Análisis Multitemporal.

3.5.1. Recolección de información/ Selección de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales se tomaron de los satélites LandSat desde el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov>), este constituye un programa líder a nivel mundial para la observación y monitoreo de los recursos terrestres, a la actualidad poseen un total de 9 satélites desde sus comienzos en 1975 (León y Garavito, 2020), gracias a sus constantes mejoras en sus sensores el uso de sus datos es diversificado, aplicado a varios campos del conocimiento. Para abarcar la zona de estudio se necesitó solo una imagen satelital de cada año propuesto.

Para el análisis de los cambios de uso del suelo y el crecimiento urbano, se seleccionaron las imágenes satelitales correspondientes a los años 2004-2010-2021, teniendo una serie temporal de 17 años. Las imágenes satelitales fueron tomadas del

satélite LandSat 7, cuyas características principales incluyen una banda pancromática con una resolución espacial de 15 m, un calibrador solar de apertura completa integrado, una calibración radiométrica absoluta del cinco por ciento y un canal infrarrojo térmico con una mejora de cuatro veces en la resolución espacial sobre Thematic Mapper (TM) (LandSat Missions, s.f.). La Tabla 2 muestra las principales características de las imágenes seleccionadas para cada año de estudio y en la Figura 5 se puede observar el área de estudio y los porcentajes de nubosidad.

Tabla 2

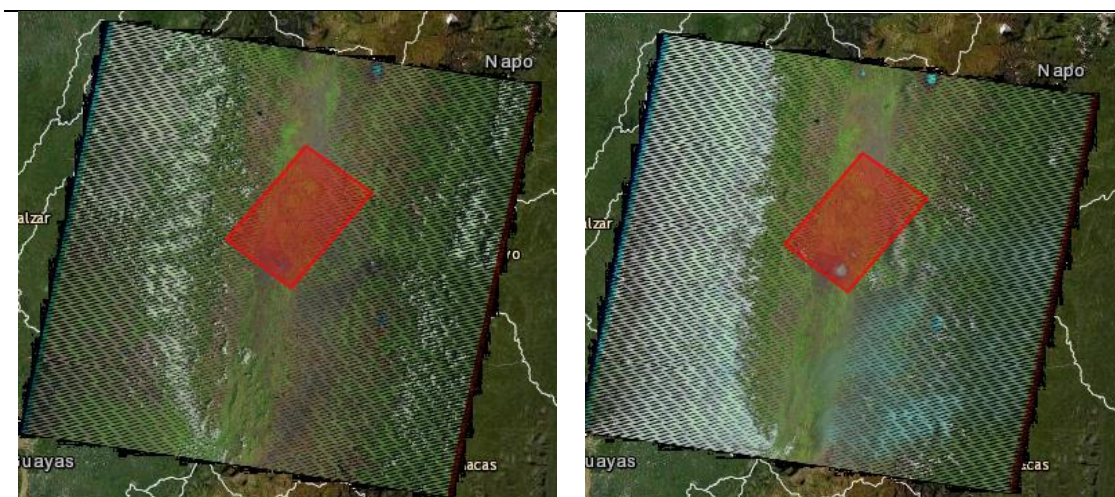
Características de las Imágenes Satelitales LandSat

Propiedades	Imagen 2004	Imagen 2010	Imagen 2021
ID de la Imagen	LE07_L1TP_010 061_20040128_2 0170122_01_T1	LE07_L1TP_0100 61_20100909_201 61213_01_T1	LE07_L1TP_0100 61_20210705_202 10731_01_T1
Formato	GEOTIFF	GEOTIFF	GEOTIFF
Satélite	LandSat 7	LandSat 7	LandSat 7
Sensor	ETM+	ETM+	ETM+
Path/Row	10/61	10/61	10/61
Fecha de Adquisición	2004/01/28	2010/09/09	2021/07/05
Proyección	UTM	UTM	UTM
Datum	WGS 84	WGS84	WGS84
Zona UTM	17	17	17
Porcentaje de Nubosidad	16%	27%	4%

Figura 5

Previsualización de las Imágenes Tomadas de Earth Explorer

2004	2010
-------------	-------------



2021



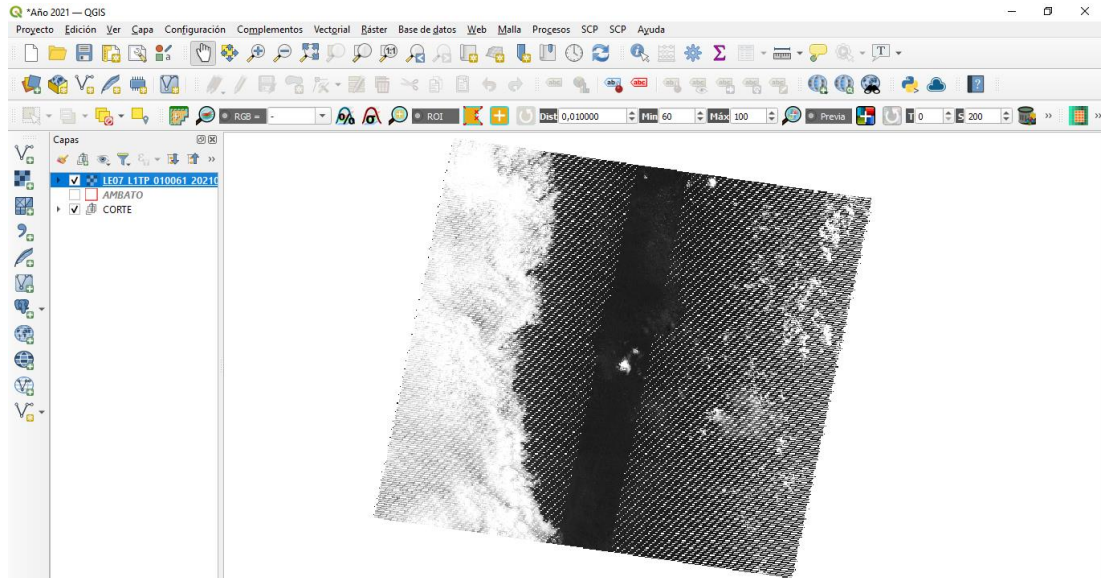
3.5.2. Procesamiento de la información y análisis

- **Corrección de bandeo de las imágenes de LandSat 7**

En las imágenes del satélite LandSat 7 se puede observar un bandeo debido a un mal calibrado de los detectores que forman el sensor, esta falla ocurrió en mayo del 2003 en el corrector de la línea de exploración del sensor ETM+ de este satélite, lo que causa una pérdida de aproximadamente 22% de los pixeles de las imágenes tomadas debido a que no se escanean (Quezada y Sevilla, 2021). Los pixeles ausentes se evidencian en áreas con forma de líneas diagonales en las imágenes como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Visualización del error de bandeado de las imágenes LandSat 7



Nota: Error en el bandeado de la imagen satelital. Información tomada de la plataforma Earth Explorer.

- **Correcciones geométricas y atmosféricas**

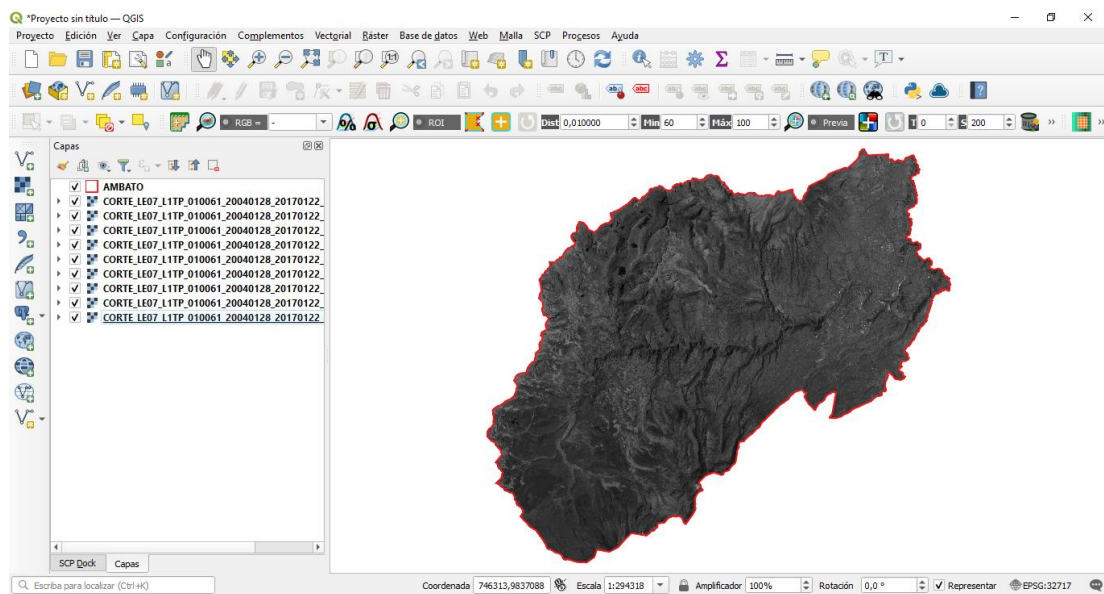
En esta etapa se realizó el preprocesamiento de las bandas mediante la herramienta SCP, al mismo tiempo que las correcciones atmosféricas con el objetivo de arreglar las distorsiones ocasionadas por la atmósfera. Una imagen de satélite, al igual que las fotografías aéreas, no proporciona información georreferenciada, cada pixel se ubica en un sistema de coordenadas arbitrario de tipo fila-columna como los que manejan los programas de tratamiento digital de imágenes (Universidad de Murcia, s.f.). Por tal motivo se ejecutó una corrección geométrica mediante la transformación matemática de las imágenes a un sistema de coordenadas reales del terreno (reproyección) con ayuda de las herramientas esenciales para una capa ráster, con este procedimiento se obtiene una nueva capa en la que cada columna corresponde con un valor de longitud y cada fila con un valor de latitud.

- **Delimitación y corte del área de estudio**

Posterior a las correcciones se ejecutó un corte de las imágenes satelitales seleccionadas con respecto al área de estudio a trabajar con la ayuda de la herramienta de “cortar ráster por capa de máscara”. En donde se procede a realizar el corte de las bandas para el área de estudio (ver Figura 7).

Figura 7

Corte de las bandas para el área de estudio



Nota: Corte del cantón Ambato mediante las herramientas de ráster. Información tomada de la plataforma de Earth Explorer.

- **Clasificación supervisada**

Para este estudio se requirió una composición o combinación de bandas espectrales que nos ayuden a una correcta fotointerpretación de las coberturas existentes en nuestra área de estudio, para obtener áreas de entrenamiento. Para la ejecución de la clasificación es importante una buena combinación de bandas espectrales que reflejen o brinden un realce de la imagen, esta combinación depende del fenómeno de estudio o de interés (GisandBeers, 2017).

La combinación nos permite examinar elementos concretos de la superficie terrestre en base a sus espectros de emisión. Debido a las distintas bandas espectrales con las

que trabajan los satélites podemos interpretar aspectos como la vegetación, los usos de suelo o las masas de agua presentes (Ormeño Villajos, 2006).

La interpretación digital se realizó visualmente usando combinaciones y composiciones de color en las imágenes para diferenciar los aspectos en las coberturas terrestres, exaltando de manera significativa el uso del suelo y la vegetación, considerando que la banda 4 es la máxima representación de la biomasa, esta nos permite determinar su estado además de la fácil identificación de zonas urbanas. Para la clasificación supervisada se consideró la combinación de bandas descritas en la Tabla 3 y los criterios de clasificación de las coberturas de suelo del área de interés se muestran en la Tabla 4. Un ejemplo de la visualización de las coberturas con la composición de bandas XYZ se puede ver en la Figura 8.

Tabla 3

Combinación de Bandas Usadas Para el Área de Estudio

Combinación de bandas	Descripción
3.2.1	Color natural. Composición que se aproxima al color real
4.3.2	Infrarrojo color. Útil para estudios de vegetación, patrones de suelos y crecimiento de cultivos
7.5.3	Destaca formaciones rocosas y útil para distinguir áreas urbanas.
5.4.1	Agricultura

Nota: Modificada de (Bravo Morales, 2017)

Tabla 4

Clasificación de la Cobertura del Suelo.

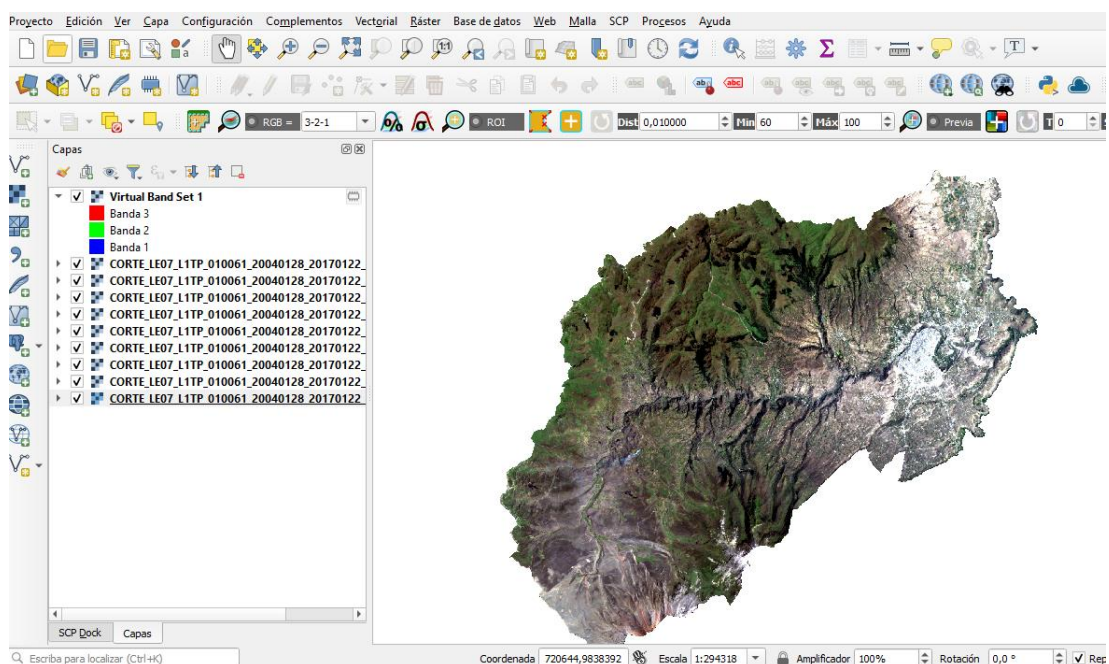
Tipo de Cobertura	Descripción
Área Urbana	Área poblada, infraestructura

Suelo de Cultivo	Cultivos, mosaico agropecuario
Vegetación Arbustiva	Plantas leñosas, matorrales, arbustos
Vegetación herbácea	Vegetación conformada por especies de plantas no leñosas, sin tronco definido
Afloramiento Rocoso	Áreas con poco o nada de suelo
Glaciar	Hielo presente en los nevados

Nota: Criterios de Clasificación de la cobertura del suelo del área de estudio. Información tomada de PDOT 2050 (GADMA, 2021) y Sistema de clasificación de Ecosistemas (MAE, 2012).

Figura 8

Visualización de la combinación de bandas 3-2-1



Nota: Información de bandas tomada de la plataforma Earth Explorer

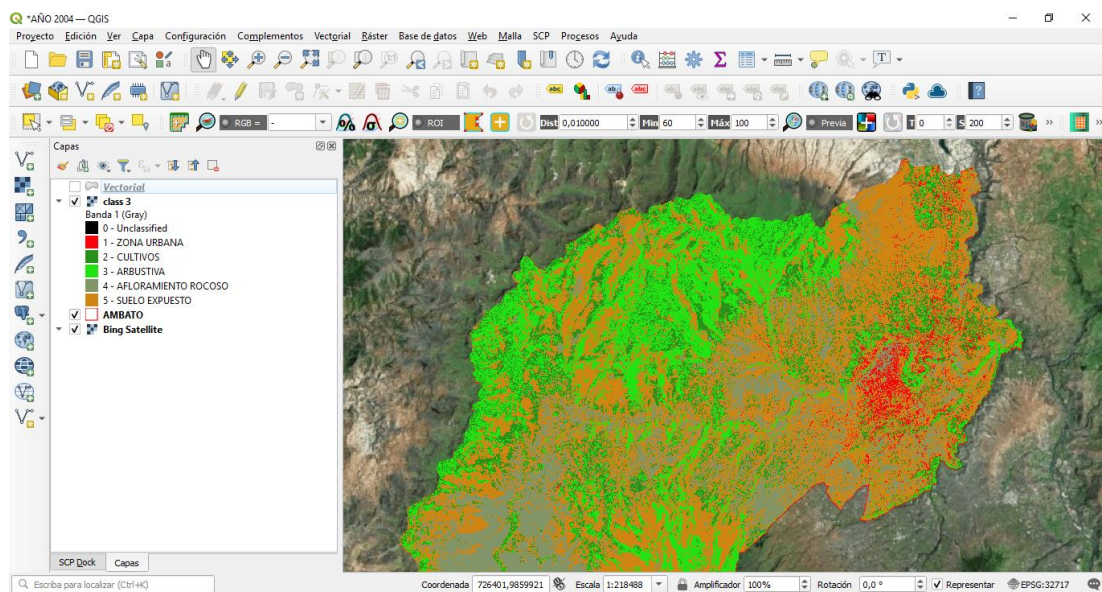
En este proceso se definen y se delimitan sobre la imagen las áreas de entrenamiento, las características espectrales de tales áreas son utilizadas a fin de entrenar un algoritmo de clasificación, el cual calcula los parámetros estadísticos de cada banda para cada sitio piloto y de esta forma proceder a evaluar cada nivel digital de la

imagen, compararlo y asignarlo a una respectiva clase (Coello, 2019). De igual manera se hizo uso de imágenes satelitales de Bing Satélite para comparaciones y validaciones de datos, un ejemplo de la clasificación se muestra en la Figura 9.

Con las herramientas geoespaciales del sistema SIG y la ayuda de Excel se procedió a cuantificar el área de expansión urbana y los cambios que han sucedido en la cobertura del suelo. La información estadística de la población se tomó de los Censos Nacionales de Población (INEC) correspondiente a los años 2001 y 2010 del cantón Ambato. Con respecto al uso del suelo se tomó como base la información oficial proporcionada por el MAE para dar a conocer el crecimiento urbano y el cambio de cobertura del suelo.

Figura 9

Clasificación supervisada Año 2004



Nota: Resultados de la clasificación supervisada, información del satélite Bing de fondo. Elaboración propia con base a las imágenes satelitales de la plataforma USGS.

- **Cálculo de tasas de cambio**

Para el cálculo de las tasas de cambio de los años evaluados se cuantificó mediante la fórmula propuesta por FAO (1995) (Camacho-Sanabria et al., 2015; R. Camacho-Sanabria et al., 2017; Francois et al., 2017).

$$\delta_n = (S_2/S_1)^{1/n} - 1 \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde:

δ = Tasa anual de cambio

S_2 = Superficie del mapa en la fecha 1

S_1 = Superficie del mapa en la fecha 2

n = Diferencia de años entre las dos fechas

De la misma forma, se estimó el porcentaje que ocupaba cada clase de acuerdo a la totalidad del área de estudio.

3.6. DEFINICIÓN DE SITIOS ÓPTIMOS PARA EL CRECIMIENTO URBANO

Para cumplir con este objetivo se consideró las elevaciones y los riesgos que posee la ciudad, para una representación digital de la superficie de estudio se hizo uso del Modelo Digital de Elevaciones (Alos Palsar DEM) obtenido de Alaska Satellite Facility (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>) que permitió analizar la orografía del área de estudio. Se descargaron 3 archivos ráster los cuales se cortaron y combinaron con el objetivo de obtener el Modelo Digital de Terreno (MDT) completo para nuestra área de estudio.

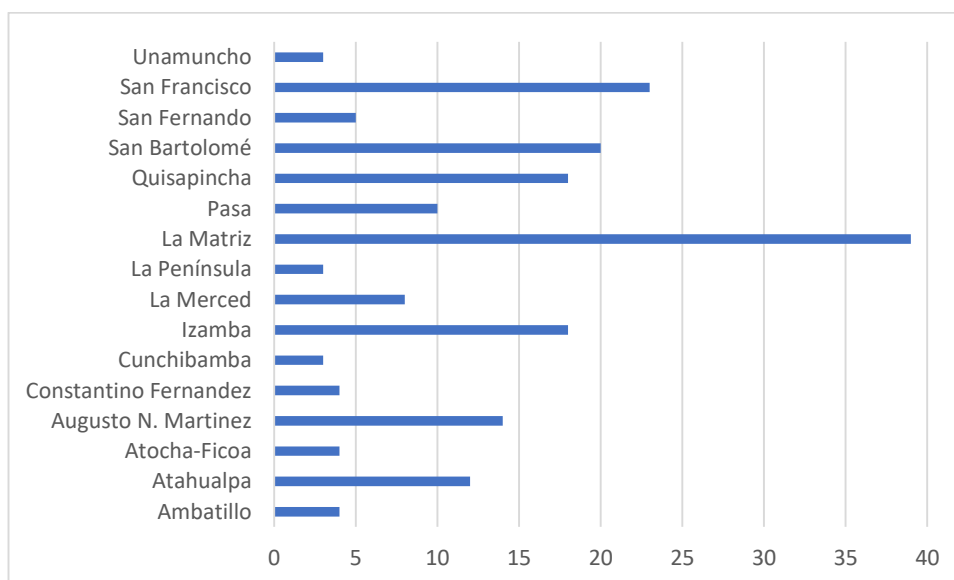
De igual manera se realizó un análisis tomando en cuenta la vialidad, centros educativos, áreas protegidas, movimientos en masa, y relieve como parte fundamental para el cumplimiento del objetivo. Con la información se superpusieron y crearon zonas de influencia de 2 km mediante las herramientas de análisis vectorial de QGIS. Mediante un análisis espacial se definieron los sitios con mayor probabilidad para un crecimiento de la ciudad. Las capas de vialidad, áreas protegidas fueron tomadas del portal IGM y los datos de eventos peligrosos y movimientos en masa se tomaron de la información disponible del portal de Gestión de Riesgos.

3.6.1. Centros educativos

Al ser la educación un pilar muy importante para el desarrollo económico y social tanto para el país como para la ciudad, se considera un aspecto primordial para el establecimiento de sitios óptimos para el crecimiento de la población. Según el PDOT 2050 (GADMA, 2021) el cantón Ambato se divide en dos distritos, dentro de los cuales están distribuidos un total de 373 establecimientos educativos. En la Figura 10 y 11 se muestra el número establecimientos localizados por parroquia por distritos.

Figura 10

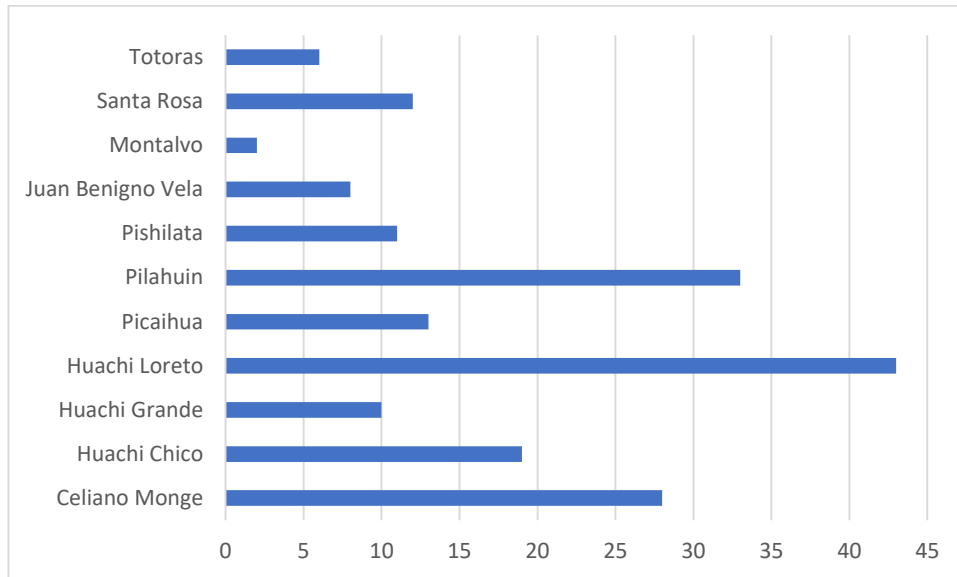
Nº de Establecimientos Educativos Presentes en el Distrito 01



Nota: Información obtenida del PDOT 2050 (GADMA, 2021)

Figura 11

Nº de Establecimientos Educativos Presentes en el Distrito 02



Nota: Información obtenida del PDOT 2050 (GADMA, 2021)

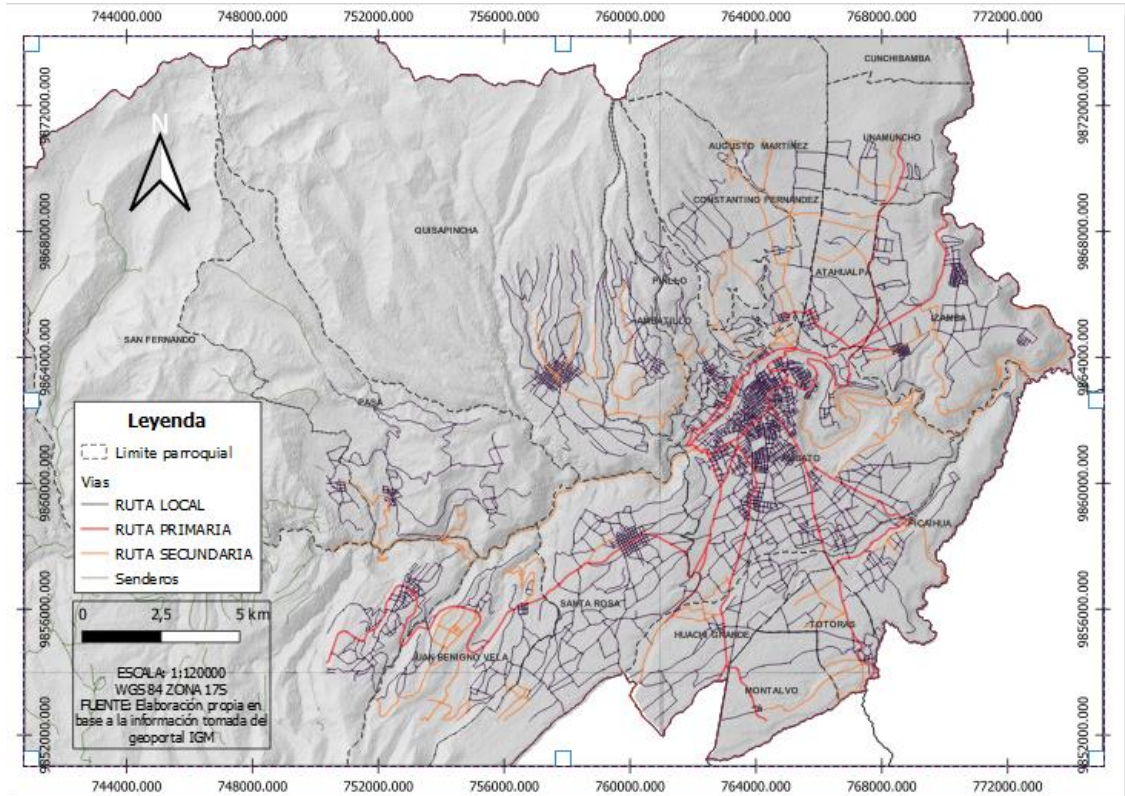
Los datos evidencian que los centros educativos están distribuidos en todas las parroquias del cantón Ambato. Con respecto a la distribución de los establecimientos, las parroquias de Huachi Loreto, el centro Urbano, Pilahuin y Celiano Monge concentran la mayor cantidad de centros educativos. No obstante, existen algunos sectores donde existe inconformidad en vista a la falta de instituciones, como el caso de Izamba debido a que la mayoría de centros educativos son privados (GADMA, 2021).

3.6.2. Vialidad- Accesibilidad

El componente de vialidad es importante ya que su objetivo es facilitar el acceso de los ciudadanos al trabajo, a los centros educativos, a servicios y a otros lugares como sitios de ocio, mediante diversos medios de transporte. La red vial está presente a lo largo del cantón como se muestra en la Figura 12, sin embargo, algunas vías son desatendidas y presentan daños, lo que representa un inconveniente e inconformidad para los ciudadanos de estos sectores.

Figura 12

Mapa del Sistema Vial de la Ciudad de Ambato



3.6.3. Zonas propensas a movimientos en masa

Para el establecimiento de áreas óptimas para el crecimiento urbano es importante analizar las zonas propensas a movimientos de masa, para evitar algún desastre. En la Figura 13 nos muestra las zonas amenazadas clasificando estas zonas en niveles según la Tabla 5:

Tabla 5

Descripción de los Niveles de Amenazas por Movimientos en Masa

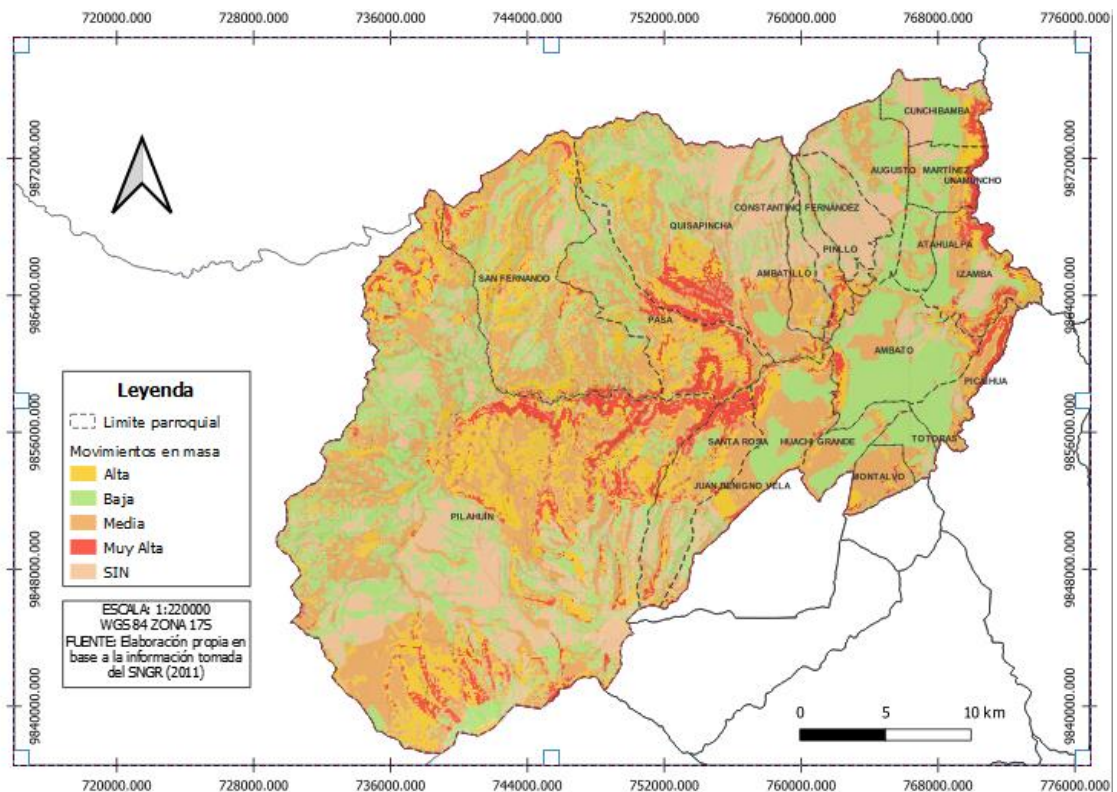
Nivel	Descripción
Sin Amenaza	Espacio geográfico con características estables.

Baja	Zonas con suelos, pendientes y geología estables aun ante fenómenos intensos y extensos como precipitación. Puede producirse solifluxión de material
Media	Zonas con materiales muy poco o nada fracturados, con pendientes de 30 a 50%. El material se inestabiliza tras actuaciones naturales muy intensas y/o extensas, como la precipitación.
Alta	Zonas con pendientes de 50 a 100%. En suelos poco cohesivos y rocas meteorizadas fracturadas o de otro tipo de continuidad, acelerado por las precipitaciones de la zona.
Muy Alta	Zonas con pendientes >100%. Suelos no consolidados y rocas muy meteorizadas y fracturadas, acelerado por factores climáticos, sismo tectónicos y antrópicos.

Nota: Información tomada de Zonas propensas a movimientos en masa (SNGR, 2011).

Figura 13

Amenazas por movimientos en masa del cantón Ambato

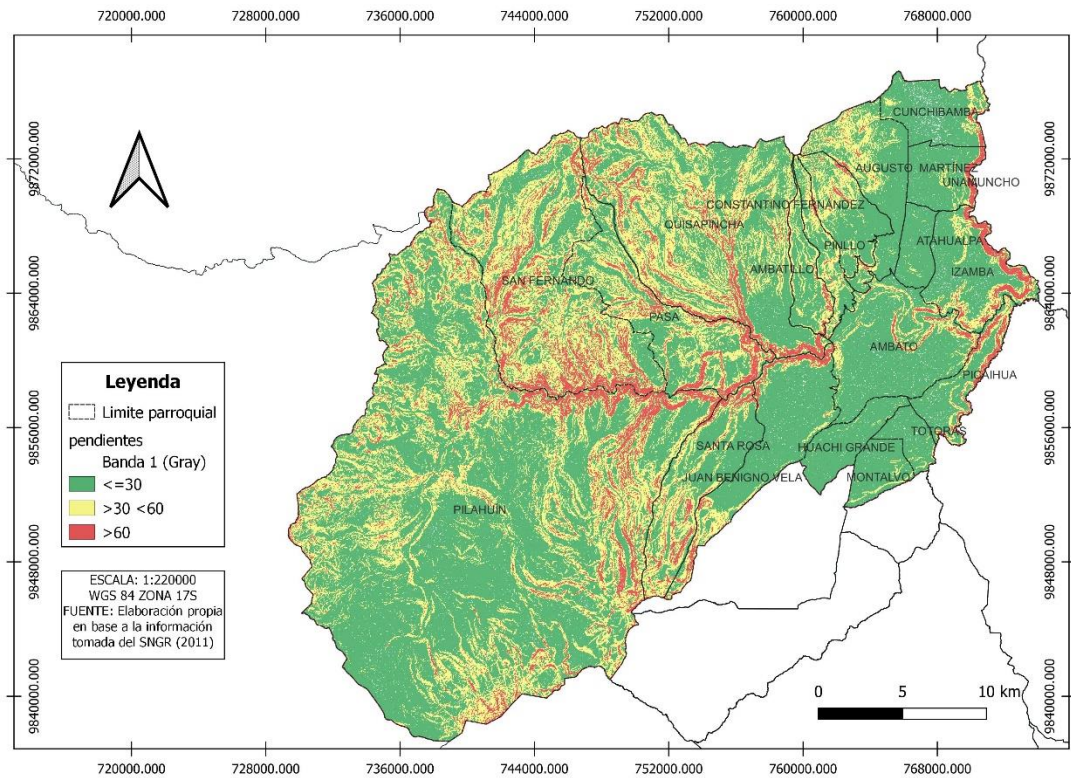


3.6.4. Pendientes

Para definir los sitios óptimos para los asentamientos humanos es indispensable clasificar el suelo de acuerdo con la pendiente que posee el cantón. Se consideraron las pendientes superiores a 30% como pronunciadas y zonas de alto riesgo ya que pueden existir deslizamientos de tierra, como se puede ver en la Figura 14.

Figura 14

Pendientes del Cantón Ambato



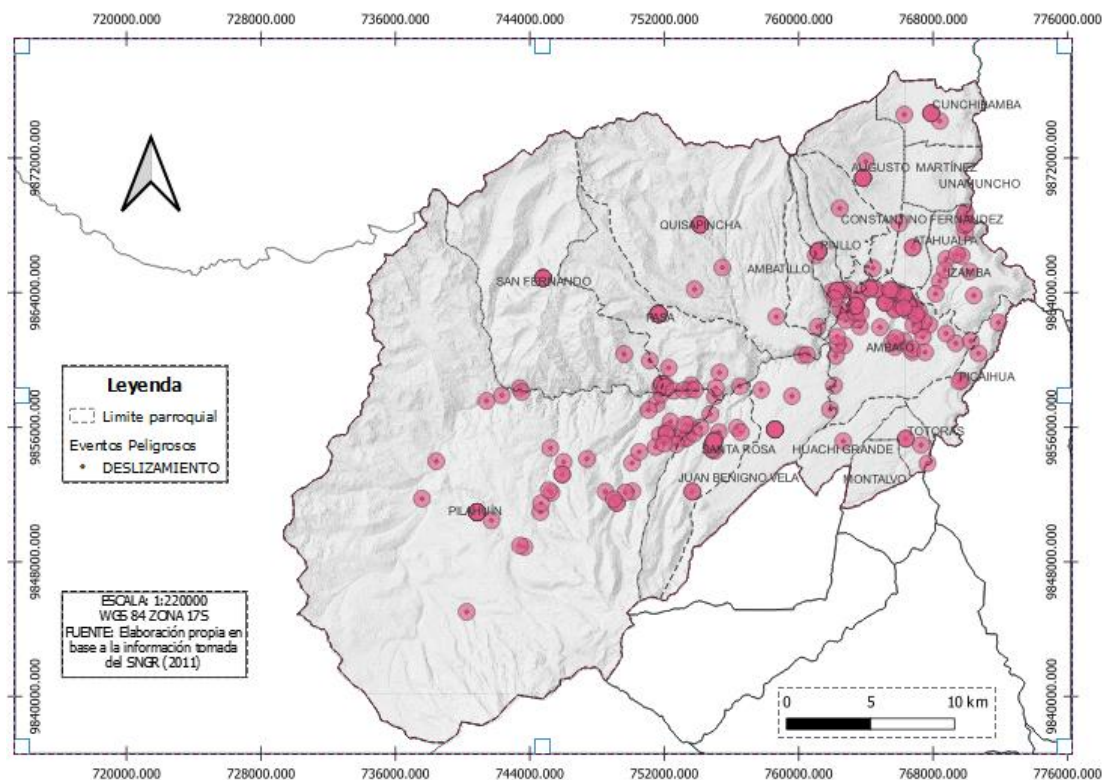
3.6.5. Eventos peligrosos

Se consideraron los deslizamientos como prioritarios en el establecimiento de áreas para asentamientos humanos. En la Figura 15 se puede observar los eventos suscitados desde el año 2013 al año 2018, se considera una zona de influencia de 500 m de cada evento. Conocer sobre el peligro de deslizamiento es de gran utilidad porque pueden afectar fatalmente a la actividad humana, o a su vez puede interferir con ella, el peligro

de deslizamiento limita la capacidad de uso de tierras (Chacón, 2019; Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, 1993).

Figura 15

Deslizamientos Suscitados Entre los Años 2013-2018



3.7. VARIABLES RESPUESTA O RESULTADOS ALCANZADOS

Dentro de los resultados esperados se encuentran las matrices de cambio del periodo 2004-2021, además de la información cartográfica en mapas temáticos que muestren los diferentes cambios que se presentan en la expansión urbana con respecto a las otras coberturas de suelo para el período establecido dentro del área de estudio.

De igual manera para la definición de sitios óptimos para el crecimiento urbano de la ciudad de Ambato, mediante un análisis espacial con los componentes establecidos se muestran los resultados con la ayuda de un mapa que represente estos sitios.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Los estudios de cambio de cobertura y uso del suelo son considerados un referente para comprender la conducta de los procesos de cambio en un determinado territorio. Las actividades económicas de las diferentes sociedades presentes en el mundo juegan un papel importante en las transformaciones y las dinámicas del suelo causando un deterioro ambiental (Camacho-Sanabria et al., 2017). El en caso de la ciudad de Ambato, el crecimiento urbano ocasionó cambios en las coberturas y uso del suelo, transformando el paisaje de la ciudad a lo largo de los años.

Para comprender la dinámica y observar los procesos de cambio en la ciudad de Ambato, fue necesario realizar el estudio multitemporal de expansión urbana y cambios en la cobertura y uso del suelo, estas transformaciones las podemos observar y cuantificar debido a que tienen lugar en la superficie terrestre, y son consecuencia de las interacciones que establecen los factores geográficos en un territorio. El estudio incluye la implementación de múltiples métodos que nos permiten evaluar de manera cuantitativa la dinámica del uso del suelo.

Cabe mencionar que la ciudad de Ambato en su PDOT del 2015 se había analizado y comparado mediante un análisis multitemporal de los años 1986 al 2012 definiendo la tasa de cambio en cobertura vegetal y expansión urbana. Es importante destacar la utilidad que representa el manejo y la aplicación de los SIG y la teledetección en la generación de insumos para una mejor planificación y desarrollo urbanístico.

De acuerdo a Flórez et al (2017) los mapas de cobertura y uso del suelo son considerados como insumos de gran importancia, debido a que a partir de estos mapas los especialistas y sobre todo las autoridades responsables determinan, establecen o implementan políticas públicas. A pesar de la existencia de varias metodologías para abarcar temas de estudio como los cambios de coberturas del suelo, las técnicas a implementarse están sujetas a las necesidades del investigador.

Realizado todo el procedimiento desde la selección, procesamiento de imágenes, los mapas resultantes y creación de matrices, la información obtenida se muestra a continuación:

4.1.1. Año 2004

De acuerdo con los resultados del censo del año 2001, la población del cantón Ambato representaba el 65.1% del total de la Provincia de Tungurahua. Contaba con una población total de 287 282 habitantes distribuidos a lo largo del cantón; 154 095 personas habitaban en la ciudad de Ambato considerada como urbana, por otro lado 133 187 habitantes vivían en el área rural, el restante se encontraba dividido a lo largo de las parroquias que conforman el cantón, considerando Santa Rosa, Izamba, Quisapincha y Pilahuín como las parroquias propensas para una expansión considerando la población que en ese año existía (INEC, 2001). La representación del área habitada para el año 2004 se presenta en la Figura 16 y en la Figura 17.

En el año 2004, fecha en la que inicia el estudio se puede observar que la cobertura correspondiente a las zonas urbanas tiene una superficie de 2318.93 ha que corresponde a un 2.29% de la superficie total del cantón Ambato, lo que puede relacionarse con una aproximación a la población que existía al año 2001, en la Figura 10 se muestra como la concentración poblacional se esparce hacia las parroquias de Izamba, Totoras y Huachi Grande. En cuanto a la cobertura del suelo que predomina en ese año es la vegetación herbácea y vegetación arbustiva. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Superficie y Porcentajes Correspondientes a las Coberturas del Suelo Año 2004

Item	Uso/ cobertura del suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
1	Área Urbana	2318,93	2,29

2	Suelo de Cultivo	11779,20	11,63
3	Vegetación Arbustiva	34049,95	33,61
4	Afloramiento Rocoso	10470,28	10,33
5	Vegetación Herbácea	41717,12	41,17
6	Glaciar	982,44	0,97
Total		101317,92	100

Figura 16

Concentración Poblacional en la Ciudad de Ambato Año 2004

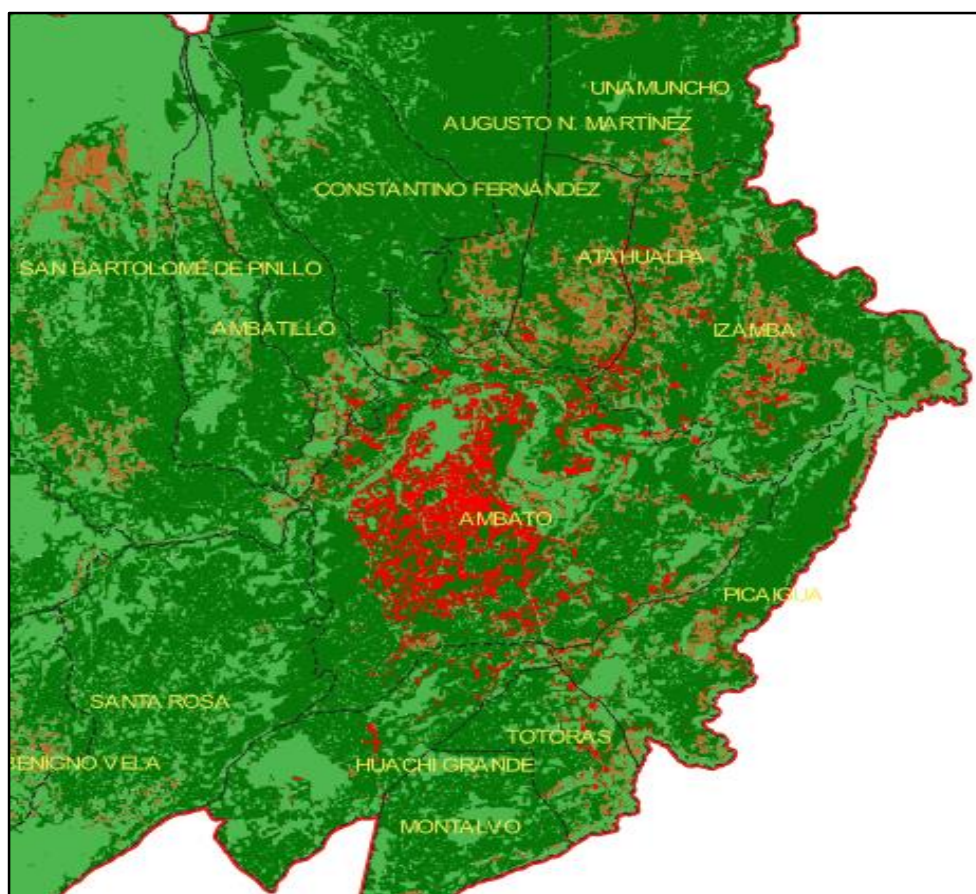
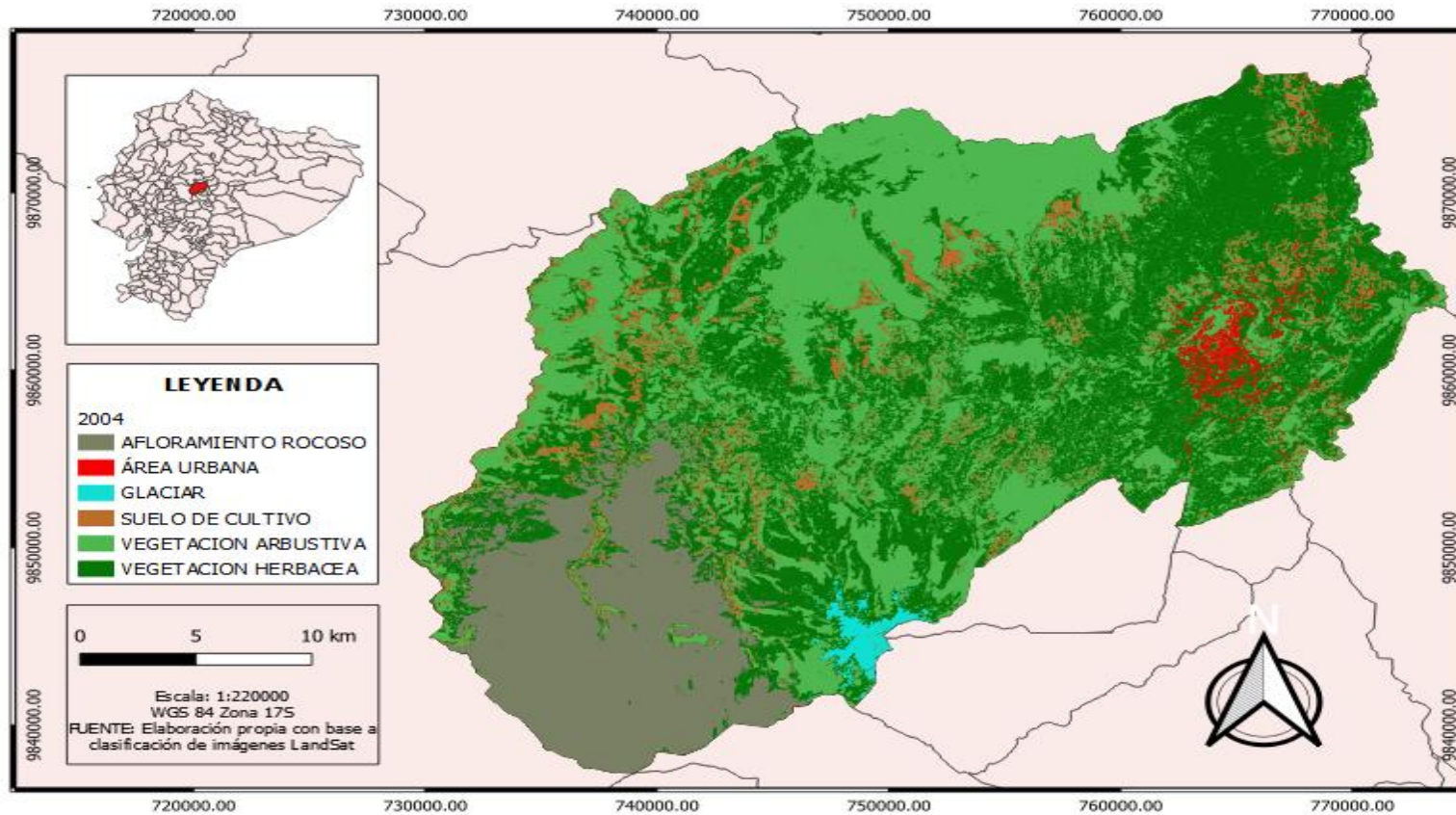


Figura 17

Mapa de Uso y Cobertura del Suelo del Cantón Ambato Año 2004



4.1.2. Año 2010

Para el año 2010, se observa que la cobertura que se relaciona al área urbana tiene una superficie de 4214.37 ha que representa un 4.16 % del área total del cantón Ambato. De igual manera se puede observar que las coberturas predominantes en este año siguen siendo la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea con 31.61% y 34.30% correspondiente respectivamente, esto se muestra en la Tabla 7 y las Figuras 18-19.

Según el PDOT 2015 la superficie que la ciudad de Ambato poseía como urbano era de 4933 ha lo que refleja un porcentaje de 4.85% del cantón (GADMA, 2015), según datos al año 2010 el área urbana llegó a tener una superficie de 4214.37 ha lo que representa un 4.16% de la superficie total del área de estudio, corroborando que los datos obtenidos mediante la clasificación están afines y no fuera de la realidad.

En la Figura 18 se muestra el área edificada de la ciudad al año 2010, se observa cómo el área de superficie urbana ha aumentado espacialmente con referencia al año 2004. De igual manera se presenta una tendencia de cambio hacia las zonas de Santa Rosa, Izamba, Atahualpa y Huachi Grande.

Tabla 7

Superficies y Porcentajes Correspondientes a las Coberturas del Suelo Año 2010

Item	Uso/ cobertura del suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
1	Área Urbana	4214,37	4,16
2	Suelo de Cultivo	19083,82	18,84
3	Vegetación Arbustiva	32015,53	31,61
4	Afloramiento Rocoso	10348,03	10,22
5	Vegetación Herbácea	34744,27	34,30
6	Glaciar	890,49	0,88
Total		101296,51	100

Figura 18

Concentración de la Población en la Ciudad de Ambato Año 2010

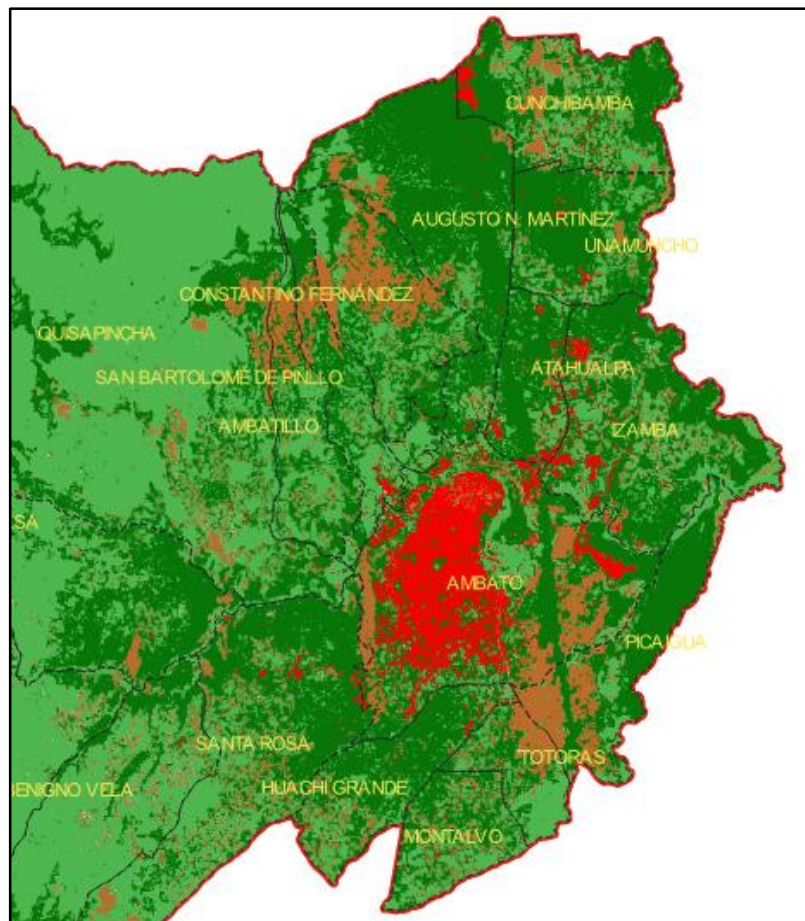
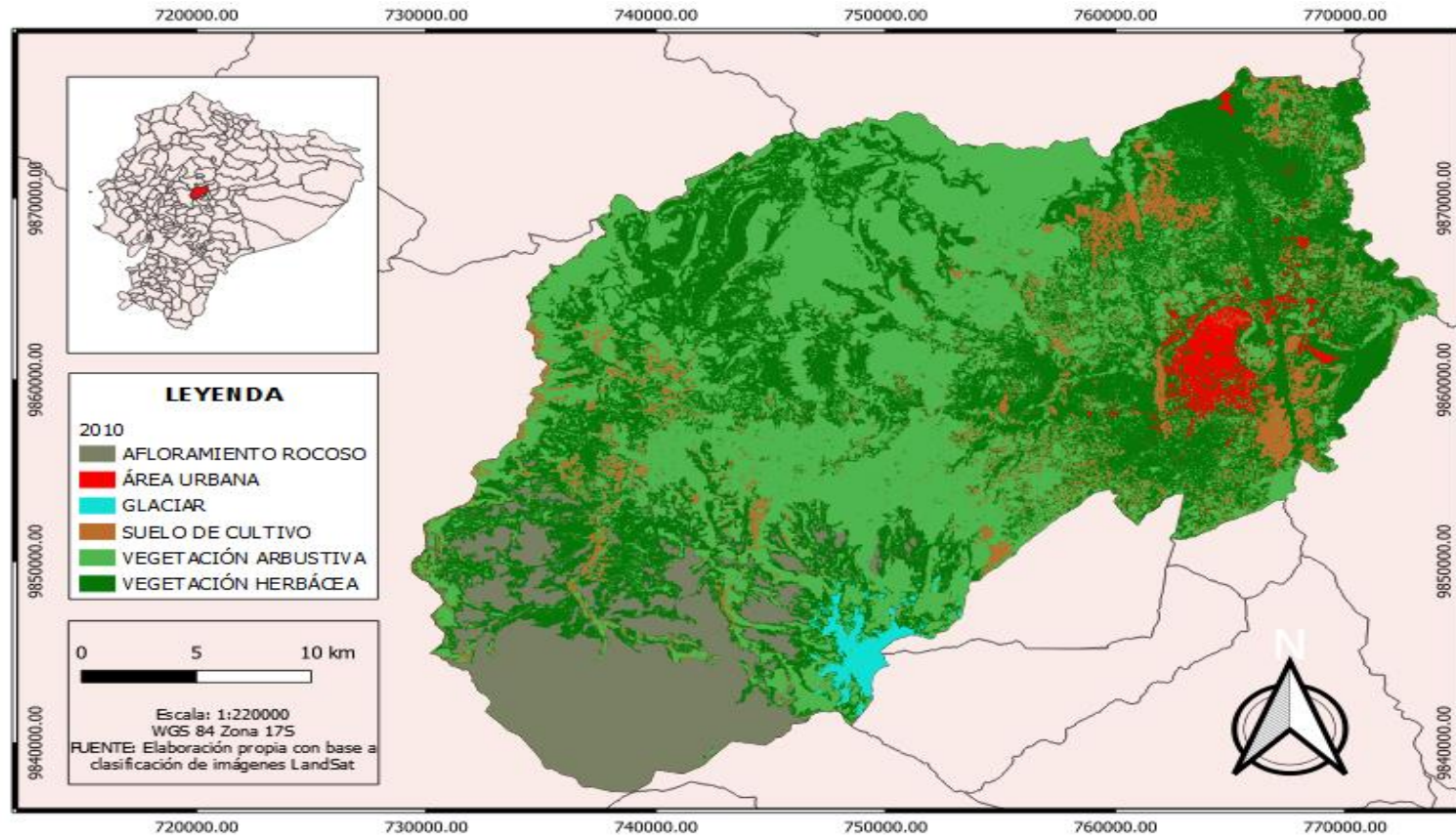


Figura 19

Mapa de Cobertura y Uso del Suelo del Cantón Ambato Año 2010



4.1.3. Año 2021

Para el año 2020 según las proyecciones realizadas por el INEC (2012), la población del cantón Ambato aumentaría a 387 309 ha, por lo tanto habría un incremento en la superficie de tierras destinadas a infraestructura para viviendas. Este hecho se puede evidenciar en la Figura 20, en donde se observa la condensación de la población en el área urbana y a su vez el crecimiento que ha tenido con respecto al año 2010. Las áreas de Huachi Grande, Santa Rosa, Totoras e Izamba evidencian un crecimiento en su densidad y este a su vez se incrementa con dirección Noreste de la ciudad.

La Tabla 8 muestra que para el año 2021, el área urbana tiene una superficie de 7149.24 ha, lo cual corresponde a un 7.08% del total de la superficie del cantón Ambato. De igual manera se puede observar que las coberturas predominantes siguen siendo la vegetación herbácea con 30.07% y la vegetación arbustiva con 23.05% con relación al área total. El desarrollo urbano del territorio en la ciudad de Ambato se produce principalmente en las zonas periféricas, en las parroquias de Picaihua, Izamba, Pasa, Santa Rosa, Atahualpa, San Bartolomé de Pinllo, Totoras, Huachi Grande, Montalvo consideradas como rurales en el PDOT 2015 (GADMA, 2015). Correspondientes al sector sur, suroeste y noreste, creciendo de manera espontánea la delimitación de las áreas urbanas y existiendo una conurbación entre las parroquias rurales con la cabecera cantonal.

Tabla 8

Superficie y Porcentajes Correspondientes a las Coberturas del Suelo Año 2021

Item	Uso/ cobertura del suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
1	Área Urbana	7149,24	7,08
2	Suelo de Cultivo	28622,22	28,33
3	Vegetación Arbustiva	23281,24	23,05
4	Afloramiento Rocoso	10747,92	10,64
5	Vegetación Herbácea	30378,42	30,07

6	Glaciar	838,89	0,83
Total		101017,93	100

Figura 20

Concentración Poblacional de la Ciudad de Ambato Año 2021

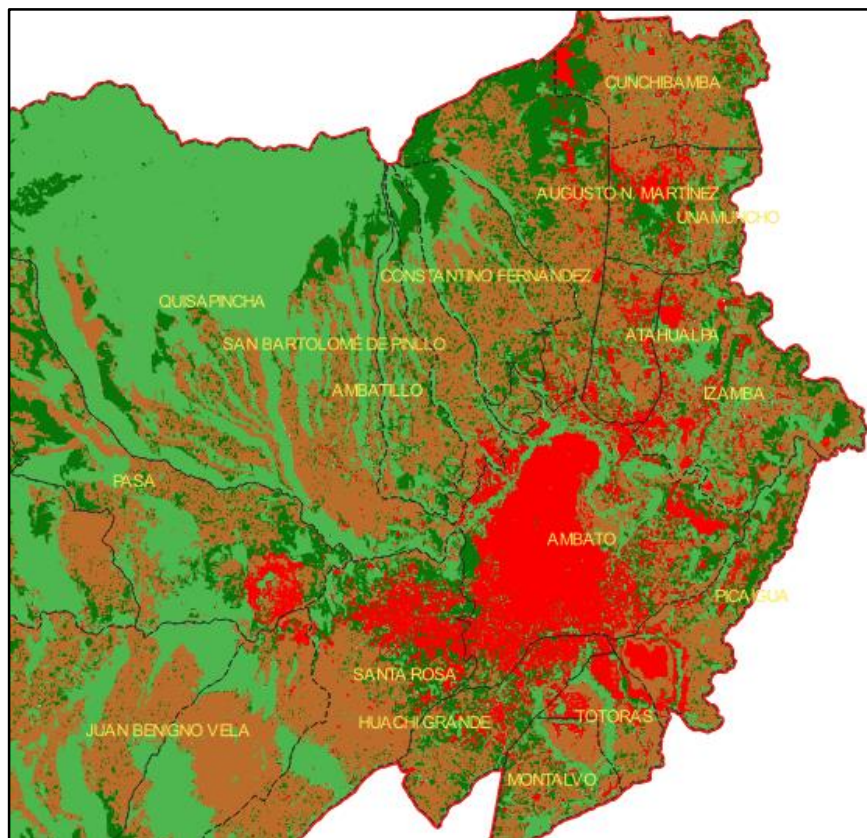
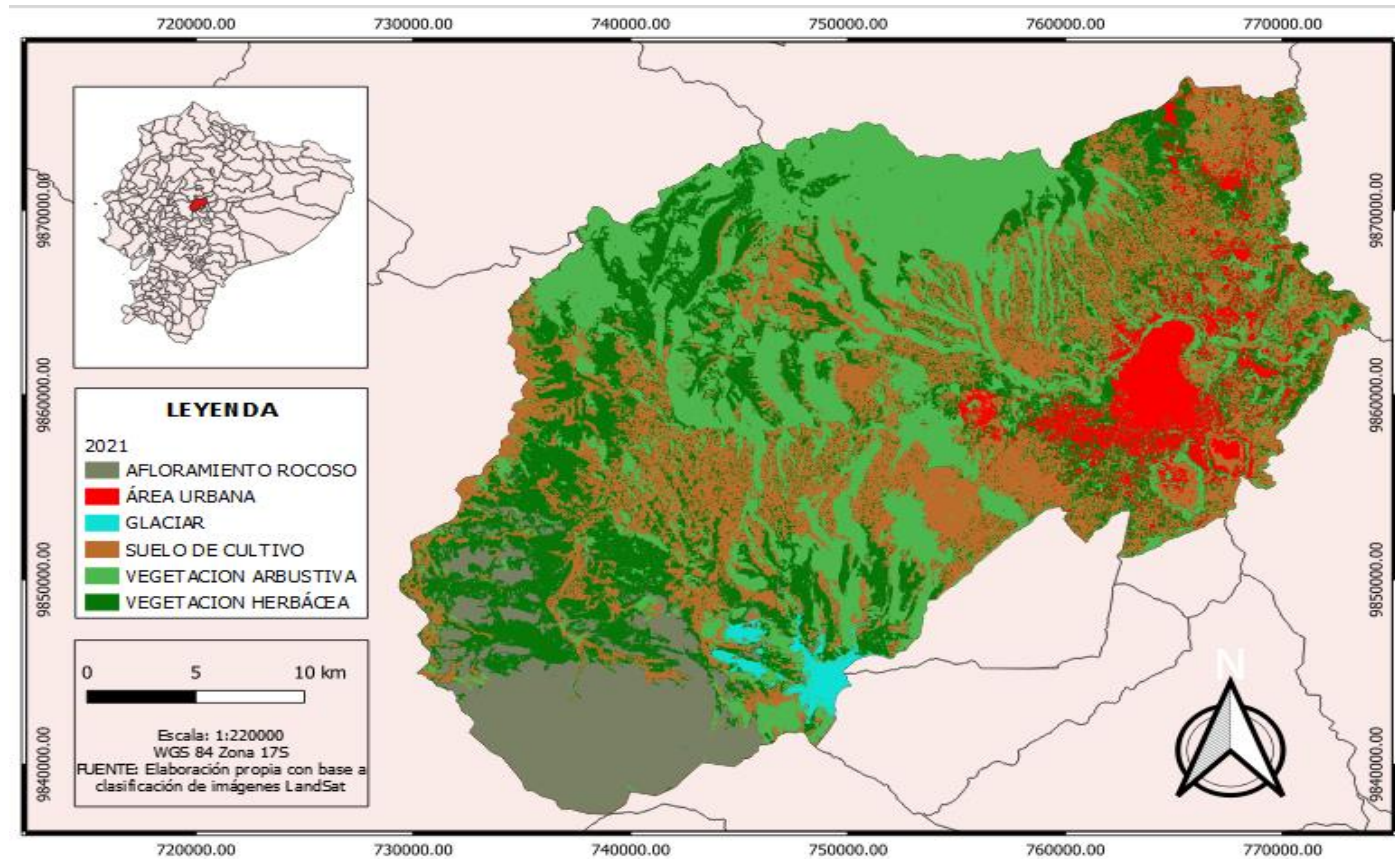


Figura 21

Mapa de Cobertura y Uso del Suelo del Cantón Ambato Año 2021



4.1.2. Resultados del cálculo del área de cambio del uso/ cobertura del suelo periodo 2004-2021

Para el cálculo del área de cambio correspondiente a los años 2004-2021 se ha restado las superficies de cada uno de los años. Teniendo como resultados que el área urbana ha incrementado su superficie con 4830.31 ha, el suelo de cultivo y el afloramiento rocoso tiene un crecimiento igual de 16843.02 ha y 277.64 ha respectivamente. En cuanto a la vegetación arbustiva, herbácea y el glaciár tenemos una disminución en la superficie de 10768.71 ha, 11338.70 ha y 143.55 ha respectivamente como se muestra en la Tabla 9. Los cambios relacionados al glaciár se atribuyen a los cambios estacionales producidos a lo largo del tiempo.

La disminución de la vegetación arbustiva y herbácea se atribuye al crecimiento del área urbana de la ciudad de Ambato. Estos cambios en la cobertura y uso del suelo muestran cómo este crecimiento ha consumido y causado deterioro en las áreas que normalmente eran rurales o que se usaban como tierras agrícolas; así como lo menciona van Vliet et al. (2017) la expansión de tierras se da a expensas de las tierras de cultivo afectando la sostenibilidad de la tierra.

Debido a que la expansión urbana consume tierras aledañas de uso agrícola, para procurar la sostenibilidad alimentaria, los suelos destinados para el cultivo también han aumentado su frontera agrícola disminuyendo la vegetación arbustiva y herbácea mediante la deforestación de la vegetación, transformando el paisaje del cantón.

Tabla 9

Resultados del Cálculo del área de Cambio del Uso/Cobertura del Suelo Periodo 2004-2021

Ítem	Uso/ Cobertura del suelo	Área de Cambio 2004-2021 (ha)
		2004 al 2021
1	Área Urbana	4830,31
2	Suelo de Cultivo	16843,02

3	Vegetación Arbustiva	-10768,71
4	Afloramiento Rocoso	277,64
5	Vegetación Herbácea	-11338,70
6	Glaciar	-143,55

4.1.3. Resultados del cálculo de las tasas de cambio anual

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de la fórmula propuesta por la FAO (Ec. 1) y su relación en porcentajes se muestra en la Tabla 10 y Tabla 11 respectivamente. En el periodo correspondiente a los años 2004-2010 tenemos que el área urbana tiene una tasa de cambio anual del 10.47%, de igual manera el suelo de cultivo tiene un 8.37%. Las áreas de vegetación arbustiva, afloramiento rocoso, vegetación herbácea y glaciar tienen una tasa de cambio de -1.02%, -0.20%, -3.00% y -1.62% respectivamente, el signo negativo nos muestra que han tenido una reducción o pérdida en el área con respecto al año 2004, fecha que se toma de referencia como inicio de nuestro estudio.

Tabla 10

Resultados de las tasas de cambio anuales

Item	Uso/ Cobertura del suelo	Tasas de cambio		
		2004-2010	2010-2021	2004-2021
1	Área Urbana	0,1047	0,0492	0,0685
2	Suelo de Cultivo	0,0837	0,0375	0,0536
3	Vegetación Arbustiva	-0,0102	-0,0255	-0,0221
4	Afloramiento Rocoso	-0,0020	0,0035	0,0015
5	Vegetación Herbácea	-0,0300	-0,0121	-0,0185
6	Glaciar	-0,0162	-0,0054	-0,0092

Con respecto al periodo 2010-2021 nos muestra una tasa de cambio anual del área urbana del 4.92%, de igual manera el suelo de cultivo representó una tasa de cambio del 3.75%, asimismo el afloramiento rocoso muestra el 0.35% anual de cambio, disminuyendo las superficies de la vegetación arbustiva, herbácea y el glaciar.

Tabla 11

Porcentajes de las tasas de cambio anuales calculadas

Item	Uso/ Cobertura del suelo	Tasas de cambio (%)		
		2004-2010	2010-2021	2004-2021
1	Área Urbana	10,47	4,92	6,85
2	Suelo de Cultivo	8,37	3,75	5,36
3	Vegetación Arbustiva	-1,02	-2,55	-2,21
4	Afloramiento Rocoso	-0,20	0,35	0,15
5	Vegetación Herbácea	-3,00	-1,21	-1,85
6	Glaciar	-1,62	-0,54	-0,92

En cuanto a las tasas de cambio calculadas correspondientes a los años 2004-2021 tenemos una tasa de cambio anual en el área urbana del 6.09% y 5.36% del suelo de cultivo, de igual manera ocurre con 0.15% del afloramiento rocoso. La tabla nos muestra de la misma forma una pérdida de la cobertura del suelo correspondientes a la vegetación arbustiva, herbácea y glaciar con tasas de cambio anuales de 2.01%, 1.85% y 0.92% respectivamente. Estas pérdidas pueden atribuirse al cambio de uso de suelo, ya que los suelos destinados a cultivos se transforman a zonas habitadas, y la vegetación arbustiva y herbácea toma un uso agrícola, como se puede observar en la Figura 21 y 22.

4.1.4. Comparación de superficies de los años 2004, 2010 y 2021

La caracterización del espacio en el cantón, se lo determina por una combinación del espacio urbano, espacio rural y espacio protegido, cada uno con sus peculiaridades y demandas especialmente de recursos y servicios. En el caso del cantón Ambato se hacen más evidentes los cambios, con referencia a la demanda de espacio hace que la mancha urbana crezca en deterioro del espacio rural, y éste a su vez, al verse desplazado, incrementa su frontera agrícola reduciendo la superficie de la vegetación presente mediante la deforestación (GADMA, 2021).

Observando las diferencias de coberturas del suelo dentro del periodo estudiado en la Figura 22 se muestra la comparación de las superficies. Los mapas de expansión y cambios en la cobertura y uso del suelo del cantón Ambato entre los años 2004, 2010 y 2021 muestran un cambio con respecto al área urbana y las coberturas de suelo de la siguiente manera: entre los años 2004-2010 tenemos una expansión del área urbana de 1895.44 ha lo que representa una tasa de cambio anual de 10.47% llegando a tener una superficie de 4214.37 ha para el año 2010.

La expansión urbana se da hacia el sur oeste, sureste y noreste de la ciudad, hacia la parroquia de Santa Rosa, Izamba y San Bartolomé de Pinillo, de acuerdo a la reforma del POT 2020 realizado por el Gobierno Municipal de los años 2005-2009 nos mencionan estas áreas como las de mayor posibilidades de expansión residencial y densificación (Municipalidad del Cantón Ambato, 2005). Afirmando lo que establece el PUGS 2033 (2021) del cantón, donde establece que estas parroquias tienen un mayor crecimiento y desarrollo, amplían la mancha urbana de la ciudad de Ambato provocando una conurbación, debido a las relaciones e interrelaciones socio productivas y a lo mejor a su cercanía con la cabecera cantonal.

Para el segundo periodo comprendido entre los años 2010-2021 la superficie del área urbana llega a 7149.24 ha, lo que representa un 7.08% del área total del cantón Ambato, incrementándose 2934.87 ha con referencia al año 2010, lo que representa una tasa de cambio anual del 4.92%. De acuerdo al PDOT 2015 el área urbana era de 4933 ha y el área destinada para expansión urbana era de 3111.43 ha, representando un 3.06% más de la superficie total del cantón (GADMA, 2015), es decir, el área que se expandió al 2021 no ha llegado a los límites propuestos en este PDOT de ese año.

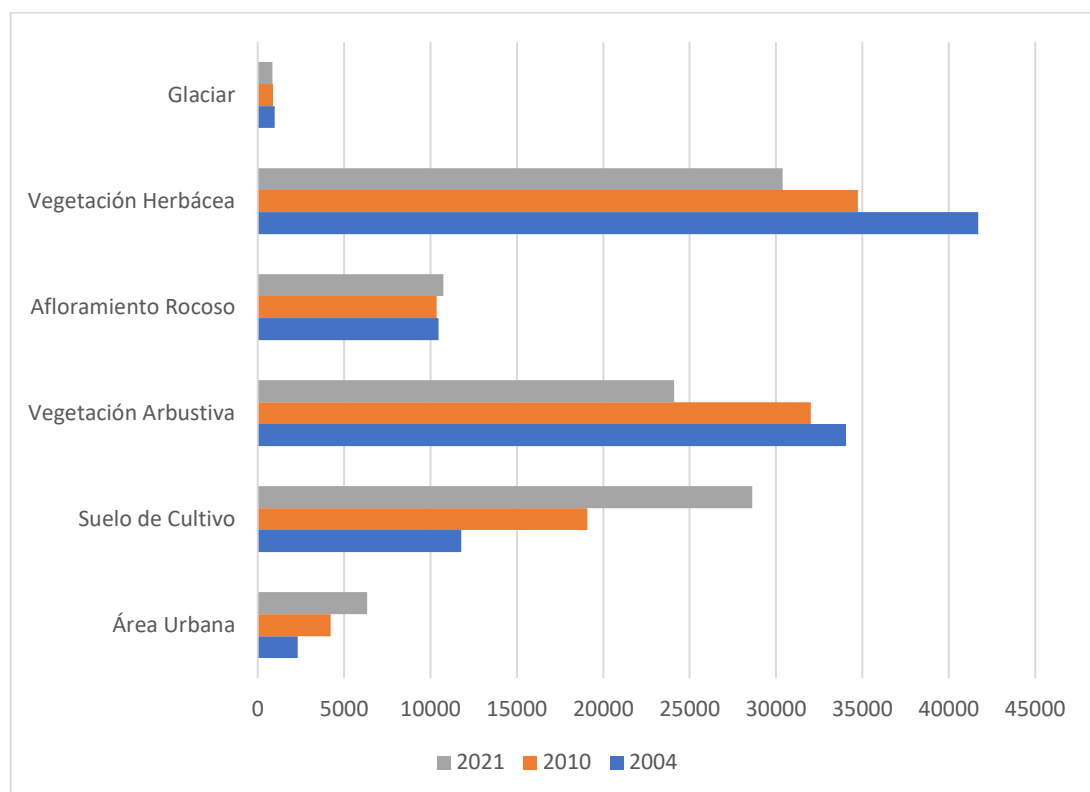
El incremento en el área de construcción de la ciudad provoca una conversión a expensas de las tierras de cultivo que rodean a los asentamientos humanos, así como lo menciona van Vliet et al. (2017). Esta tasa y magnitud de la expansión del suelo urbano son influenciados por algunos factores macro como los ingresos, el desarrollo económico de la población, así como varios factores locales y regionales, como las

políticas de uso de la tierra, la economía informal, flujos de capital y costos de transporte (Li et al., 2022).

En cuanto a las demás coberturas del suelo se puede mencionar que la vegetación arbustiva y herbácea sigue siendo predominante como lo indica en GADMA (2021), de acuerdo con los resultados obtenidos en la clasificación la vegetación arbustiva y herbácea en el 2004 tenía una superficie de 34049.95 ha y 41717.44 ha respectivamente, llegando a poseer una superficie de 23281.24 ha y 30378.42 ha para el año 2021. No obstante, se debe mencionar que su superficie ha disminuido en el cantón debido a los cambios de uso del suelo producidos a lo largo del tiempo. Esta vegetación ha sido sustituida por suelos de cultivo principalmente, evidenciando un problema de deforestación para el proceso de conversión en el uso del suelo.

Figura 22

Comparación de las Superficies Correspondientes a la Cobertura del Suelo Entre los Años 2004,2010, 2021



4.1.7. Resultados de la definición de sitios óptimos para el crecimiento urbano

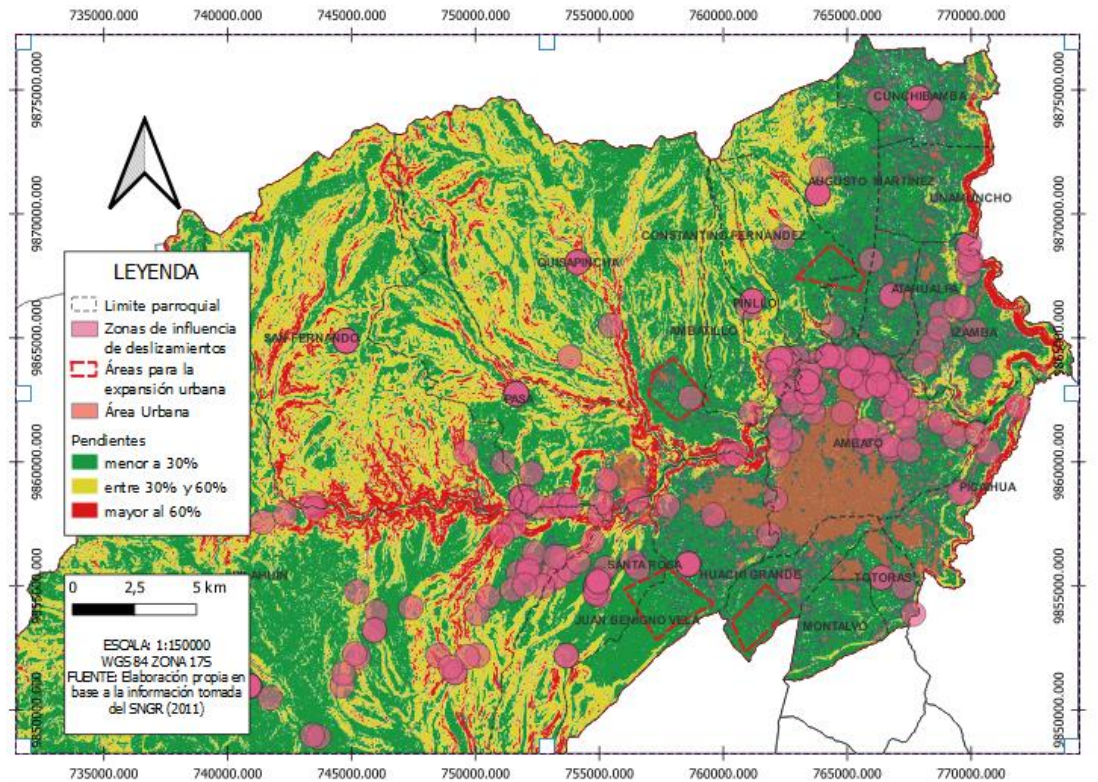
Según el PUGS 2033 (2021) aprobado por el Concejo Municipal de Ambato se establece una ampliación del área urbana en 9 parroquias rurales, como; Juan Benigno Vela, Santa Rosa, San Fernando, Pasa, Ambatillo, Unamuncho, Picaihua, Totoras y Montalvo. El área donde se ubican las parroquias de Izamba, Constantino Fernández y Huachi Grande mantienen sus límites urbanos (PUGS 2033, 2021).

Considerando los aspectos mencionados se establecen como áreas para el crecimiento urbano las zonas ubicadas en el suroeste y noreste de la ciudad. Abarcando las parroquias de Santa Rosa, Huachi Grande, parte de la parroquia de Quisapincha, y Constantino Fernández como áreas apropiadas para la expansión con un área de 1422.21 ha aproximadamente.

En la Figura 23 se muestran las áreas mencionadas en consideración con las zonas propensas a movimientos en masa, se ha tomado en cuenta los niveles sin amenaza y con amenaza media y baja, determinando las zonas con suelos, pendientes y geologías estables se puede disminuir los eventos peligrosos como deslizamientos de tierra que puedan suceder por fenómenos naturales o antrópicos, por otra parte los entes encargados podrán tomar medidas preventivas para la mitigación de efectos o daños producidos por estos fenómenos.

Figura 24

Áreas Establecidas para el Crecimiento Urbano con Respecto a las Pendientes



No obstante, se debe considerar que lo ideal sería controlar y ocupar todas las áreas posibles que se encuentran sin uso, evitando la dispersión de la ciudad y haciendo de esta una ciudad más compacta.

Es importante mencionar que los sitios de crecimiento planteados son un punto de vista por parte de la investigadora. Para definir con más exactitud estas áreas es necesario trabajar con un equipo multidisciplinario y a su vez con estudios de campo que permitan definir estos sitios como apropiados para los asentamientos humanos.

Los insumos generados a través de un estudio multitemporal de la expansión urbana se convierten en herramientas indispensables a la hora de planificar el desarrollo de un territorio, ya que nos permiten conocer la dinámica de la expansión urbana en el tiempo y definir la ubicación adecuada para un crecimiento ordenado, aprovechando los recursos y servicios existentes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1. Conclusiones

- Las imágenes de satélite constituyeron la principal fuente de información en la cuantificación de la expansión urbana, y junto con las herramientas implementadas de los SIG se obtuvieron resultados que permitieron analizar la tendencia en la expansión urbana y los cambios en las coberturas y uso del suelo de la ciudad de Ambato. En la investigación se identificó el crecimiento urbano y los cambios en la cobertura y uso del suelo dando como resultado una expansión urbana direccionada a las áreas periféricas de la cabecera cantonal abarcando las zonas toda la periferia de la ciudad, considerando parroquias rurales como Santa Rosa, Izamba, Atahualpa, Huachi Grande como principales zonas de expansión.

- Los datos obtenidos con la clasificación de las imágenes satelitales nos muestran que entre los años 2004-2010 tenemos una expansión del área urbana de 1895.44 ha lo que representa una tasa de cambio anual de 10.47% llegando a tener una superficie de 4214.37 ha para el año 2010. Para el segundo periodo comprendido entre los años 2010-2021 la superficie del área urbana llega a 7149.24 ha, lo que representa un 7.08% del área total del cantón Ambato, incrementándose 2934.87 ha con referencia al año 2010, el porcentaje de tasa de cambio anual de estos años es de 6.84%.

- En concreto, el área urbana de la ciudad de Ambato dentro de un periodo de 17 años de 2318.93 ha que poseía en el 2004 ha llegado a tener 7149.24 ha al 2021, incrementando el área de construcción de la ciudad y a su vez provocando una conversión a expensas de las tierras rurales que circundan la ciudad por lo que se acepta la hipótesis nula. Esta tasa y magnitud de la expansión del suelo urbano son influenciados por algunos factores como, los

ingresos y el desarrollo económico de la población. Asimismo, el suelo de cultivo ha incrementado su superficie disminuyendo en área las vegetaciones existentes de acuerdo con la clasificación realizada en el cantón Ambato.

- Por otro lado, con lo que se refiere a la definición de sitios óptimos para el crecimiento urbano se ha establecido variables como las amenazas por movimientos en masa, la pendiente y los eventos peligrosos suscitados entre los años 2013-2018, en donde se establecen como áreas para el crecimiento urbano las zonas ubicadas en el suroeste y noreste de la ciudad. Considerando las parroquias de Santa Rosa, Huachi Grande, parte de la parroquia de Quisapincha, y Constantino Fernández como áreas apropiadas para la expansión con un área de 1422.21 ha aproximadamente.

5.2. Recomendaciones

Para alcanzar una perspectiva multifuncional y multidimensional es necesario impulsar y promover estudios integrales que den una visión global sobre lo que está pasando en el campo. Por ello los conocimientos y herramientas de una sola ciencia ya no son suficientes para lograr estudios que se acerquen más a la realidad.

El conocimiento generado a partir del análisis multitemporal fue importante pero no suficiente para explicar todo lo que está pasando con la dinámica de la ciudad, para un estudio más completo es indispensable contar con información obtenida en campo, es decir con la experiencia de las personas, con sus narraciones, con su visión del cambio en la ciudad.

A pesar de las diversas técnicas de teledetección y las herramientas para el análisis del estudio multitemporal, es importante mencionar que para su correcta aplicación es necesario minimizar los niveles de error de cada uno de sus procesos. Al realizar el presente estudio se evidenció la presencia de nubes y sombras que generaron un vacío en la información, estos fueron clasificados con la ayuda del satélite Bing teniendo espacios que correspondían al área urbana y al suelo de cultivo. Sin embargo, este tipo de inconvenientes pueden ser corregidos en estudios similares mediante técnicas de relleno.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. (2017). *Elaboración de una clasificación no supervisada y supervisada para generar las coberturas vegetales de una imagen satelital LandSat 7-ETM usando los programas R y PCI Geomatics con el fin de comparar los resultados obtenidos*. [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://bit.ly/3H5U4OX>
- Álvarez-Rogel, Y., & Conesa García, C. (2018). Georreferenciación De Documentos Cartográficos Históricos Para El Análisis Del Trazado Fluvial Del Bajo Segura, Vega Media (Murcia, España). *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 21, 101–118. <https://doi.org/10.21138/gf.536>
- Arora, A., Pandey, M., Mishra, V. N., Kumar, R., Rai, P. K., Costache, R., Punia, M., & Di, L. (2021). Comparative evaluation of geospatial scenario-based land change simulation models using landscape metrics. *Ecological Indicators*, 128, 107810. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.107810>
- Botana, M., & Fernandez, S. (2019, October). Teledetección como experiencia de aprendizaje: Una mirada desde Geografía Física I, Geografía de los Espacios Marítimos y Cartografía. *VII Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas*. https://memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.13501/ev.13501.pdf
- Bravo Morales, N. F. (2017). Teledetección espacial Landsat, Sentinel2, Aster L1T y Modis. In *Universidad Nacional Gararia de la Selva (Primera)*. Geomatica Ambiental S.R.L. <https://sites.google.com/view/geomatica-ambiental-srl/>
- Bren D'amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K.-H., Haberl, H., Creutzig, F., & Seto, K. C. (2017). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(8939–8944). <https://doi.org/10.1073/pnas.1606036114>
- Bruegmann, R. (2015). Urban Sprawl. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*, 934–939. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.74061-X>
- Camacho-Sanabria, J., Juan Perez, J., Pineda Jaimes, N., Cadena Vargas, E., Bravo Peña, L., & Sánchez Lopez, M. (2015). Cambios de cobertura/ uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña . *Madera y*

- Bosques*, 21(1). <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n1/v21n1a8.pdf>
- Camacho-Sanabria, R., Camacho-Sanabria, J. M., Balderas-Plata, M. Á., & Sánchez-López, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 39–60. <https://doi.org/10.21829/MYB.2017.2331516>
- Camacho, R., Camacho, J., Balderas, M., & Sánchez, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 23. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61753521004.pdf>
- Chacón, C. (2019). Evaluación del riesgo de desastres por deslizamientos activados por lluvias. Caso estudio: Barrios informales de Mamera- El Junquito. *Terra Nueva Etapa*, XXXV(57). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72163802004>
- CODURBAN. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial PDOT Cantón Ambato*. Corporación de Desarrollo Territorial, Estudios Urbano-Regionales, de Gestión y Catstros Municipales. <https://bit.ly/3FKSD8k>
- Coello, P. (2019). *Estudio de Ordenamiento Territorial para una adecuada expansión urbana, ciudad Riobamba, Ecuador* [UNIGIS]. <http://docplayer.es/193350309-Master-thesis-%7C-tesis-de-maestria.html>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020, February 18). *Monitoreo de la cobertura de suelo*. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/cobertura-suelo>
- De la Cruz, J., & Muñoz, G. (2016). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo del área de influencia del Programa de reforestación de la Federación Nacional de cafeteros en el Municipio de Popayán, Cauca*. [Universidad de Manizales]. <https://bit.ly/313mxFE>
- Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. (1993). *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo integrado* (Vol. 1). <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc4878/doc4878-a.pdf>
- Flórez, G., Rincon, A., Cardona, P., & Alzate, A. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. *Dyna*, 84(201). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49650911012>
- Francois, J., Lemoine, R., Gonzalez, R., López, J., Piña, A., & Herrera, E. (2017).

- Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera y Bosques*, 23. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61752760008.pdf>
- GADMA. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ambato*. <https://n9.cl/hq3zt>
- GADMA. (2016). *PDOT Cantón Ambato Reforma 2018-2019.pdf*. Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- GADMA. (2021). *PDOT Ambato 2050*.
- Gichenje, H., Muñoz, J., & Pinto, T. (2019). Opportunities and Limitations for Achieving Land Degradation-Neutrality through the Current Land-Use Policy Framework in Kenya. *Land*, 8. <https://doi.org/103390>
- GisandBeers. (2017, March 26). *Combinaciones RGB de imágenes satélite Landsat y Sentinel*. <http://www.gisandbeers.com/combinacion-de-imagenes-satelite-landsat-sentinel-rgb/>
- GisandBeers. (2020, February 22). *Todo lo que deberías saber sobre imágenes Landsat - Gis&Beers*. <https://n9.cl/7cjbw>
- González-Jaramillo, V., Fries, A., & Bendix, J. (2019). AGB Estimation in a Tropical Mountain Forest (TMF) by Means of RGB and Multispectral Images Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Remote Sensing*, 11(12), 1413. <https://doi.org/10.3390/RS11121413>
- Herold, M. (2009). *Assesment of the status of the development of the standards for the terrestrial essential climate variables*. <https://www.fao.org/3/i1237e/i1237e00.pdf>
- Imaña, J., Banks, E., Oliveira, N., & Riesco, G. (2019). Vista de Análisis de imágenes Landsat para la determinación de cambios de uso del suelo en un área de preservación ambiental (APA) en la zona de influencia de la ciudad de Brasilia (Brasil). *Revista Forestal Del Perú*, 34(2). <https://bit.ly/345WgrB>
- INAMHI. (2021). *Promedios mensuales | Red Hidrometeorologica de Tungurahua*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. https://rrmn.tungurahua.gob.ec/red/promedios_mensuales
- INEC. (2001). *Fascículo Ambato*. <https://n9.cl/t7xk>
- INEC. (2010). *Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*.

- <https://bit.ly/3JEzB62>
- INEC. (2011). *Resultados Censo Nacional Económico*. <https://bit.ly/3EIJ02m>
- INEC. (2012). *Proyección cantonal total 2010-2020*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- INEGI. (2016). *Aspectos técnicos de las imágenes Landsat*. <https://n9.cl/cox5p>
- Ingeoexpert. (2018, July 6). *¿Qué es la teledetección y qué sistemas existen? | Ingeoexpert*. <https://n9.cl/1r2fz>
- IPCC. (2013). *Glosario* (S. Planton (ed.)).
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Landsat Missions. (n.d.). *Landsat 7*. USGS Science for Changing World. Retrieved March 21, 2022, from <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7>
- León, L., & Garavito, L. (2020). Procesamiento de imágenes satelitales. *L'Esprit Ingenieur*, 11(1).
<https://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieur/article/view/2332/1972>
- Li, M., Verburg, P. H., & van Vliet, J. (2022). Global trends and local variations in land take per person. *Landscape and Urban Planning*, 218, 104308.
<https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2021.104308>
- Liu, Y., Zuo, R., & Dong, Y. (2021). Analysis of temporal and spatial characteristics of urban expansion in xiaonan district from 1990 to 2020 using time series landsat imagery. *Remote Sensing*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/rs13214299>
- LOOTUGS. (2016). Ley orgánica de ordenamiento territorial, uso y gestión de suelo (LOOTUGS). In *Asamblea Nacional República del Ecuador*.
<https://bit.ly/3LSAAzS>
- MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*.
<https://n9.cl/6y7dy>
- Martínez, J., Margalina, V., & Tamayo, J. (2015). Estructura empresarial de la provincia de Tungurahua. In *Revista de Coyuntura* 2. <https://bit.ly/3FMDy6b>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Calvo, E., Shukla, P., Slade, R., Connors, S., Van Diemen, R., Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal, J., Vyas, P., Huntley, E., ... Malley, J. (2020). El cambio climático y la tierra. *Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático*, 10–11. www.ipcc.ch
- Mejía, V. (2018). Morfología urbana y proceso de urbanización en Ecuador a través

- de la imagen satelital nocturna de la Tierra, 1992-2012. *Redalyc*, 46.
<https://www.redalyc.org/journal/196/19662963013/html/>
- Ministerio de Agricultura, G. A. y P. (2014). *Memoria técnica Cantón Ambato/bloque 1.1 "Levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 1" Cobertura y uso de la tierra sistemas productivos zonas homogéneas de cultivo*.
http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_AMBATO_20150306.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*. <https://n9.cl/xqw6p>
- Ministerio del Ambiente. (2014). Programa Conservación de Bosques y REDD+. In *SENPLADES*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/REED.pdf>
- Municipalidad del Cantón Ambato. (2005). *Reforma y codificación de la Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato*. www.ambato.gov.ec
- Naranjo, F. (2015). *Agenda Tungurahua desde la Visión Territorial*.
<https://bit.ly/3JnzziN>
- Nasa Ciencia. (2021, November 9). *La NASA y el USGS publican las primeras imágenes del Landsat 9 | Ciencia de la NASA*. <https://ciencia.nasa.gov/la-nasa-y-el-usgs-publican-las-primeras-imagenes-del-landsat-9>
- National Ocean Service. (2021, February 26). *What is the difference between land cover and land use?* National Oceanic and Atmospheric Administration.
<https://oceanservice.noaa.gov/facts/lclu.html>
- Ormeño Villajos, S. (2006). *Teledetección fundamental* (Tercera).
<http://pdi.topografia.upm.es/santi/descarga/FunTeled.PDF>
- Pardo, S. (2017). Uso de sistemas de información geográfica (SIG) en la valoración del potencial piscícola a nivel municipal. *Orinoquia*, 21.
<https://www.redalyc.org/pdf/896/89657629002.pdf>
- Perdomo, J. (2017). *Estudio Multitemporal de la Dinámica de transformación de la cobertura por Crecimiento Urbano, de la Localidad de Suba, Bogotá, D.C. Periodo 1998-2014* [Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10021/2017jairoperdomo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

- Pimiento, M. (2019). *Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en el paramo de Pisba jurisdicción del municipio de Tasco para el periodo 1990-2015* [Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia].
https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3575/1/Analisis_multitemporal.pdf
- PUGS 2033. (2021). Plan de Uso y gestión del suelo. Componente estructurante. Gad Municipal de Ambato. https://gadambato-my.sharepoint.com/personal/gadmaapps_ambato_gob_ec/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fgadmaapps%5Fambato%5Fgob%5Fec%2FDocuments%2FArchivos%20WEB2021%2F01%5FComponente%20Estructurante%5F24%5F06%5F21%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fgadmaapps%5Fambato%5Fgob%5Fec%2FDocuments%2FArchivos%20WEB2021&ga=1
- Quezada, A., & Sevilla, J. (2021). *Estimación de la tasa de deforestación a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en las provincias de Pastaza y Orellana en el periodo 2000 al 2020*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Rafferty, J. (2017, November 17). *Urban sprawl*. Enciclopedia Britanica.
<https://www.britannica.com/topic/urban-sprawl>
- Sánchez, Y. S., Graña, A. M., Santos-Francés, F., Ramos, J. L. R., & Criado, M. (2021). Multitemporal analysis of land use changes and their effect on the landscape of the jerte valley (Spain) by remote sensing. *Agronomy, 11*(8).
<https://doi.org/10.3390/agronomy11081470>
- Secretaria de PPlanificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. <https://bit.ly/3dXcBR2>
- Secretaria Técnica Planifica Ecuador. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Documento ejecutivo para autoridades provinciales*.
<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/08/Folletos-autoridades-provinciales.pdf>
- Singh, A. I., & Singh, K. (2021). Remote Sensing and GIS based Land Use Land Cover Analysis in Chandel District, Manipur, India. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 889*(1), 012046.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/889/1/012046>
- Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. (n.d.). *Cobertura y uso de la tierra*. Retrieved April 7, 2022, from <http://www.sigtierras.gob.ec/cobertura-y-uso-de-la-tierra/>

- SNGR. (2011, May 3). *Zonas propensas a movimientos en masa-Cantón Ambato- Prov. Tungurahua*. Departamento Técnico de La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. <https://n9.cl/aot8a>
- Steurer, M., & Bayr, C. (2020). Measuring urban sprawl using land use data. *Land Use Policy*, 97, 104799. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2020.104799>
- Subsecretaría de hábitat y asentamientos humanos. (2015). *Informe Nacional del Ecuador Tercera Conferencia de las Naciones Unidas Sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible HABITAT III*. <https://bit.ly/3m4bJ1t>
- Universidad de Murcia. (n.d.). *Correcciones a las imágenes de satélites*. SIGMUR. Retrieved March 28, 2022, from <https://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema07.pdf>
- Uribe, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina. *CEPAL*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1
- US EPA. (2021, September 7). *Land Use / . Report on the Environment*. <https://www.epa.gov/report-environment/land-use>
- van Vliet, J., Eitelberg, D. A., & Verburg, P. H. (2017). A global analysis of land take in cropland areas and production displacement from urbanization. *Global Environmental Change*, 43, 107–115. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2017.02.001>
- Veneros, J., García, L., Morales, E., Gómez, V., Torres, M., & López, F. (2020). Aplicación de sensores remotos para el análisis de cobertura vegetal y cuerpos de agua Application of remote sensors for the analysis of vegetation cover and water bodies. *Idesia*, 38(4). <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v38n4/0718-3429-idesia-38-04-99.pdf>
- Villacís, B., & Carrillo, D. (2012). País atrevido: la nueva cara sociodemográfica del Ecuador. . *Revista Analitika. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*. <https://bit.ly/3NXwDvt>
- Xiao Peng, S., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720), 639–643. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9>