



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Análisis espacial multicriterio para la determinación de zonas de expansión urbana de acuerdo a la integración de componentes territoriales en el cantón Latacunga”

Carrillo Rueda, David Esteban

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente

Ph. D. (c) Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando





15 de agosto del 2020

URKUND

Document Information

Analyzed document	Tesis Expansion Urbana Latacunga (David Carrillo)_rsm_v1.docx (D77808489)
Submitted	8/15/2020 8:39:00 PM
Submitted by	Rodolfo Salazar
Submitter email	rjsalazar@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	rjsalazar.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/95556767-Escuela-politecnica-del-ejercito-carrera-de-ingenier ... Fetched: 11/10/2019 11:19:16 PM	 3
W	URL: https://www.yantzaza.gob.ec/images/PDyOT/DIAGNOSTICO-1-2.pdf Fetched: 1/15/2020 1:13:15 AM	 1
W	URL: https://docplayer.es/91755870-Escuela-politecnica-nacional.html Fetched: 2/7/2020 2:59:39 PM	 1
W	URL: https://library.co/document/4yr2178z-33199.html Fetched: 5/26/2020 4:35:31 AM	 1

Firma:



Ph. D. (c) Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando

C.C: 1705683082

DIRECTOR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “Análisis espacial multicriterio para la determinación de zonas de expansión urbana de acuerdo a la integración de componentes territoriales en el cantón Latacunga” fue realizado por el señor Carrillo Rueda, David Esteban, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de agosto del 2020

Ph. D. (c) Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando

C.C: 1705683082



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Carrillo Rueda, David Esteban**, con cédula de ciudadanía N° 050333072-2, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Análisis espacial multicriterio para la determinación de zonas de expansión urbana de acuerdo a la integración de componentes territoriales en el cantón Latacunga”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 15 de agosto del 2020

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Carrillo Rueda, David Esteban', con una línea horizontal debajo.

Carrillo Rueda, David Esteban

C.C: 0503330722



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Autorización de Publicación

Yo, **Carrillo Rueda, David Esteban**, con cédula de ciudadanía N° 050333072-2, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Análisis espacial multicriterio para la determinación de zonas de expansión urbana de acuerdo a la integración de componentes territoriales en el cantón Latacunga”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 15 de agosto del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carrillo Rueda, David Esteban', enclosed within a blue circular stamp.

Carrillo Rueda, David Esteban

C.C: 0503330722

Dedicatoria

*A mi madre querida;
por darme la vida y saber guiarme con amor,
por darme la educación y brindarme su sabiduría.
Por creer en mí y ser mi amiga, mi fiel consejera, mi amor más bonito.*

*A mis abuelitos que desde el cielo me bendicen,
por educarme con ternura y sencillez;
por enseñarme a descubrir los verdaderos tesoros de la vida.
Mis angelitos.*

Agradecimientos

*Agradezco a Dios por estar presente en mi vida, guiando mi camino y bríndame
fortaleza;
a mi tutor, el Crnl. (sp) Ing. Rodolfo Salazar, por la paciencia y el apoyo brindado,
por todos los conocimientos y consejos necesarios al realizar este proyecto.
A mi madre y a mis amigos, quienes fueron el pilar fundamental
para no rendirme y salir adelante.*

Índice de contenido

Urkund	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenido	8
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Siglas y acrónimos	16
Resumen	17
Abstract	18
Capítulo I	22
Aspectos Generales	22
Antecedentes.....	22
Planteamiento del problema	23
Justificación e Importancia.....	24
Área de influencia.....	26
Objetivos	27
Objetivo general.....	27

Objetivos específicos	28
Metas	28
Capítulo II	29
Marco Teórico	29
El Territorio y la Expansión Urbana - Rural.....	29
Zonas Urbanas y Rurales	29
Desarrollo Urbano y Rural	30
Infraestructura Urbana y Rural.....	30
Funciones Urbanas y Rurales.....	31
Delimitación territorial	31
Densidad Poblacional	32
Expansión Urbana	32
Ordenamiento Territorial.....	33
Diagnóstico del territorio	34
Componentes del territorio.....	34
Planificación del territorio.....	35
Administración del territorio.....	36
Planes de ordenamiento territorial (PDOT)	36
Riesgos Naturales	37
Riesgo, Vulnerabilidad y Peligrosidad.....	37
Riesgo Volcánico	38

	10
Zonas Vulnerables y de Seguridad	39
Erupciones del volcán Cotopaxi.....	39
Desarrollo Sostenible.....	39
Ciudad Sostenible.....	40
Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible	40
Análisis Jerárquico de Ponderación.....	41
Matriz de Saaty.....	42
Análisis Espacial Multicriterio.....	42
Software Libre	43
Sistema Integrado de Información de Tierra y Agua (Ilwis)	43
Open Street Map	44
Capítulo III	45
Metodología	45
Recopilación de la información	46
Descarga de datos de OSM.....	46
Clasificación por componentes	48
Componente Sociocultural.....	49
Componente Económico.....	51
Componente Asentamientos Humanos.....	53
Componente Movilidad – Energía – Conectividad.....	54
Componente Político Institucional.....	56

Homogenización de la información	57
Adecuación de las tablas de atributos.....	59
Ilwis	61
Definición del Sistema de Coordenadas	61
Definición de la Georreferencia.....	62
Rasterización de los Datos	63
Generación de mapas por componente	64
Integración de los componentes	70
Variabilidad de escenarios.....	72
Capítulo IV	74
Resultados	74
Resultados de los Componentes Territoriales.....	74
Componente Biofísico.....	74
Componente Sociocultural	75
Componente Económico.....	77
Componente Asentamientos Humanos.....	79
Componente Movilidad – Energía – Conectividad.....	81
Componente Político Institucional	83
Escenarios.....	85
Primer Escenario	85
Segundo Escenario	88

Tercer Escenario	91
Comparación entre escenarios	94
Base de datos.....	95
Discusión de resultados.....	95
Capítulo V	98
Conclusiones y recomendaciones	98
Conclusiones.....	98
Recomendaciones.....	99
Referencias Bibliográficas	100
Anexos	102

Índice de tablas

Tabla 1 Características de los modelos urbanos	33
Tabla 2 Variables del componente sociocultural	51
Tabla 3 Variables del componente económico	53
Tabla 4 Variables del componente asentamientos humanos.....	54
Tabla 5 Variables del componente movilidad, energía y conectividad	56
Tabla 6 Variables del componente político institucional	57
Tabla 7 Ponderación aceptabilidad de expansión urbana	61
Tabla 8 Análisis jerárquico de ponderación	73
Tabla 9 Matriz normalizada y ponderación de componentes.....	73

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación del cantón Latacunga	27
Figura 2 Portada del PDOT Latacunga 2016-2028	37
Figura 3 Diecisiete Objetivos para el Desarrollo Sostenible	41
Figura 4 Logo del software ILWIS 3.4 Open	43
Figura 5 Diagrama de la metodología aplicada.....	45
Figura 6 Descarga de información de OSM	46
Figura 7 Exportar información de QGIS en formato .shp.....	47
Figura 8 Clasificación de las variables para el componente Biofísico.....	49
Figura 9 Clasificación de las variables para el componente Sociocultural.....	50
Figura 10 Clasificación de las variables para el componente Económico	52
Figura 11 Clasificación de las variables para el componente MEC	55
Figura 12 Spatial Join de parroquias con atractivos naturales	58
Figura 13 Variable Atractivos Naturales clasificada por parroquias.....	59
Figura 14 Adición del campo "pondera" en la tabla de atributos de la variable	60
Figura 15 Configuración del sistema de coordenadas	62
Figura 16 Configuración de la Georreferencia	63
Figura 17 Rasterización del polígono atractivos naturales	64
Figura 18 Ingreso de variables del componente Biofísico en el AEM	65
Figura 19 Métodos de asignación de pesos.....	66
Figura 20 Ponderación de variables componente biofísico	67
Figura 21 Ponderación de variables Método Pairwise Comparison.....	68
Figura 22 Estandarización de los valores de entrada Benefit – Maximun	69
Figura 23 Estandarización de los valores de entrada Benefit – Interval	70
Figura 24 Mapas de cada componente previo a ser integrados	71

Figura 25	Ingreso de componentes en el AEM	71
Figura 26	Método Pairwise Comparison para la asignación de pesos	72
Figura 27	Pesos resultantes de las variables biofísicas	74
Figura 28	Mapa del Componente Biofísico	75
Figura 29	Pesos resultantes de las variables socioculturales	76
Figura 30	Mapa del Componente Sociocultural	77
Figura 31	Pesos resultantes de las variables económicas	78
Figura 32	Mapa del Componente Económico	79
Figura 33	Pesos resultantes de las variables de asentamientos humanos	80
Figura 34	Mapa del Componente Asentamientos Humanos	81
Figura 35	Pesos resultantes de las variables de MEC	82
Figura 36	Mapa del Componente Movilidad - Energía – Conectividad.....	83
Figura 37	Pesos resultantes de las variables político institucional	84
Figura 38	Mapa del Componente Político Institucional	85
Figura 39	Pesos resultantes de los componentes del primer escenario	86
Figura 40	Mapa Primer Escenario (Biofísico).....	87
Figura 41	Histograma del Primer Escenario.....	88
Figura 42	Pesos resultantes de los componentes del segundo escenario	89
Figura 43	Mapa Segundo Escenario (Económico).....	90
Figura 44	Histograma del Segundo Escenario.....	91
Figura 45	Pesos resultantes de los componentes del tercer escenario	92
Figura 46	Mapa Tercer Escenario (Movilidad - Energía - Conectividad)	93
Figura 47	Histograma del Tercer Escenario.....	94
Figura 48	Comparativa entre Escenarios.....	95

Siglas y acrónimos

AEM: Análisis Espacial Multicriterio

COOTAD: Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

DPA: División Política Administrativa

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

ILWIS: Sistema Integrado de Información de Tierra y Agua

MAGAP: Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (actualmente MAG)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OSM: *Open Street Map*

PDOT: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

PEA: Población Económicamente Activa

PNBV: Plan Nacional del Buen Vivir

SENPLADES: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo

SIG: Sistemas de Información Geográfica

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

UPC: Unidad de Policía Comunitaria

Resumen

Las poblaciones presentan un constante crecimiento influenciado principalmente por el comercio y la colonización de civilizaciones antiguas; por ello es importante redimensionar las políticas y estrategias de administración del territorio y su infraestructura. A través de la libre descarga de datos de plataformas colaborativas como *Open Street Map*, se realizó una clasificación de la información obtenida para generar un modelo de expansión urbana sostenible, a través del análisis espacial multicriterio en el software libre ILWIS, dando como producto final, la identificación de zonas aceptables para la expansión urbana establecidas por su dinámica, integrando el análisis de los componentes territoriales biofísico, sociocultural, económico, asentamientos humanos, movilidad – energía – conectividad y político institucional; conforme una adecuada ponderación jerárquica de acuerdo con su influencia e importancia. Este estudio se realizó en el cantón Latacunga, por lo que dentro del componente biofísico se hace énfasis en el riesgo ante una posible erupción del volcán Cotopaxi, ya que la población latacungueña ha estado ligada a restablecerse luego de por lo menos cinco ciclos eruptivos desde el año 1532. Los resultados obtenidos muestran a las parroquias San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Guaytacama y Belisario Quevedo como las zonas con una alta aceptabilidad para la expansión urbana considerando los escenarios Biofísico, Económico y Movilidad – Energía – Conectividad.

PALABRAS CLAVE

- **EXPANSIÓN URBANA**
- **ANÁLISIS ESPACIAL MULTICRITERIO**
- **TERRITORIO**
- **COMPONENTES TERRITORIALES**

Abstract

Populations present a constant growth influenced mainly by trade and the colonization of ancient civilizations; for this reason, it is important to resize the policies and strategies of land administration and its infrastructure. Through the free download of data from collaborative platforms such as Open Street Map, a classification of the information obtained was carried out to generate a model of sustainable urban expansion, using multi-criteria spatial analysis in the ILWIS free software, obtaining as a final product, the identification of acceptable zones for urban expansion established by their dynamics, integrating the analysis of the territorial components biophysical, sociocultural, economic, human settlements, mobility - energy - connectivity and institutional-political; according to an adequate hierarchical weighting due to its influence and importance. This study was carried out in the Latacunga municipality, therefore, within the biophysical component, emphasis is placed on the risk of a possible eruption of the Cotopaxi volcano, since the "Latacungueña" population has been linked to reestablishing itself after at least five eruptive cycles since the year 1532. The results obtained show the San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Guaytacama and Belisario Quevedo parishes as the areas with high acceptability for urban expansion considering the Biophysical, Economic and Mobility - Energy - Connectivity scenarios.

KEY WORDS

- **URBAN EXPANSION**
- **SPATIAL MULTICRITERIA ANALYSIS**
- **LAND**
- **TERRITORIAL COMPONENTS**

Capítulo I

El primer capítulo se encuentra enfocado a describir los aspectos generales, antecedentes, planteamiento del problema, importancia y justificación para el desarrollo de la investigación; también se detalla el área de influencia del proyecto con sus objetivos y metas.

Aspectos Generales

Antecedentes

Desde épocas muy remotas, las poblaciones se han ido asentado sobre un territorio dependiendo de varios factores. El comercio es uno de los principales, ya que la mayoría de los asentamientos humanos se encuentran en torno a éste. Por otro lado, desde la época de la colonia, los poblados han fijado un modelo de planificación de sus infraestructuras y equipamientos, influenciados por la religión y las delegaciones de la Corona Española, los cuales se mantienen hasta la actualidad; incluso en base a ese modelo se ha desarrollado el crecimiento urbano (Pazmiño, 2015).

En las últimas décadas, el crecimiento y desarrollo urbano del cantón Latacunga ha ido de la mano de las transformaciones sufridas ante los diversos procesos eruptivos que ha experimentado el volcán Cotopaxi. Estos hechos han quedado marcados significativamente en la memoria de la población latacungueña por varias generaciones hasta la actualidad. Sin embargo, cuando se trata del continuo y acelerado crecimiento poblacional, no se considera el potencial riesgo volcánico del Cotopaxi; ya que se continúa edificando en zonas de riesgo y sin una adecuada planificación integral.

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), dispone que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), mantengan actualizado y efectivo un Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT). Además, la “Guía Metodológica para la Elaboración de Planes de Desarrollo y

Ordenamiento Territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados” elaborada por la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), actual SECRETARÍA TÉCNICA PLANIFICA ECUADOR, es una herramienta factible para el estudio y unificación de los componentes de un territorio (SENPLADES, 2010).

Latacunga cuenta con un PDOT válido hasta el 2028, en el que detalla los componentes que conforman el territorio del cantón.

Por otra parte, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son herramientas que poseen funciones para el análisis de fenómenos dinámicos, como es el caso de la expansión urbana. Entre ellos, el Sistema Integrado de Información de Tierra y Agua (ILWIS), por sus siglas en inglés, es un SIG que permite manejar información de tipo vectorial y ráster. Éste es un software con código liberado con algoritmos incluidos, que permiten evaluar posibles y distintos escenarios y las variables que promueven el desarrollo de un territorio para una planificación urbana.

Planteamiento del problema

El crecimiento de las ciudades en Latinoamérica se ha caracterizado por mantener el patrón colonial, que concentra a la mayoría de la población en las áreas centrales del territorio, donde predomina el comercio, generando así una expansión desordenada hacia las periferias, donde generalmente se puede encontrar una deficiente administración de los servicios básicos, ausencia de infraestructura, equipamientos y aumento de la pobreza; esto no implica que las zonas periféricas no tengan una funcionalidad que aporte a la ciudad.

La zona urbana de Latacunga se ha desarrollado tras superar por lo menos cinco ciclos eruptivos del volcán Cotopaxi desde el año 1532; razón por la cual, el crecimiento poblacional luego del último ciclo eruptivo que finalizó en 1880 ha estado influenciado por este tipo de catástrofes naturales. Sin embargo, la falta de

investigaciones en lo que respecta a riesgos y el crecimiento acelerado poblacional sin una planificación urbana sostenible, ha ocasionado que se vuelva a construir en zonas de peligro. Por esta razón, se generan asentamientos irregulares, problemas medioambientales y socioeconómicos.

La ubicación geográfica del cantón dentro del territorio ecuatoriano es muy importante para las actividades comerciales de exportación. Por ello, en 2017 se fomentó la reactivación del Aeropuerto Internacional Cotopaxi para actividades turísticas y comerciales. Otra entidad importante que ha influenciado el crecimiento urbano del cantón es la implantación de la Sede de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en la parroquia rural de Belisario Quevedo, recibiendo a estudiantes de diferentes provincias del país, quienes se alojan en las cercanías de la institución, promoviendo el comercio y transporte tanto dentro como fuera de la ciudad.

Por otro lado, Latacunga se ha convertido en un atractivo turístico a nivel nacional, en lo que respecta al componente sociocultural. Sin embargo, más allá del beneficio que recibe la ciudad en su economía por parte del turismo, este tipo de eventualidades se ha convertido en un problema local, afectando directamente a la seguridad, movilidad interna y funcionamiento de la ciudad (Peñaherrera, 2016).

Por ello, ante los diversos aspectos que componen un territorio, es indispensable realizar un análisis multicriterio para la determinación de posibles zonas de expansión urbana donde se incluya cada uno de estos aspectos, con sus respectivos niveles jerárquicos de importancia o influencia dentro del funcionamiento de la sociedad.

Justificación e Importancia

Una gran iniciativa impulsada por las Naciones Unidas son los Objetivos de Desarrollo Sostenible, conocidos como ODS-2030, que abarcan temáticas muy importantes como el desarrollo sostenible, la inclusión social, el crecimiento económico y la protección del medio ambiente. El décimo primer objetivo aborda temas como

“Ciudades y Comunidades Sostenibles”, donde la planificación del territorio es importante para lograr disminuir la vulnerabilidad ante todo tipo de desastres, proteger el patrimonio cultural y natural, reducir el impacto ambiental por parte de las ciudades, desarrollar un sistema de transporte seguro y accesible, viviendas y servicios básicos adecuados, vínculo entre las zonas urbanas y rurales y la correcta ubicación de zonas verdes y espacios públicos seguros e inclusivos.

Los artículos 30 y 31 de la Constitución de la República del Ecuador, detallan el derecho de los habitantes a un hábitat que goce de seguridad, una calidad de vida adecuada y todo esto enfocado a los principios de desarrollo sostenible. Sin embargo, esta normativa no se ha logrado plasmar aún en la mayoría de los territorios del país.

El crecimiento urbano del cantón Latacunga es muy dinámico y ha ido incrementándose paulatinamente en los últimos años. Por lo tanto, en el estudio sobre la determinación de posibles zonas de expansión urbana, resulta pertinente la integración de los componentes territoriales: biofísico, sociocultural, económico, asentamientos humanos, movilidad – energía – conectividad y político institucional. Además, el análisis espacial multicriterio (AEM) mediante un SIG, es una de las herramientas más accesibles, dinámicas y completas para el análisis del territorio, ya que se puede manejar niveles de importancia y peso para recrear diferentes escenarios de expansión.

Es importante realizar una planificación del crecimiento urbano, priorizando el potencial riesgo ante catástrofes naturales, ya que el riesgo volcánico se ve fuertemente vinculado al crecimiento y desarrollo de la localidad. Al suscitarse una potencial erupción del volcán Cotopaxi, que se encuentra alrededor de 33km del poblado noroeste del cantón Latacunga, llegaría a deteriorar vías, infraestructuras educativas, de salud, instituciones administrativas, etc. Por otro lado, eventos socioculturales como el desfile anual de La Mama Negra, declarada como patrimonio cultural del Estado;

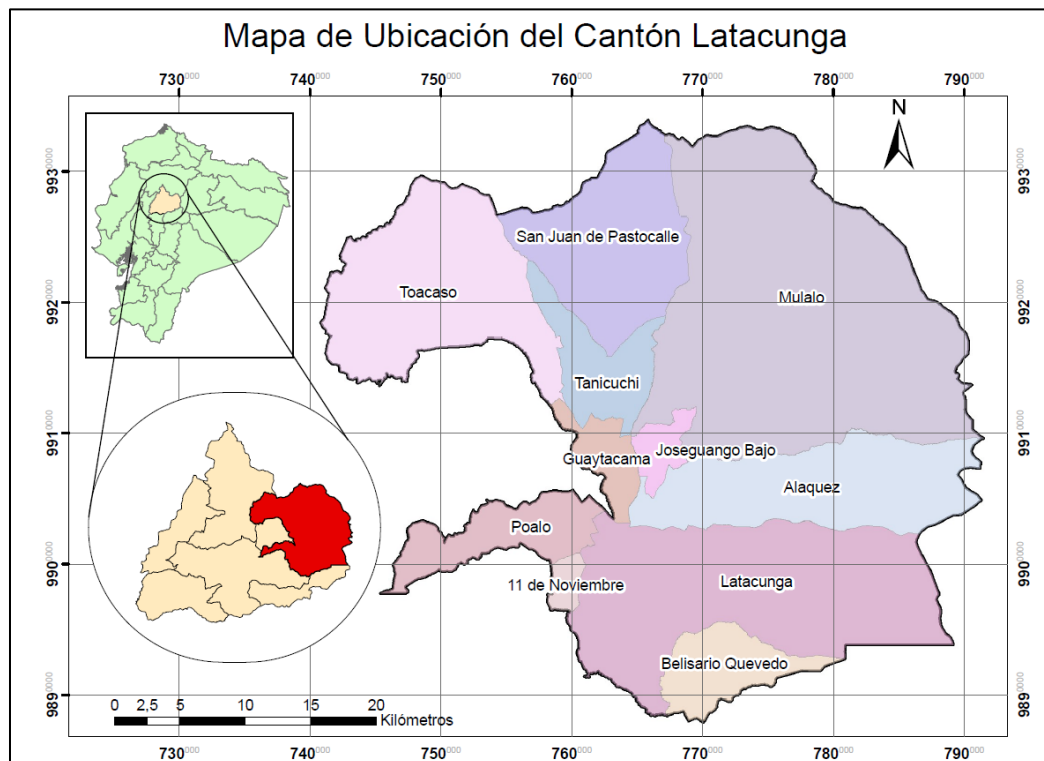
debería incluirse en la planificación territorial, ya que el quinto objetivo dentro del Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV), menciona que “se debe construir espacios de encuentro común y fortalecer la identidad nacional, las diversas identidades, la plurinacionalidad y pluriculturalidad”

Área de influencia

El Cantón Latacunga, en la provincia de Cotopaxi, se encuentra ubicado en el callejón interandino de la sierra centro; delimitado al norte con la provincia de Pichincha, al sur con el cantón Salcedo, al este la provincia del Napo y al oeste con los cantones Sigchos, Pujilí y Saquisilí. El cantón Latacunga está conformado por 5 parroquias urbanas y 10 parroquias rurales. Para este estudio, las parroquias urbanas serán unificadas en una sola, quedando 11 zonas de acuerdo a la División Política Administrativa (DPA) que son: Aláquez, Belisario Quevedo, Guaytacama, Joseguango Bajo, Latacunga (parroquias urbanas), Mulaló, Once de Noviembre, San Juan de Pastocalle, Poalo, Tanicuchi y Toacaso. La Figura 1 muestra el mapa de ubicación de la zona de estudio.

Figura 1

Mapa de Ubicación del cantón Latacunga



Nota. La figura muestra el mapa de ubicación del área de estudio elaborado por el autor.

Objetivos

Objetivo general

Determinar posibles zonas de expansión urbana en el cantón Latacunga, mediante evaluación multicriterio, para la integración de los componentes territoriales del “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Latacunga”, con énfasis en el riesgo ante una posible erupción del volcán Cotopaxi.

Objetivos específicos

- Definir las variables para cada uno de los componentes, priorizando la variable de riesgo ante una posible erupción del volcán Cotopaxi.
- Identificar y analizar la funcionalidad territorial del cantón y su influencia en la expansión urbana a través del análisis jerárquico de ponderación propuesto por Saaty.
- Realizar una evaluación multicriterio de cada uno de los componentes y su integración en el software libre ILWIS.
- Determinar tres posibles escenarios de expansión urbana que podrían suscitarse ante la variabilidad de los componentes que conforman el territorio.

Metas

- Elaboración de un manual de procesos geoespaciales para la determinación de la expansión urbana.
- Realización de una geodatabase que detalle las variables homogenizadas de acuerdo con la DPA del cantón Latacunga.
- Aplicación del software libre ILWIS para el AEM y análisis de las gráficas de beneficio por variable y por componente dentro del software.
- Elaboración de mapas escala 1:5.000 de cada uno de los componentes y un mapa final de los componentes integrados en 3 posibles escenarios.

Capítulo II

El presente capítulo contiene el fundamento teórico en el que se basa el presente proyecto; detalla la base de investigación, respaldando así los conocimientos aplicados para su correcto desarrollo. De esta manera, se justifica el criterio de aplicación de procedimientos y el sustento de los resultados obtenidos.

Marco Teórico

El Territorio y la Expansión Urbana - Rural

Zonas Urbanas y Rurales

El territorio tiene una conceptualización muy amplia, que se resume en una extensión terrestre delimitada de acuerdo con la administración, sea de un individuo o un grupo social. Desde que las personas formaron agrupaciones y se inició el proceso civilizatorio, las poblaciones se vieron obligadas a implantar políticas de administración social y espacial, dando lugar a la identificación y delimitación de zonas urbanas y rurales (Larrazabal, 2012).

Las zonas urbanas son aquellas cuyo suelo es ocupado por la agrupación de asentamientos humanos a diferentes escalas, equipados de infraestructura y servicios básicos interrelacionados con los espacios públicos y privados. Se caracterizan por poseer una mayor densidad de población y por lo general, el precio de la superficie suele ser mucho más elevado debido a la dinámica de sus actividades productivas y los mismos servicios básicos (LOOTUGS, 2016).

Las zonas rurales son aquellas cuyo suelo es destinado principalmente a actividades agroproductivas, forestales o extractivas. También se considera suelo rural al espacio que debe ser protegido o reservado para futuros usos urbanos por sus características biofísicas o geográficas (LOOTUGS, 2016). Cuentan con poca infraestructura y una densidad poblacional mucho menor (Larrazabal, 2012).

Desarrollo Urbano y Rural

El desarrollo urbano de un territorio es un sistema de expansión residencial que produce la conformación de las ciudades o su extensión espacial. Está dado por ámbitos importantes como el económico y social. El dinamismo de la sociedad produce concentraciones de la población en sectores afines, los cuales tienen una productividad que desemboca en el crecimiento y desarrollo económico. Por esta razón, es necesaria una planificación enfocada a la sostenibilidad durante sus procesos de crecimiento; ocupando zonas despobladas o la recuperación de regiones en declive.

Por otro lado, el desarrollo rural está fijado por actividades propias del sector como la agricultura y la ganadería, enfocados al mejoramiento de la administración y la calidad de vida de las comunidades dispersas o no urbanas. El desarrollo rural promueve la diversificación de las actividades productivas y la identificación de potencialidades del territorio para su especialización e incrementación de la productividad a través de la modernización de sus prácticas (León, 2015).

Infraestructura Urbana y Rural

Cuando se habla de la infraestructura de un territorio, se refiere al conjunto de equipamientos, bienes y servicios que hacen posible la funcionalidad de la población (Pazmiño, 2015). Además, contribuyen a la disminución de la pobreza ya que aportan a un eficiente desarrollo de las actividades productivas de las personas, hogares y comunidades, sean estas urbanas o rurales. En los ODS 2030, conjuntamente con el Banco Mundial en su informe sobre el desarrollo mundial en 1994, se detalla como infraestructura necesaria a los (i) servicios públicos como: energía eléctrica, telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado, recolección y eliminación de los

desechos sólidos, (ii) obras públicas como carreteras, presas, canales de riego y drenaje, y (iii) transporte (Fort, 2019).

Funciones Urbanas y Rurales

La Asamblea Nacional Constituyente y la Constitución de la República en el 2008 asignan varias responsabilidades y competencias para evitar la duplicación de funciones en cuanto a la administración del territorio. A través de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, se desea alcanzar un equilibrio territorial, desarrollo policéntrico, equitativo y distribución de la riqueza (Martínez, 2017). Algunas de las funciones urbanas y rurales radican en las actividades productivas de la población y de las instituciones gubernamentales presentes. Dentro de las funciones urbanas se puede mencionar a la administración del territorio y los recursos para el desarrollo productivo. Por otro lado, las funciones rurales están enfocadas a la producción agrícola, conservación del paisaje natural de la mano de la conectividad con las urbes (Pazmiño, 2015).

Delimitación territorial

A través de la historia, la conformación de los territorios se debe a la ocupación, apropiación y transformación de un determinado espacio por las agrupaciones sociales con fines de desarrollo y administración. Los asentamientos humanos y su necesidad de comunicación y movilidad entre ellos han transformado el ambiente natural. Las relaciones colaborativas y conflictivas entre dichos grupos sociales; así como los mecanismos de gobernanza local, son los principales precursores para la delimitación territorial (González, 2016).

Densidad Poblacional

La densidad poblacional es una relación entre el número de habitantes de un territorio y su superficie en kilómetros cuadrados. Es decir, las zonas urbanas por lo general tienen una mayor densidad poblacional ocasionando problemas urbanos típicos en cuanto a la provisión de vivienda, trabajo, transporte y servicios. Por otro lado, una densidad poblacional baja también ocasiona problemas en el desarrollo económico o de infraestructura por falta o escasez de mano de obra, como es el caso de las zonas rurales (SIELOCAL, 2013).

Expansión Urbana

Las poblaciones durante su crecimiento necesitan una expansión del territorio y a la vez redimensionar sus políticas y estrategias de administración, influenciados directamente por su cultura y número de habitantes. Producto de esta expansión se puede evidenciar una tendencia de 3 modelos diferentes como son: ciudad compacta, ciudad dispersa y sistemas policéntricos. Sin embargo, ésta es una clasificación teórica, ya que en la realidad llegan a generar en su mayoría sistemas urbanos híbridos. El crecimiento de la infraestructura de la ciudad debe estar enfocado en el aprovechamiento del espacio y una conectividad eficiente con los equipamientos y servicios (León, 2015). En la Tabla 1 se detalla algunas de las características de los modelos urbanos.

Tabla 1

Características de los Modelos Urbanos

MODELOS URBANOS	CARACTERÍSTICAS
Ciudad Compacta	• Uso intensivo del territorio
	• Centralización
	• Espacios de Socialización
	• Compacidad e integración del uso del suelo
	• Descentralización
Ciudad Dispersa	• Polarización social
	• Baja densidad poblacional
	• Uso de grandes extensiones de suelo
Ciudad Policéntrica	• Cohesión socio – espacial
	• Crecimiento económico descentralizado

Nota. La tabla muestra las características de los modelos urbanos. Modificado de (León, 2015)

Ordenamiento Territorial

El ordenamiento del territorio plantea lineamientos estratégicos de desarrollo para alcanzar un modelo óptimo del territorio que vincule prioridades locales y objetivos nacionales (SENPLADES, 2010). Está definido por tres secciones esenciales (i) el diagnóstico del territorio que incluye un análisis histórico y proyecciones futuras, (ii) la planificación del territorio con un adecuado uso y ocupación del suelo; por último (iii) la

gestión del territorio donde se busca la correcta administración para lograr las metas y proyectos planteados (Jami, 2019).

Diagnóstico del territorio

El diagnóstico territorial tiene como finalidad la identificación de los componentes del territorio con sus problemas y potencialidades de acuerdo con las realidades locales de cada administración interna del cantón.

Componentes del territorio

Los componentes principales que abarcan las características principales para la formación de las poblaciones son: biofísico, socio-cultural, económico, asentamientos humanos, movilidad – energía – conectividad, y político constitucional.

Biofísico

Se refiere al medio natural y características ambientales del territorio donde se desarrollan las actividades de la población. Estas características son variables dentro del componente y hacen referencia a temáticas como: relieve, uso y cobertura del suelo, información climática, recursos naturales, contaminación, ecosistemas de conservación, agua, amenazas y peligros.

Sociocultural

El principal elemento de estudio dentro del componente sociocultural es la población y sus características como estructura, composición y dinámica. Los servicios sociales correspondientes a educación, salud, inclusión económica, seguridad, cultura, identidad y movimientos migratorios son los actores principales dentro del estudio de este componente.

Económico

Referente a factores y actividades de producción del territorio que influyen directa o indirectamente en el desarrollo de su economía.

Asentamientos Humanos

Ubicación, influencia y relaciones entre los centros poblados, así como la accesibilidad a bienes y servicios, son los principales elementos de análisis dentro este componente

Movilidad, Energía y Conectividad

Son todas aquellas características del territorio que permiten la articulación de la población entre el medio físico y actividades productivas. La vialidad en todos sus niveles, terminales de transporte, redes eléctricas y de telecomunicaciones son las principales redes de articulación a evaluar dentro del territorio.

Político Institucional

La administración del territorio es un factor fundamental dentro de sus componentes. Identificar la estructura y capacidad institucional por parte de los GADs, entidades públicas y privadas, conjuntamente con la población en general, son características a tomarse en cuenta en el crecimiento de las ciudades.

Planificación del territorio

La planificación territorial regula el uso y ocupación del suelo, produciendo un ordenamiento territorial adecuado para cada localidad de acuerdo con sus aspectos administrativos, políticos, ambientales, sociales y culturales. La factibilidad de la planificación territorial radica en su prospectiva a largo plazo (SENPLADES, 2010).

Administración del territorio

Esta administración se caracteriza de acuerdo con las competencias de un territorio, integrando tres elementos principales como: población, espacio y organización. La administración territorial nace desde la constitución del Estado a través de delegaciones gubernamentales, administraciones autónomas y comunidades internas para el cumplimiento de objetivos y proyectos planteados (Jami, 2019).

Planes de ordenamiento territorial (PDOT)

Los planes de ordenamiento territorial (PDOT) son una herramienta muy valiosa para las instituciones que rigen la administración del territorio para sus diferentes usos y ocupación. El ordenamiento territorial es integral, democrático y prospectivo ya que aborda políticas ambientales, sociales, económicas y culturales de la población. De esta manera, promueve el adecuado aprovechamiento de las oportunidades productivas (López, 2013).

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Latacunga 2016 - 2028

A través del PDOT se busca lograr una administración estratégica con políticas cantonales integrales que motiven el aprovechamiento de las potencialidades del territorio. Este plan promueve la redistribución de beneficios, participación ciudadana y nuevas formas de cohesión que permitan el Buen Vivir dentro del cantón (Sánchez, 2016). En la Figura 2 se presenta la portada del PDOT Latacunga 2016 – 2028.

Figura 2

Portada del PDOT Latacunga 2016-2028



Nota. La figura muestra la portada del PDOT Latacunga 2016 – 2028.

Riesgos Naturales

Los riesgos naturales están vinculados a los comportamientos físicos y geológicos de la naturaleza como las erupciones volcánicas; y otros que se originan por las condiciones atmosféricas como los huracanes. Existen varios tipos de riesgos naturales según: la meteorología, clima, geofísicos, biológicos, antropológicos y mixtos. La Organización de las Naciones Unidas, ONU, clasificó a los riesgos naturales dependiendo de la peligrosidad o amenaza (Llasat, 2012).

Riesgo, Vulnerabilidad y Peligrosidad

Estos tres conceptos suelen estar relacionados debido a que el riesgo se calcula a través de peligrosidad y vulnerabilidad. El primero es la probabilidad de que un determinado fenómeno natural se produzca en una cierta extensión, con una intensidad y duración que traerá consecuencias negativas. Mientras que la vulnerabilidad radica en

el impacto del fenómeno sobre la sociedad y los ecosistemas. La vulnerabilidad relaciona aspectos como el uso del territorio, infraestructuras, planes de emergencia, tiempos de respuesta, entre otros (Llasat, 2012).

Riesgo Volcánico

Las erupciones volcánicas constituyen uno de los mayores riesgos, debido a que han dejado elevados daños a través de la historia de la humanidad. El riesgo volcánico es la expectación de que un volcán entre en erupción, produciendo un impacto negativo sobre una población asentada en su área de influencia. Al igual que otros riesgos, el riesgo volcánico está ligado a tres factores como la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad (De la Torres, 1992).

Lahares

Los lahares son avalanchas de material volcánico como ceniza acumulada y movilizadas por agua. Estos flujos se canalizan ladera abajo del volcán llevando consigo rocas, troncos y demás residuos que constituyen un gran poder destructivo que recorre grandes distancias (Ortiz, 2004).

Lavas

Las lavas son masas fundidas de magma emitidas por un volcán que se encuentra en proceso de erupción. Su composición va desde las basálticas a riolíticas con una temperatura entre 700 a 1200°C, lo cual las convierte en una colada destructiva sobre la superficie terrestre (Escobar, 2016).

Caída de ceniza

La ceniza volcánica es áspera y abrasiva, pues se compone de partículas muy finas de roca que el viento las desplaza fácilmente, distribuyéndolas por un área muy extensa. La caída de ceniza constituye un potencial riesgo tanto para la salud humana

por su fácil aspiración o ingesta, como para la producción agroindustrial e infraestructura de una población (Morales, 2016).

Zonas Vulnerables y de Seguridad

Las zonas de riesgos son aquellas que por sus cualidades geográficas se ven potencialmente afectadas de forma directa e indirecta ante un evento, en este caso, una erupción volcánica. Mientras que las zonas de seguridad por lo contrario son aquellas donde los habitantes pueden evacuar, ya que no son afectadas total o parcialmente (Ortiz, 2004).

Erupciones del volcán Cotopaxi

El volcán Cotopaxi es un volcán potencialmente activo cuya cronología eruptiva data desde el año 1532 con cinco ciclos eruptivos y trece erupciones mayores con caída de ceniza, coladas de lava, flujos piroclásticos y lahares. Estos fenómenos afectaron a las poblaciones cercanas de Quito, Latacunga y Tena, causando pérdidas humanas, daños de infraestructura y provocando una crisis en la economía en la región (IGEPN, 2016).

Desarrollo Sostenible

La conceptualización de desarrollo sostenible fue analizada en 1972 en la Conferencia de Estocolmo y fue difundido a través del documento “Nuestro Futuro Común” en 1989. El desarrollo sostenible está vinculado al bienestar individual y colectivo; a la estabilidad económica, social y ambiental de las poblaciones. La redistribución de la riqueza juega un papel importante dentro del desarrollo sostenible, pues dentro del plano ambiental, los recursos naturales deben ser manejados con una perspectiva a largo plazo, permitiendo satisfacer las necesidades básicas de las futuras generaciones (FAO, 1995).

Ciudad Sostenible

La sostenibilidad dentro de una ciudad es una opción necesaria y urgente, ya que una ciudad con criterios de sostenibilidad contribuye a la transformación de las políticas que regulan la economía, disminuyendo la desigualdad y la crisis ecológica del territorio (Martinez, 2018). Una ciudad sostenible es aquella que logra un equilibrio interno y externo basados en el bienestar y satisfacción equitativa de las necesidades de los ciudadanos actuales y futuras generaciones; sin dañar el entorno ambiental (Pazmiño, 2015).

Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible

La Agenda 2030, elaborada por la ONU en el 2015 establece lineamientos para construir un mundo con mejor calidad de vida de las personas en cada país que decide optar por este nuevo camino de desarrollo. Tiene 17 enunciados llamados: Objetivos de Desarrollo Sostenible, basados en varios aspectos como la eliminación de la pobreza, la educación, el cambio climático, la igualdad y el diseño de las ciudades (ONU, 2020). Estos objetivos se manifiestan en la Figura 3.

Figura 3

Diecisiete Objetivos para el Desarrollo Sostenible



Nota. El gráfico muestra los diecisiete Objetivos para el Desarrollo Sustentable propuestos por la ONU en la Agenda 2030.

Análisis Jerárquico de Ponderación

En 1980, Thomas L. Saaty estuvo frente a la solución de problemas complejos con múltiples criterios; para ello, sus investigaciones lo ayudaron a llegar hacia el análisis jerárquico de ponderación. Este proceso radica en la toma las decisiones a través de una evaluación subjetiva, respecto a la importancia relativa de cada una de las alternativas existentes dentro del problema. El resultado es una jerarquización de las alternativas y su influencia en el entorno global (Toskano, 2016).

Para la estructuración del modelo jerárquico se debe seguir cuatro fases:

- ✓ Identificar del problema
- ✓ Definir el objetivo
- ✓ Identificar los criterios

- ✓ Identificar las alternativas

Matriz de Saaty

Esta matriz es el mecanismo para la solución de problemas con múltiples criterios y consiste en la construcción de una matriz cuadrada que contiene a las alternativas o criterios de forma pareada. Una vez formada la matriz A de n alternativas, se procede a calcular la prioridad de cada uno de sus elementos; a esto se lo conoce como sinterización que implica el cálculo de valores y vectores característicos (Toskano, 2016).

Análisis Espacial Multicriterio

El Análisis Espacial Multicriterio (AEM), es una herramienta de gran ayuda para la toma de decisiones espaciales orientadas a la planificación del territorio, permitiendo facilitar la localización de los usos del suelo, destinando zonas que presenten una mayor aptitud y menor impacto posible, es decir, áreas óptimas. El AEM resulta ideal para la evaluación de la aptitud del territorio, para el establecimiento de nuevas poblaciones; de esta manera, es mucho más factible la administración del crecimiento urbano hacia las zonas más oportunas, de acuerdo con las características de las actividades productivas de la población.

Las áreas urbanas son un sistema dinámico y complejo, cuya representación, análisis y modelado, ha sido facilitado gracias a la evolución del análisis espacial, el desarrollo de varias herramientas para el tratamiento de la información espacial y un mayor acceso a la misma. Estas herramientas han permitido la predicción e identificación de factores específicos del asentamiento de las poblaciones sobre el territorio. Por lo tanto, el análisis espacial ha sido considerado como una herramienta muy útil para el desarrollo estratégico de la planificación territorial, sin alterar el medio sobre el cual se establecen (Da Silva, 2015).

Software Libre

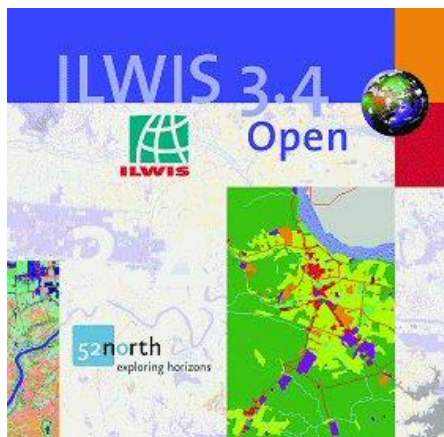
Cuando se adquiere un programa, en realidad solo se accede a una licencia para usarlo bajo ciertas normativas; principalmente no se puede compartir o modificar el software. Un software libre es aquel que permite la posibilidad de modificar su código fuente para controlar el programa y lo que éste hace. Puede ser aplicado a cualquier tipo de trabajo sin necesidad de comunicar a su desarrollador (Parra, 2019).

Sistema Integrado de Información de Tierra y Agua (Ilwis)

El Sistema Integrado de Información de Tierra y Agua (ILWIS), es un software libre diseñado en 1985 como una herramienta para el manejo, procesamiento y análisis de información geográfica de tipo vectorial y ráster. Permite la digitalización, edición y análisis de cada uno de los pasos de un proceso, ingresando el criterio del usuario. Si bien ILWIS es un SIG que está muy detrás de programas similares, al liberar su código fuente busca mejorar sus funcionalidades (Westen, 2017). En la Figura 4 se muestra el logo del software ILWIS 3.4 Open.

Figura 4

Logo del software ILWIS 3.4 Open



Nota. El gráfico muestra la portada del software utilizado en este estudio.

Open Street Map

Open Street Map (OSM), es una plataforma que mediante la contribución de información por parte de los usuarios genera una geodatabase de todo el mundo.

Redes viales, señalética, infraestructura entre otras características del territorio son identificadas y georreferenciadas a través del Sistema de Posicionamiento Global, GPS (Sánchez, 2016).

Capítulo III

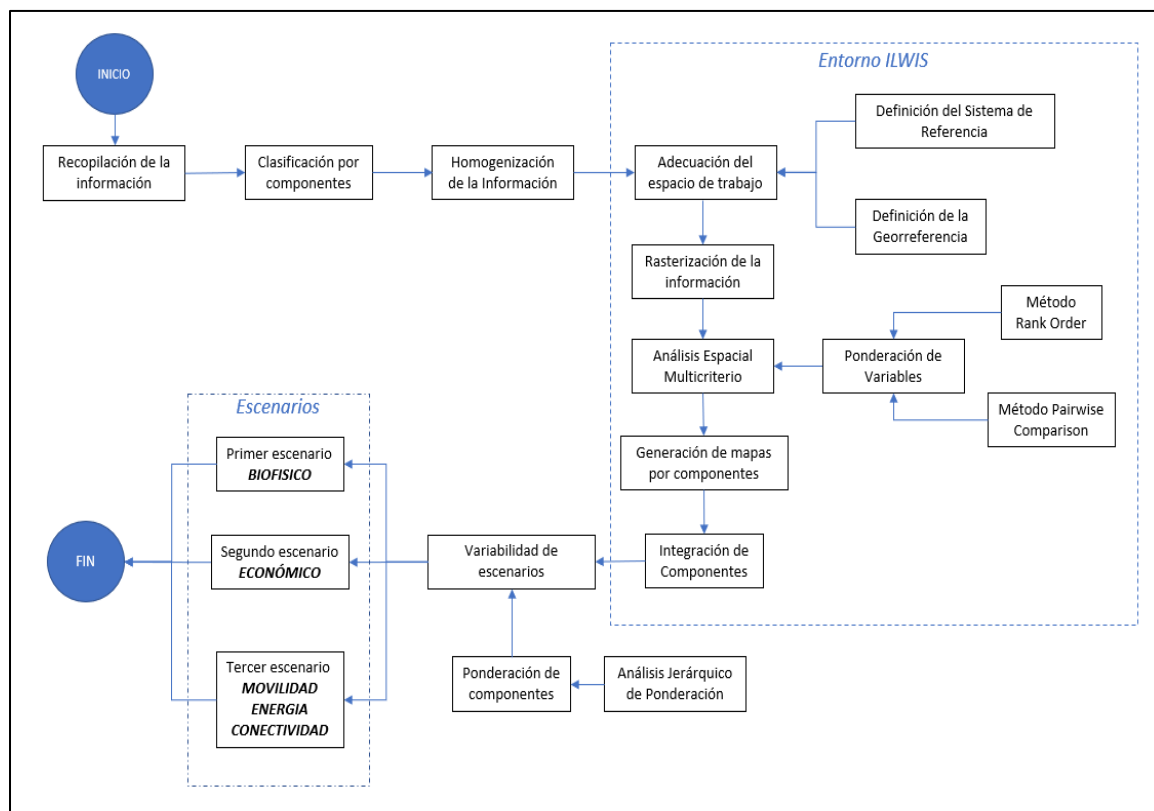
El presente capítulo contiene la metodología aplicada para el desarrollo de este proyecto de investigación; detallando una serie de procedimientos y métodos que guíen la investigación hacia el objetivo planteado inicialmente.

Metodología

En la Figura 5, se resume la metodología usada en este proyecto.

Figura 5

Diagrama de la metodología aplicada



Nota. El gráfico muestra de manera gráfica la metodología aplicada en este estudio.

Recopilación de la información

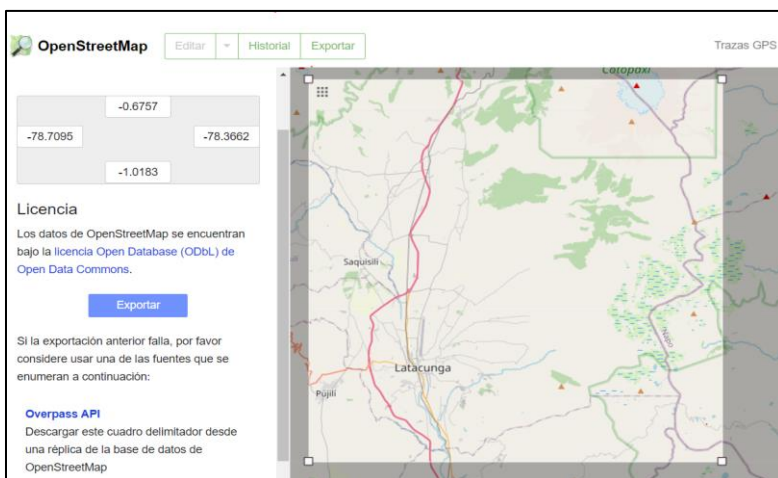
Descarga de datos de OSM

Para la determinación de zonas de expansión urbana en el cantón Latacunga se obtuvo información liberada a través de la plataforma OSM ya que, al ser un proyecto colaborativo, para la creación de mapas libres y editables, permite la descarga o contribución de información de un determinado territorio.

Dentro de la plataforma mencionada se ubicó el territorio de interés, para ello se seleccionó el área de estudio y se procedió a utilizar la herramienta “**Exportar**”. Un archivo de formato OSM iniciará su descarga con la información seleccionada. En la Figura 6 se muestra este proceso en la plataforma.

Figura 6

Descarga de información de OSM



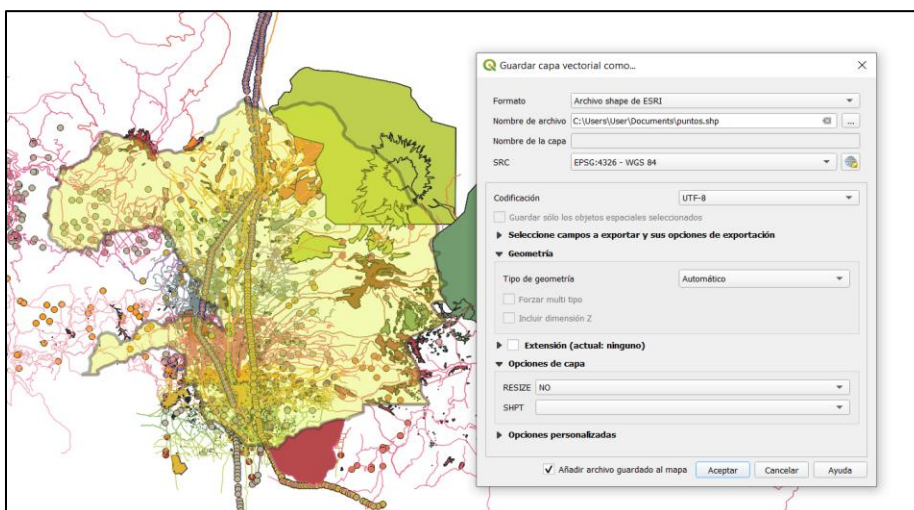
Nota. El gráfico muestra la página de OSM para la descarga de la información para el estudio.

Conversión del archivo osm a shp con Qgis

Una vez descargada la información se cargó en un SIG, en este caso QGIS y se observó que el archivo osm presenta información vectorial (puntos, líneas y polígonos). Por lo que se procedió a exportar cada uno de estos elementos en formato *shape* (.shp). Esto se aprecia en la Figura 7.

Figura 7

Exportar información de QGIS en formato .shp



Nota. El gráfico muestra la exportación de la información realizado en el software QGIS.

Recopilación de información del PDOT Latacunga 2016 – 2028

En el PDOT se pudo encontrar información muy valiosa y detallada sobre aspectos sociales, económicos y culturales del cantón, los cuales se obtuvieron en tablas de Excel. Posteriormente se generó los archivos en formato shp.

Clasificación por componentes

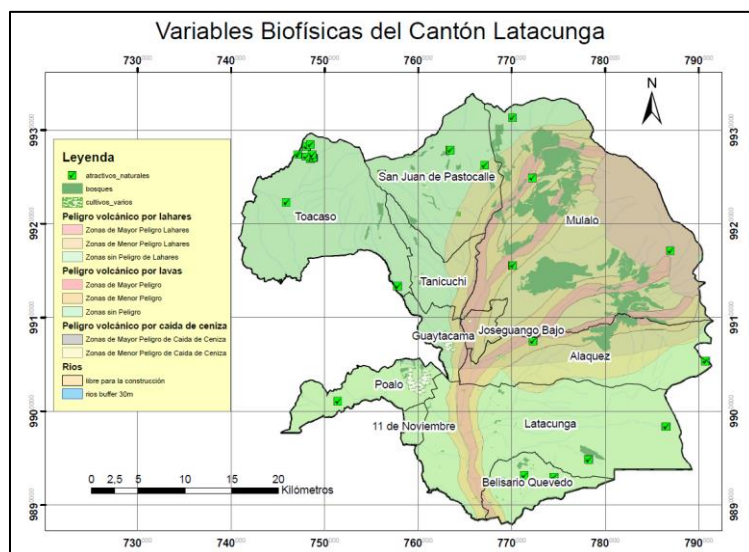
Una vez obtenida toda la información necesaria de todo el cantón, se realizó una clasificación, de acuerdo con a los componentes territoriales y aspectos detallados en el PDOT Latacunga 2016 -2028.

Componente Biofísico

El componente biofísico está constituido por características geográficas, ambientales, áreas protegidas como bosques o parques nacionales y riesgos naturales del territorio ya que las poblaciones se acentúan de acuerdo con estos factores. Al ser el volcán Cotopaxi un potencial riesgo para el cantón Latacunga y motivo de este estudio se detalla variables como: peligrosidad de lava, peligrosidad de lahares y caída de ceniza. En la Figura 8 se muestra las variables clasificadas en el componente biofísico.

Figura 8

Clasificación de las variables para el componente Biofísico



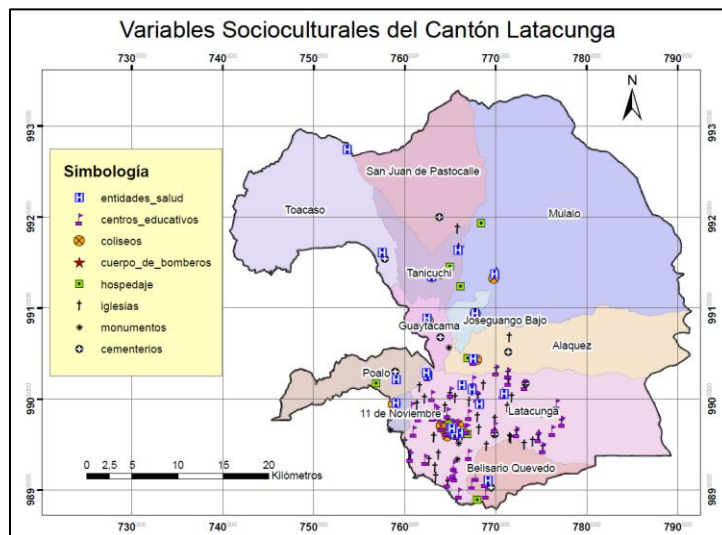
Nota. El gráfico muestra el mapa del cantón Latacunga con sus variables biofísicas clasificadas.

Componente Sociocultural

El componente sociocultural se refiere a la población y sus características sociales, culturales de infraestructura, entre otras. Dentro de este estudio se ha tomado a las variables: entidades de salud, centros educativos, coliseos, cuerpo de bomberos, hospedaje, iglesias, monumentos y cementerios. En la Figura 9 se muestra las variables clasificadas en el componente socioeconómico.

Figura 9

Clasificación de las variables para el componente Sociocultural



Nota. El gráfico muestra el mapa del cantón Latacunga con sus variables socioculturales clasificadas.

Además, del PDOT Latacunga 2016 – 2028 se extrajeron variables como: trabajo infantil, desnutrición, discapacidad, pobreza, beneficiarios del Bono de Desarrollo, bienes inmuebles y emigrantes. En la Tabla 2 se presentan las variables socioeconómicas obtenidas del PDOT por parroquias.

Tabla 2

Variables del componente Sociocultural

COMPONENTE SOCIOCULTURAL		
PARROQUIAS	POBREZA (# personas)	Bienes Inmuebles (# bienes)
Aláquez	4536	10
Belisario Quevedo	5612	12
Guaytacama	6728	21
Joseguango Bajo	2330	21
Latacunga	28617	304
Mulaló	7122	28
Once de Noviembre	1858	8
Pastocalle	10480	1
Poaló	5598	28
Tanicuchi	10641	15
Toacaso	7133	2

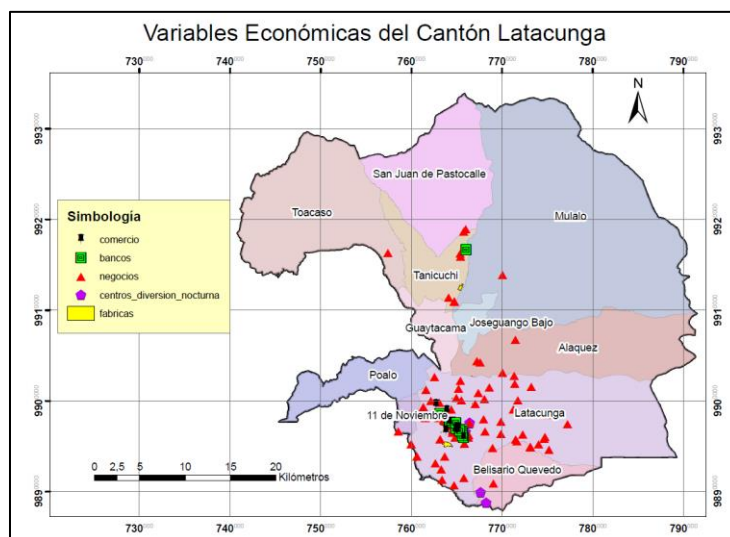
Nota. Adaptado de PDOT Latacunga 2016 – 2028.

Componente Económico

El componente económico está constituido por variables que contribuyen de forma directa o indirecta al desarrollo económico del territorio como: comercio que incluye a las plazas y mercados, bancos, negocios, centros de diversión nocturna y fábricas. En la Figura 10 se muestra las variables clasificadas para el componente económico.

Figura 10

Clasificación de las variables para el componente Económico



Nota. El gráfico muestra el mapa del cantón Latacunga con sus variables económicas clasificadas.

De igual manera se obtuvo del PDOT Latacunga 2016 – 2028 variables como: Población Económicamente Activa (PEA) y establecimientos registrados por número de patentes. Estos datos se encuentran presentados por parroquias en la Tabla 3.

Tabla 3

Variables del componente Económico

COMPONENTE ECONÓMICO		
PARROQUIAS	PEA (# personas)	Establecimientos por número de patentes (#)
Aláquez	4372	240
Belisario Quevedo	4978	277
Guaytacama	7488	410
Joseguango Bajo	1643	88
Latacunga	79449	13934
Mulaló	6339	342
Once de Noviembre	2241	91
Pastocalle	8838	652
Poaló	4426	131
Tanicuchi	10091	881
Toacaso	5778	291

Nota. Adaptado de PDOT Latacunga 2016 – 2028.

Componente Asentamientos Humanos

En el componente de asentamientos humanos se trabajó únicamente con las variables extraídas del PDOT Latacunga 2016 – 2028 debido a que son cifras mucho más precisas referente a temáticas de importancia como las que se presentan en la Tabla 4. Mientras que la información extraída de OSM, en su mayoría no se ajustaba adecuadamente a las condiciones de este componente.

Tabla 4*VARIABLES DEL COMPONENTE ASENTAMIENTOS HUMANOS*

COMPONENTE ASENTAMIENTOS HUMANOS							
PARROQUIAS	P (#)	CR (#)	CAP (%)	CA (%)	CEE (%)	RDC (%)	SR (Km²)
Aláquez	5898	268	37	31	94	70	2448,62
Belisario Quevedo	6842	276	24	12	94	60	
Guaytacama	10403	702	65	65	96	75	1086,19
Joseguango Bajo	3087	194	34	23	97	60	886
Latacunga	105830	4658	84,94	94,32	99	90	8638,88
Mulaló	8710	391	29	11	92	80	12316,68
Once de Noviembre	2139	220	32	0	94	60	380,98
Pastocalle	12319	950	50	14	94	75	5225,06
Poaló	6143	272	31	9	86	60	2294,84
Tanicuchi	13806	873	63	27	95	75	2609,29
Toacaso	8269	512	40	26	88	70	8279,56

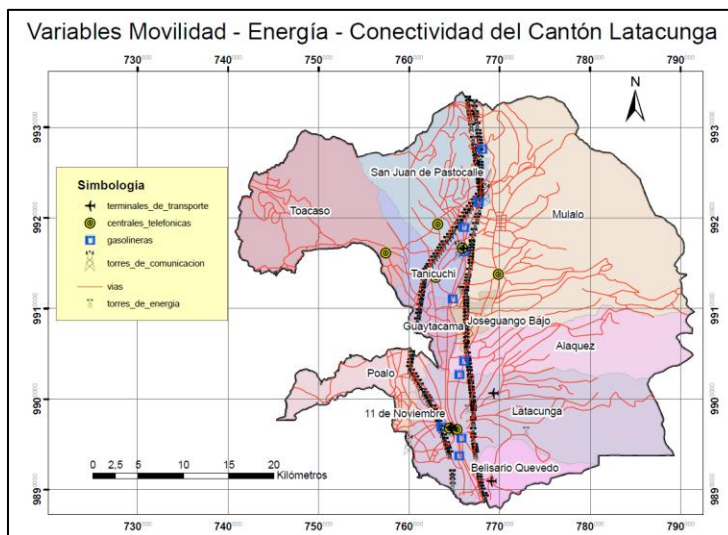
Nota. P = Población; C = Catastro Registrado; CAP = Cobertura de Agua Potable; CA = Cobertura de Alcantarillado; CEE = Cobertura de Energía Eléctrica; RDC = Recolección de Desechos Comunes; SR = Superficie en Riesgo por Catástrofes Naturales. Adaptado de PDOT Latacunga 2016 – 2028.

Componente Movilidad – Energía – Conectividad

El componente movilidad – energía – conectividad comprende todas aquellas variables como: terminales de transporte entre aeropuertos, terminales terrestres y férreos, centrales telefónicas, gasolineras, torres de comunicación, torres de energía y vías. En la Figura 11 se muestra las variables clasificadas para el componente movilidad – energía – conectividad.

Figura 11

Clasificación de las variables para el componente MEC



Nota. El gráfico muestra el mapa del cantón Latacunga con sus variables correspondientes al correspondientes al componente movilidad, energía y conectividad.

Del PDOT Latacunga 2016 – 2028 se obtuvo las variables referentes a este componente como: cobertura de hogares con telefonía fija, acceso a telefonía celular, cobertura de internet, distancia entre la cabecera parroquial y la ciudad de Latacunga y frecuencia de transporte. En la Tabla 5 se muestra dichas variables con sus datos por parroquias.

Tabla 5

VARIABLES DEL COMPONENTE MOVILIDAD - ENERGÍA - CONECTIVIDAD

COMPONENTE MOVILIDAD ENERGIA Y CONECTIVIDAD					
PARROQUIAS	CHTF (%)	ATC (%)	CIF (%)	D (Km)	FT (min)
Aláquez	31,73	61,33	21,58	8,01	20
Belisario Quevedo	47	41,70	18,91	6,91	10
Guaytacama	51,14	50,70	13,67	12,28	15
Joseguango Bajo	49,02	57,24	19,91	12,93	30
Latacunga	71,57	79,05	37,65	0	5
Mulaló	26,68	58,87	8,04	17,5	15
Once de Noviembre	36,52	73,59	17,25	6,89	30
Pastocalle	64,23	44,16	16,98	22,92	15
Poaló	9,65	75,24	0,00	8,53	10
Tanicuchi	29,88	57,24	11,63	16,9	15
Toacaso	26,22	59,69	6,58	20,97	30

Nota. CHTF = Cobertura de Hogares con Telefonía Fija; ATC = Acceso a Telefonía

Celular; CIF = Cobertura Internet Fijo; D = Distancia entre la cabecera parroquial y la ciudad de Latacunga; FT = Frecuencia de Transporte. Adaptado de PDOT Latacunga 2016 – 2028.

Componente Político Institucional

El componente político institucional comprende todas aquellas entidades estatales, gubernamentales, provinciales, municipales y parroquiales que cumplen labores de administración del territorio y de la población. Dentro de este componente se toma en cuenta a la variable instituciones que constituye entidades como: Consejo Provincial, Municipio, Patronato, Fiscalía, cárcel, IESS, MIES, Registro Civil, Dirección de Educación y Dirección de Salud. Además, las locaciones de infraestructura de la Unidad de Policía Comunitaria (UPC) son tomados de la información descargada de

OSM. Del PDOT Latacunga 2016 – 2028 se obtuvo variables correspondientes a este componente como: organizaciones registradas por el MAGAP (actualmente MAG), juntas parroquiales y organizaciones administrativas de las comunidades rurales. En la Tabla 6 se muestra las variables de este componente clasificadas por parroquias.

Tabla 6

Variables del componente Político Institucional

COMPONENTE POLITICO INSTITUCIONAL				
PARROQUIAS	ORM (#)	JO (#)	UPC (#)	Instituciones (#)
Aláquez	8	5	1	0
Belisario Quevedo	15	5	2	1
Guaytacama	2	4	2	0
Joseguango Bajo	8	3	1	0
Latacunga	17	7	13	10
Mulaló	0	5	1	1
Once de Noviembre	5	2	2	0
Pastocalle	8	7	1	0
Poaló	5	3	1	0
Tanicuchi	7	3	1	0
Toacaso	0	2	1	0

Nota. ORM = Organizaciones Registradas por el MAGAP; JO = Juntas Parroquiales y

Organizaciones Administrativas de la Comunidad Rural. Adaptado de PDOT Latacunga 2016 – 2028.

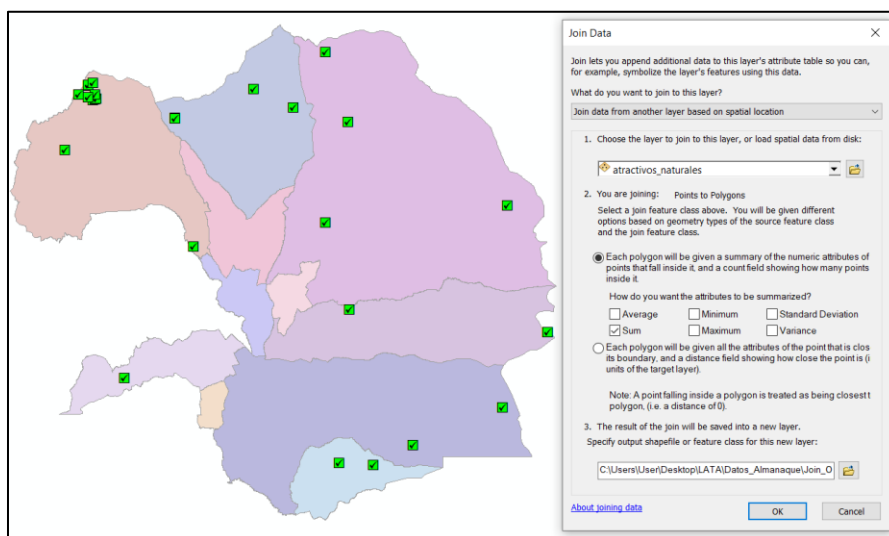
Homogenización de la información

Para la homogenización de la información se requiere tener a cada una de las variables en forma de polígono. Para lo cual, todas aquellas variables que se

encuentran como puntos, se clasificó en un conteo por parroquias, utilizando la herramienta de ArcGis “**Spatial Join**” como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Spatial Join de parroquias con atractivos naturales

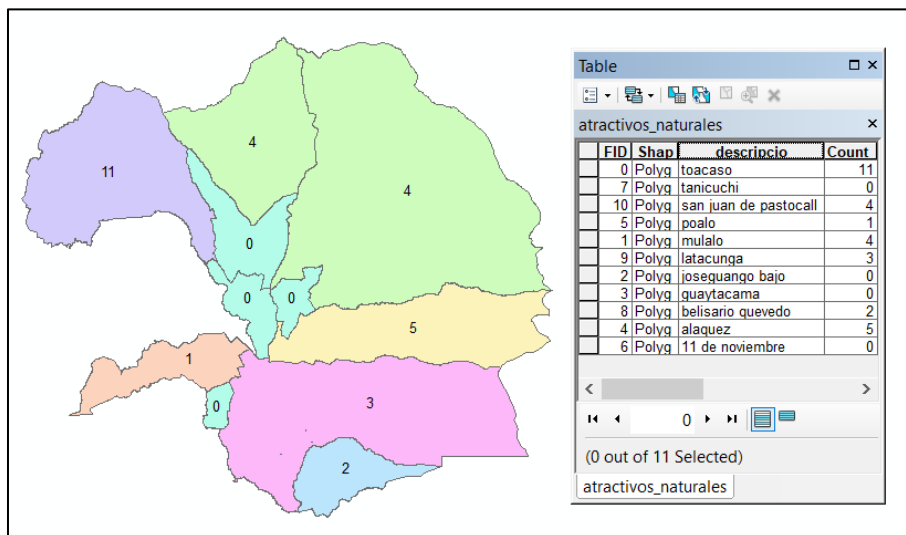


Nota. El gráfico muestra el uso de la herramienta Spatial Join realizado en ArcGIS.

Se obtuvo la información clasificada de acuerdo con las DPA por parroquias en un archivo de formato .shp de tipo polígono como se observa en la Figura 13.

Figura 13

Variable Atractivos Naturales clasificada por parroquias



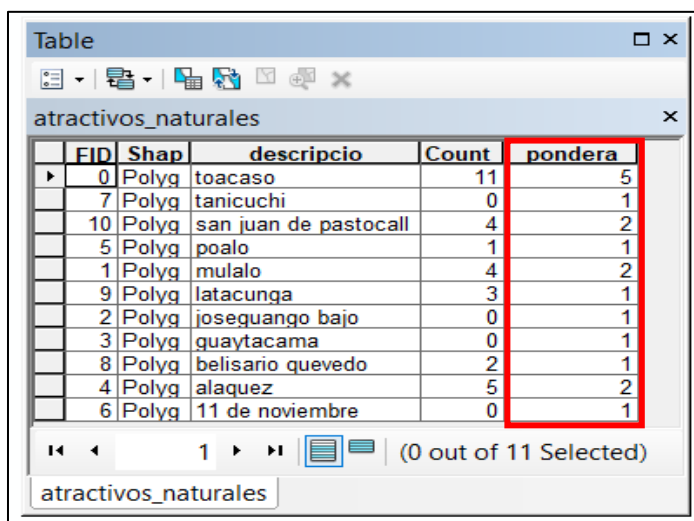
Nota. El gráfico muestra la clasificación de la variable atractivos por parroquias.

Adecuación de las tablas de atributos

Una vez homogenizada la información de todas las variables se procedió a calificar dichas características, creando un nuevo campo llamado “pondera” como se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Adición del campo "pondera" en la tabla de atributos de la variable.



The screenshot shows a window titled 'Table' with a sub-window 'atractivos_naturales'. It displays a table with the following data:

FID	Shap	descriptio	Count	pondera
0	Polyg	toacaso	11	5
7	Polyg	tanicuchi	0	1
10	Polyg	san juan de pastocall	4	2
5	Polyg	poalo	1	1
1	Polyg	mulalo	4	2
9	Polyg	latacunga	3	1
2	Polyg	josequango bajo	0	1
3	Polyg	quaytacama	0	1
8	Polyg	belisario quevedo	2	1
4	Polyg	alaquez	5	2
6	Polyg	11 de noviembre	0	1

The 'pondera' column is highlighted with a red box. The interface also shows navigation controls and a status bar indicating '(0 out of 11 Selected)'.

Nota. El gráfico muestra la adición de un nuevo campo dentro de la tabla de atributos.

Dicha calificación está dada en base a la Tabla 7 de valores correspondientes a la aceptabilidad de un territorio para la expansión urbana.

Tabla 7*Ponderación aceptabilidad de expansión urbana*

Ponderación	Aceptabilidad de Expansión Urbana
5	Muy alta aceptabilidad
4	Alta aceptabilidad
3	Mediana aceptabilidad
2	Baja aceptabilidad
1	Muy baja aceptabilidad
0	Aceptabilidad nula

Nota. La tabla muestra la escala establecida por el autor para la aceptabilidad de expansión urbana.

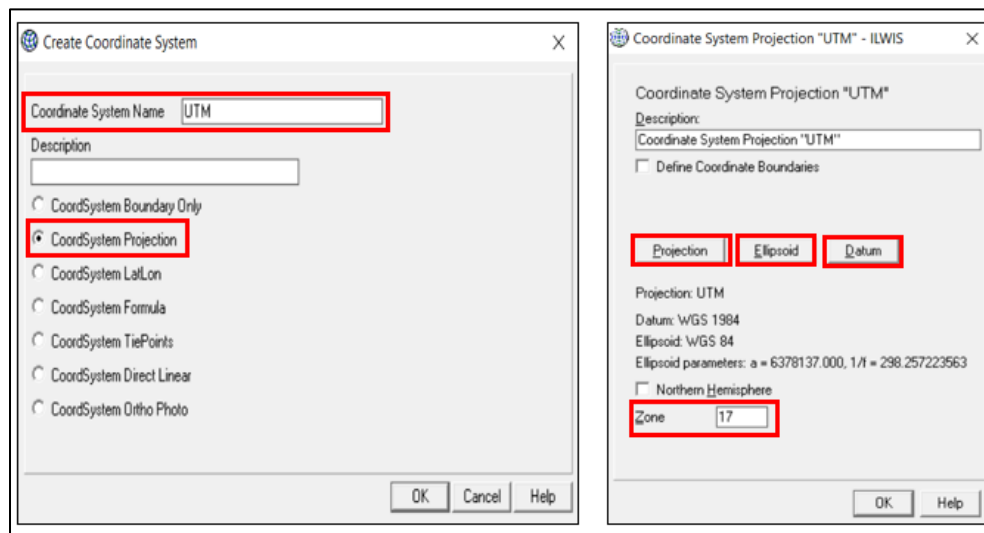
Es importante mencionar que la calificación de cero fue dada únicamente a variables donde es imposible la expansión urbana como es el caso de bosques protegidos pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). De igual manera en la variable ríos, se tomó un buffer de 30m, ya que la Comisaría de Construcciones de la Municipalidad de Latacunga, prohíbe la construcción de infraestructuras a menos de 30 metros de ríos y quebradas (El Telégrafo, 2014).

Ilwis**Definición del Sistema de Coordenadas**

En primer lugar, se definió el sistema de coordenadas "UTM" y se configuro con sus respectivas características como la proyección, el elipsoide, el datum y la zona como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Configuración del sistema de coordenadas

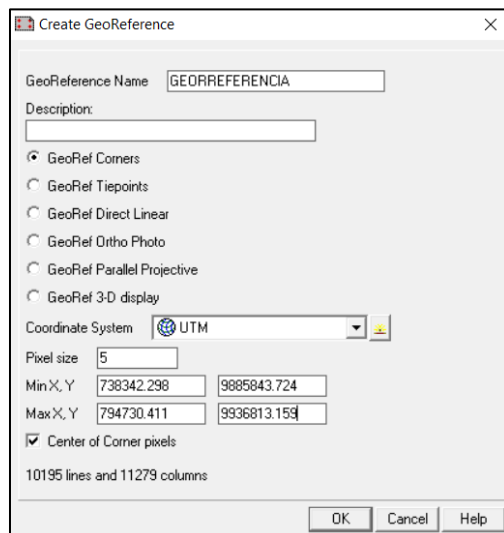


Nota. Los gráficos muestran la configuración realizada para el sistema de coordenadas.

Definición de la Georreferencia

Se procedió a la creación de la georreferencia llamada "GEORREFERENCIA" y se configura características como: el sistema de coordenadas, el tamaño de pixel y las coordenadas de los puntos mínimos y máximos del área de trabajo como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

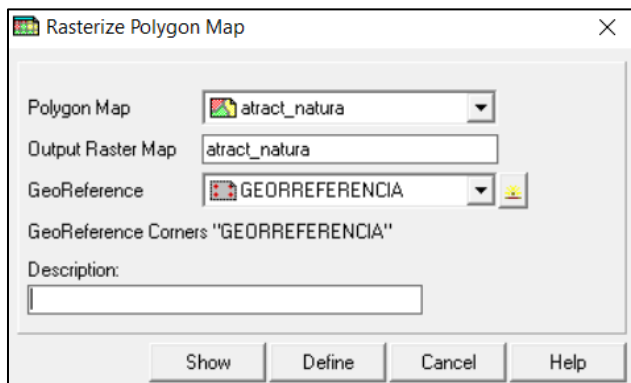
Configuración de la Georreferencia

Nota. El gráfico muestra la configuración realizada para la georreferencia.

Rasterización de los Datos

Para la rasterización de datos, se ubicó en la herramienta "**Rasterize**" seguido de la opción "**Polygon to Raster**" donde se despliega una ventana, como se muestra en la Figura 17; se seleccionó la variable a rasterizar, para luego seleccionar a la georreferencia creada anteriormente para finalizar dando clic en "**Define**"

Figura 17

Rasterización del polígono atractivos naturales

Nota. El gráfico muestra el proceso de rasterización de una variable.

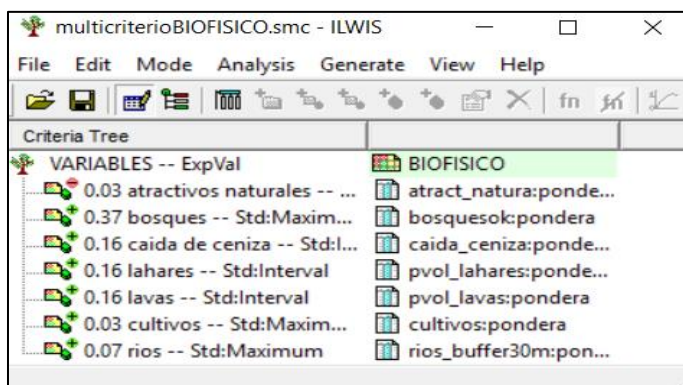
Generación de mapas por componente

Configuración del Análisis Espacial Multicriterio

Dentro de las operaciones ráster de ILWIS, se encuentra la herramienta de Análisis Espacial Multicriterio donde se selecciona “**Problem Analysis**” herramienta que se encarga de crear un ámbito donde se puede subir un conjunto de mapas con diferentes criterios y realizar operaciones entre ellos. Se procedió a crear dos campos, la columna de la izquierda nombramos a las variables que deseamos ingresar y en la columna derecha seleccionamos la tabla de atributos correspondiente a la ponderación como se muestra en la Figura 18.

Figura 18

Ingreso de variables del componente Biofísico en el AEM



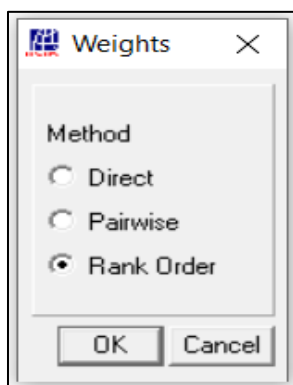
Nota. El gráfico muestra el ingreso de variables previo a la AEM.

Ponderación de las Variables

Una vez ingresadas las variables y las tablas con las que se va a trabajar en el análisis, se asigna pesos a cada variable. Para esto, seleccionamos el ícono de pesos, donde se desplegará una ventana con tres métodos de ponderación como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

Métodos de asignación de pesos



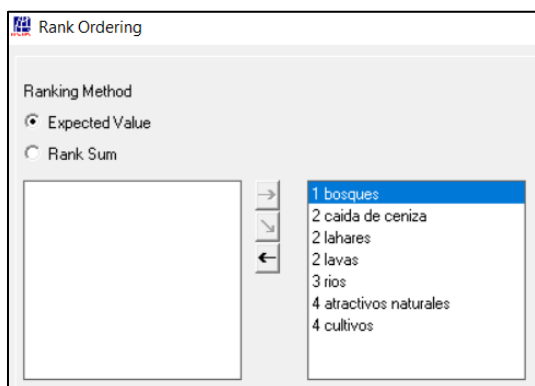
Nota. El gráfico muestra los métodos propuestos por el software para la asignación de pesos de las variables.

Ponderación de Variables Método Rank Order

El método “**Rank Order**”, consiste en ubicar a las variables de forma manual de acuerdo con la importancia considerada por el usuario. En el caso de la ponderación de variables de componente biofísico, se ubica primero a la variable bosques que pertenece al SNAP, ya que son zonas intangibles donde es imposible la expansión de la urbe, seguido de los peligros volcánicos que constituyen el objetivo de esta investigación. La Figura 20 muestra la ponderación de variables del componente biofísico.

Figura 20

Ponderación de variables componente biofísico



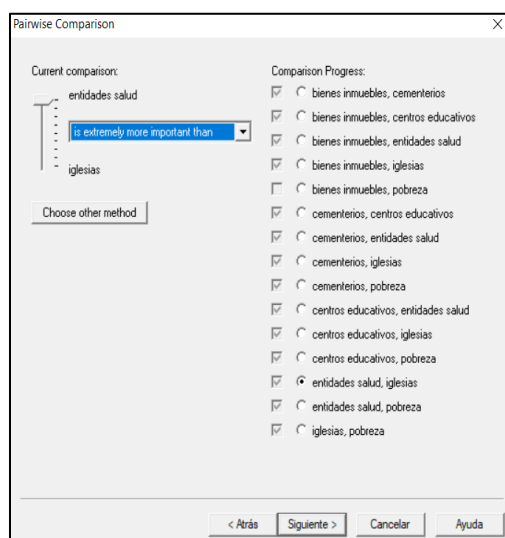
Nota. El gráfico muestra la ponderación de variables por el método Rank Ordering.

Ponderación de Variables Método Pairwise Comparison

El método de ponderación “***Pairwise Comparison***” consiste en una comparación por pares de variables donde seleccionamos el grado de importancia de una variable respecto a otra. El software posteriormente calculará de manera interna el peso asignado a cada variable como se muestra en la Figura 21 la ponderación de variables del componente sociocultural.

Figura 21

Ponderación de variables Método Pairwise Comparison



Nota. El gráfico muestra el método Pairwise Comparison para la asignación de pesos en las variables del componente sociocultural.

El método de ponderación de variables Pairwise Comparison será usado en los componentes sociocultural, económico, asentamientos humanos, movilidad – energía – conectividad y político institucional ya que, para esta investigación no se cuenta con una inclinación hacia alguna variable de interés dentro de estos componentes.

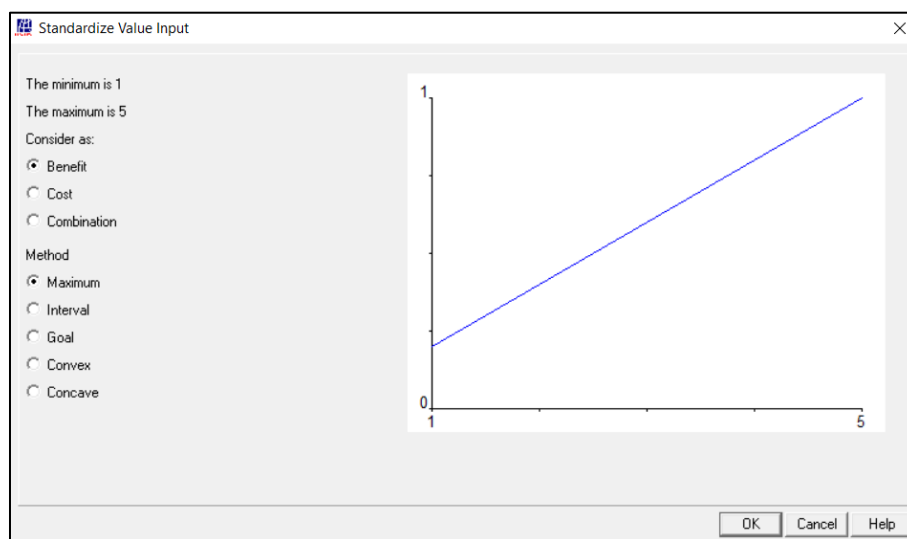
Estandarización de los valores de entrada

Para la estandarización de los valores de entrada, el software reclasifica los datos ingresados con valores entre 0 y 1; ofreciendo tres tipos de consideraciones y

cuatro métodos; de los cuales se utilizará *Benefit – Maximun* y *Benefit – Interval* ya que son los que más se ajustan a las características y necesidades de este estudio. La Figura 22 muestra la estandarización *Benefit – Maximun* donde al menor valor de la ponderación manual lo considera como un valor cercano a cero.

Figura 22

Estandarización de los valores de entrada Benefit – Maximun

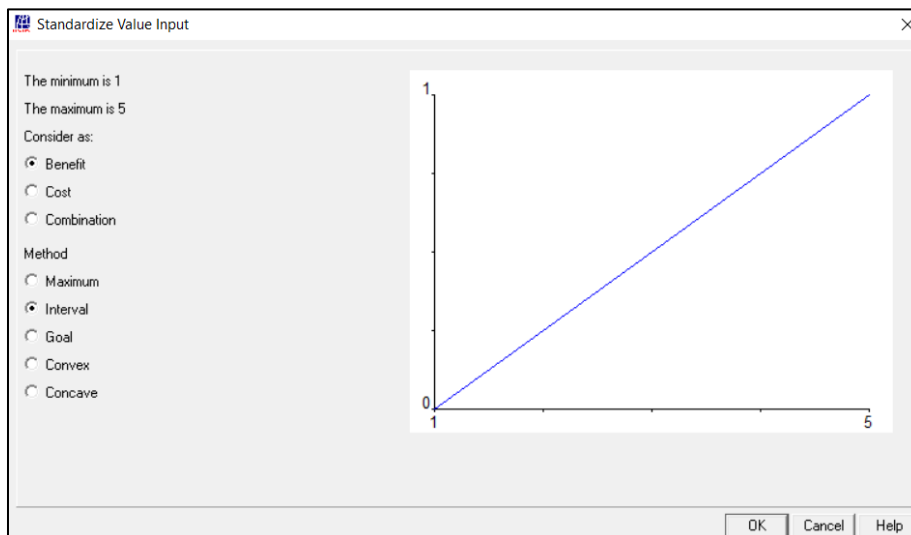


Nota. El gráfico muestra la estandarización de los valores de entrada de la variable.

Por otro lado, la estandarización *Benefit – Interval* clasifica como cero absoluto al menor valor de la ponderación manual. Esto se aplica a variables cuya presencia o ausencia en el territorio es imprescindible para la expansión urbana. Esta gráfica se muestra en la Figura 23.

Figura 23

Estandarización de los valores de entrada Benefit – Interval



Nota. El gráfico muestra la estandarización de los valores de entrada de la variable.

Cálculo del Mapa

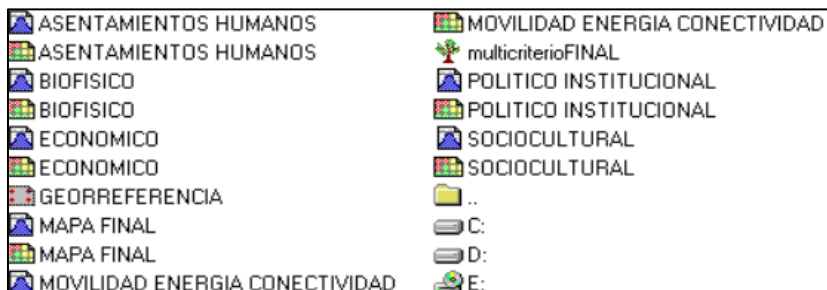
Una vez ingresadas las variables, las tablas y la ponderación, se realiza el análisis espacial multicriterio; en la barra de herramientas *Generate* y seguido de *All Output*, el software realiza el cálculo que puede demorar unos minutos y como producto entrega un mapa referente a las variables y su influencia dentro del componente.

Integración de los componentes

Para la integración de los mapas de todos los componentes, es importante ubicarlos en una misma carpeta como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

Mapas de cada componente previo a ser integrados.

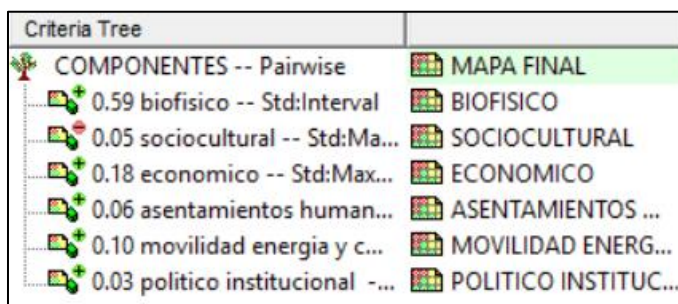


Nota. El gráfico muestra los mapas de cada uno de los componentes dentro de una misma carpeta para la elaboración del mapa final.

Luego se procede a crear un nuevo análisis espacial multicriterio donde las variables son cada uno de los mapas resultantes de cada componente. En la Figura 25 se muestra el ingreso de las variables con sus respectivos mapas.

Figura 25

Ingreso de componentes en el AEM

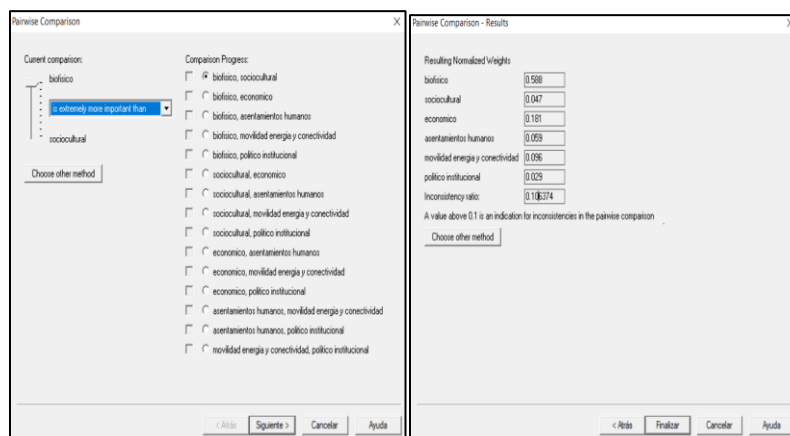


Nota. El gráfico muestra el ingreso de los componentes en el análisis espacial multicriterio.

Para la ponderación de los componentes usamos nuevamente el método **Pairwise Comparison**, donde asignaremos una importancia mayor al componente biofísico con respecto a los demás componentes. Luego de la comparación, el software calculará el peso correspondiente para cada componente como se muestra en la Figura 26.

Figura 26

Método Pairwise Comparison para la asignación de pesos



Nota. Los gráficos muestran el método Pairwise Comparison para la asignación de pesos.

Variabilidad de escenarios

Para la variabilidad de escenarios se realiza un análisis jerárquico de ponderación entre los seis componentes del territorio, como se muestra en la Tabla 8. Como el objetivo de esta investigación es priorizar al componente biofísico, éste es el primer escenario, mientras que los componentes subsecuentes al biofísico serán tomados en cuenta como segundo y tercer escenario, realizando de igual manera el

mismo procedimiento para el análisis espacial multicriterio. La Tabla 9 muestra la matriz normalizada junto con la respectiva ponderación de componentes.

Tabla 8

Análisis Jerárquico de Ponderación

COMPONENTES	B	S	E	AH	MEC	PI
BIOFÍSICO (B)	1	9	5	7	5	3
SOCIOCULTURAL (S)	1/9	1	1	1/3	1/3	3
ECONÓMICO (E)	1/5	1	1	3	3	5
ASENTAMIENTOS HUMANOS (AH)	1/7	3	1/3	1	1	3
MOV - ENER – CONECT (MEC)	1/5	3	1/3	1	1	5
POLÍTICO INSTITUCIONAL (PI)	1/3	1/3	1/5	1/3	1/5	1
TOTAL	1,99	17,33	7,87	12,67	10,53	20,00

Nota. La tabla muestra el análisis jerárquico de ponderación entre los componentes del territorio.

Tabla 9

Matriz normalizada y ponderación de componentes

	MATRIZ NORMALIZADA						PONDERACIÓN
BIOFÍSICO	0,50	0,51	0,63	0,55	0,47	0,15	0,47
SOCIOCULTURAL	0,05	0,05	0,12	0,02	0,03	0,15	0,07
ECONÓMICO	0,10	0,05	0,12	0,23	0,28	0,25	0,18
ASENTAMIENTOS HUMANOS	0,07	0,17	0,04	0,07	0,09	0,15	0,10
MOV - ENER - CONECT	0,10	0,17	0,04	0,07	0,09	0,25	0,12
POLÍTICO INSTITUCIONAL	0,16	0,01	0,02	0,02	0,01	0,05	0,05

Nota. La tabla muestra una matriz normalizada y su respectiva ponderación de los componentes en donde se resalta los pesos más altos para establecer los posibles escenarios.

Capítulo IV

El presente capítulo muestra los resultados obtenidos de la investigación. Además, un análisis comparativo entre los distintos escenarios propuestos en la metodología, referente a las características propias del territorio.

Resultados

Resultados de los Componentes Territoriales

Componente Biofísico

Ponderación de variables

La ponderación de las variables del componente biofísico fue realizada por el método Rank Order, dando como resultados los siguientes pesos que se muestran en la Figura 27.

Figura 27

Pesos resultantes de las variables biofísicas

Resulting Weights	
atractivos naturales	0.032
bosques	0.370
caida de ceniza	0.164
lahares	0.164
lavas	0.164
cultivos	0.032
rios	0.073

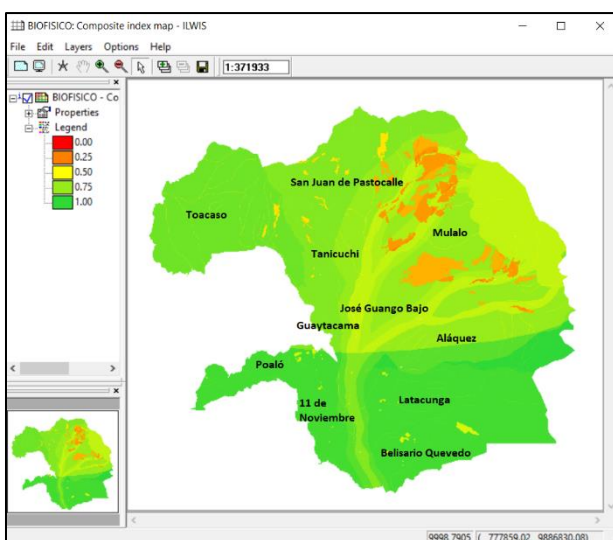
Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de variables en el componente biofísico.

Mapa Biofísico

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con las variables biofísicas y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 28 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al componente biofísico.

Figura 28

Mapa del Componente Biofísico



Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del componente biofísico.

Componente Sociocultural

Ponderación de variables

La ponderación de las variables del componente sociocultural fue realizada por el método Pairwise Comparison, dando como resultados los siguientes pesos que se

muestran en la Figura 29. Es importante señalar que el valor de la inconsistencia de la comparación debe ser menor a 0.1 de lo contrario se debe volver a realizar la comparación.

Figura 29

Pesos resultantes de las variables socioculturales

Resulting Normalized Weights	
bienes inmuebles	0.109
cementerios	0.039
centros educativos	0.260
entidades salud	0.512
iglesias	0.017
pobreza	0.062
Inconsistency ratio:	0.0259939

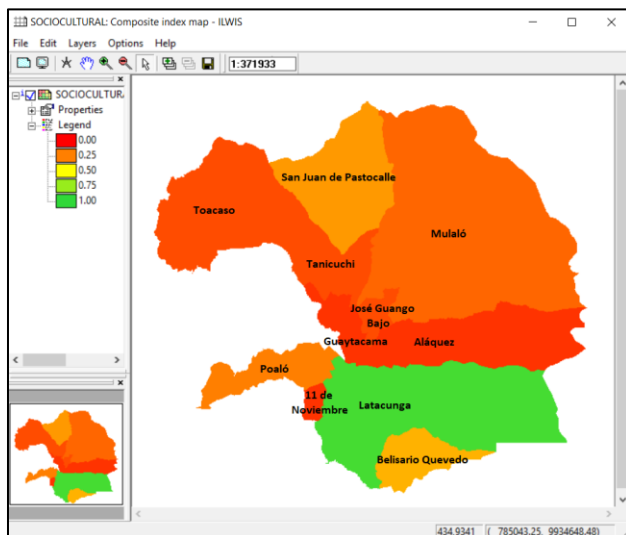
A value above 0.1 is an indication for inconsistencies in the pairwise comparison

Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de variables en el componente sociocultural.

Mapa Sociocultural

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con las variables socioculturales y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 30 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al componente sociocultural.

Figura 30

Mapa del Componente Sociocultural

Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del componente sociocultural.

Componente Económico**Ponderación de variables**

La ponderación de las variables del componente económico fue realizada por el método Pairwise Comparison, dando como resultados los siguientes pesos que se muestran en la Figura 31. Es importante señalar que el valor de la inconsistencia de la comparación debe ser menor a 0.1 de lo contrario se debe volver a realizar la comparación.

Figura 31*Pesos resultantes de las variables económicas*

Resulting Normalized Weights	
comercio	0.275
establec patentes	0.159
fabricas	0.038
micromercados	0.269
pea	0.121
bancos	0.138
Inconsistency ratio:	0.076191

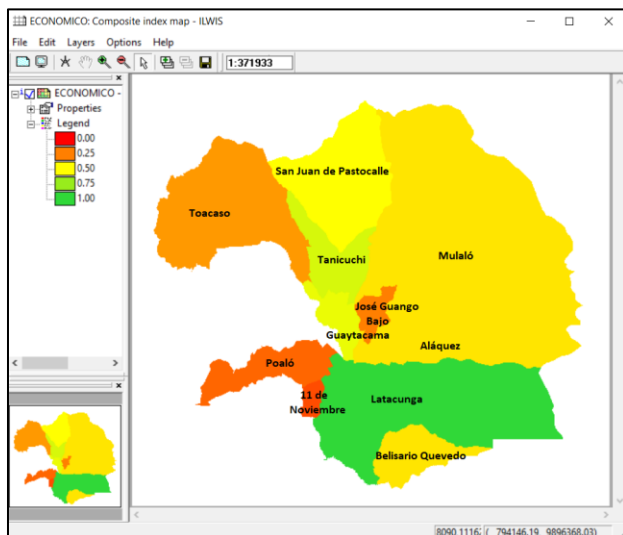
A value above 0.1 is an indication for inconsistencies in the pairwise comparison

Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de variables en el componente económico.

Mapa Económico

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con las variables económicas y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 32 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al componente económico.

Figura 32

Mapa del Componente Económico

Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del componente económico.

Componente Asentamientos Humanos

Ponderación de Variables

La ponderación de las variables del componente asentamientos humanos fue realizada por el método Pairwise Comparison, dando como resultados los siguientes pesos que se muestran en la Figura 33. Es importante señalar que el valor de la inconsistencia de la comparación debe ser menor a 0.1 de lo contrario se debe volver a realizar la comparación.

Figura 33

Pesos resultantes de las variables de asentamientos humanos

Resulting Normalized Weights	
areas en riesgo	0.040
catastro registrado	0.025
cobertura agua potable	0.311
cobertura alcantarillado	0.311
cobertura electrica	0.181
poblacion	0.018
recoleccion desechos comunes	0.115
Inconsistency ratio:	0.089511

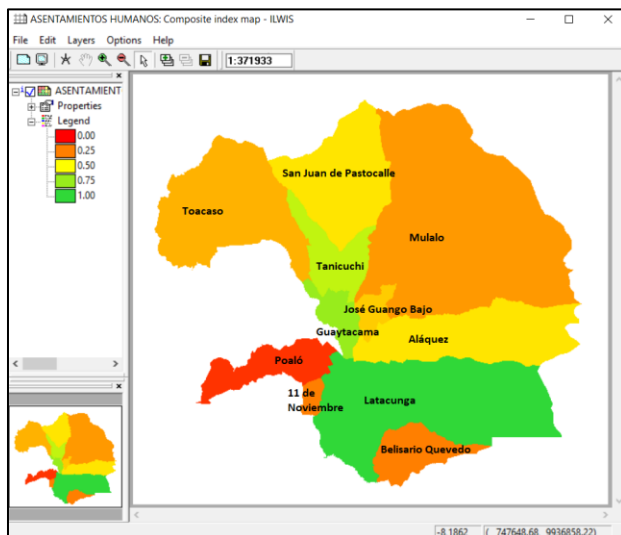
A value above 0.1 is an indication for inconsistencies in the pairwise comparison

Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de variables en el componente asentamientos humanos.

Mapa de Asentamientos Humanos

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con las variables de asentamientos humanos y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 34 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al componente asentamientos humanos.

Figura 34

Mapa del Componente Asentamientos Humanos

Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del componente asentamientos humanos.

Componente Movilidad – Energía – Conectividad

Ponderación de Variables

La ponderación de las variables del componente movilidad – energía - conectividad fue realizada por el método Pairwise Comparison, dando como resultados los siguientes pesos que se muestran en la Figura 35. Es importante señalar que el valor de la inconsistencia de la comparación debe ser menor a 0.1 de lo contrario se debe volver a realizar la comparación.

Figura 35

Pesos resultantes de las variables de MEC

Resulting Normalized Weights	
acceso telefonia celular	0.043
cobertura hogares telefonia fija	0.074
cobertura internet fijo	0.062
distancia centro latacunga	0.195
frecuencia de transporte	0.275
gasolineras	0.038
vialidad	0.313
Inconsistency ratio:	0.1047364

A value above 0.1 is an indication for inconsistencies in the pairwise comparison

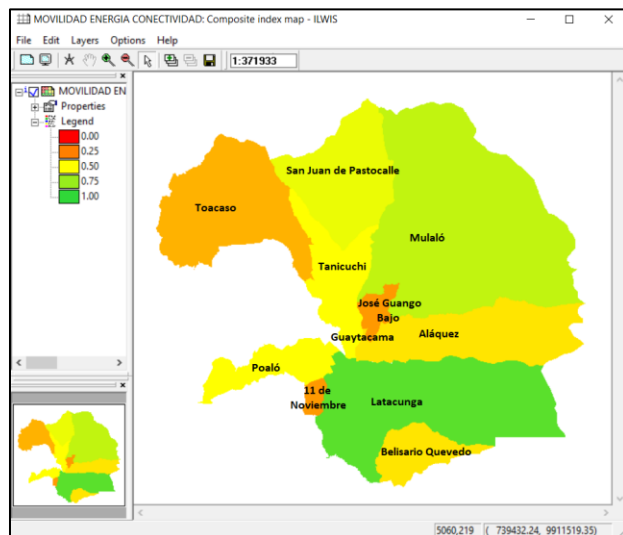
Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de variables en el componente movilidad, energía y conectividad.

Mapa de Movilidad – Energía – Conectividad

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con las variables de movilidad – energía – conectividad y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 36 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al componente movilidad – energía – conectividad.

Figura 36

Mapa del Componente Movilidad - Energía – Conectividad



Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del componente movilidad, energía y conectividad.

Componente Político Institucional

Ponderación de Variables

La ponderación de las variables del componente político institucional fue realizada por el método Pairwise Comparison, dando como resultados los siguientes pesos que se muestran en la Figura 37. Es importante señalar que el valor de la inconsistencia de la comparación debe ser menor a 0.1 de lo contrario se debe volver a realizar la comparación.

Figura 37

Pesos resultantes de las variables político institucional

Resulting Normalized Weights	
instituciones estatales	0.106
juntas parroquiales	0.106
org magap	0.048
upc	0.740
Inconsistency ratio:	0.055629

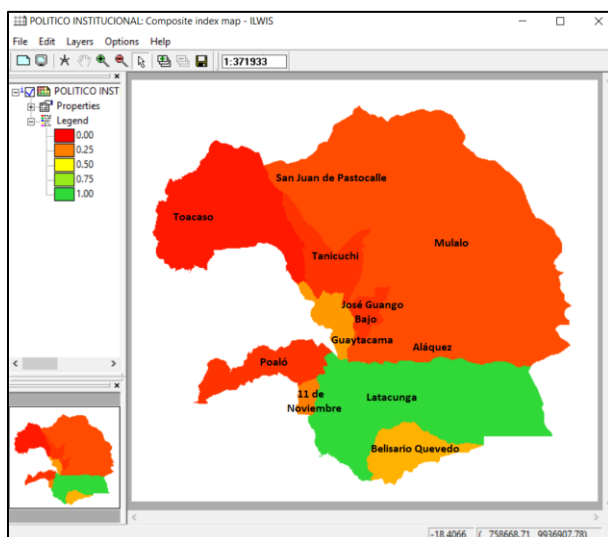
A value above 0.1 is an indication for inconsistencies in the pairwise comparison

Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de variables en el componente político institucional.

Mapa Político Institucional

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con las variables político institucional y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 38 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al componente político institucional.

Figura 38

Mapa del Componente Político Institucional

Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del componente político institucional.

Escenarios

Primer Escenario

El primer escenario corresponde al cálculo del mapa de expansión urbana donde tiene mayor grado de importancia el componente biofísico con variables correspondientes a la peligrosidad volcánica como: caída de ceniza, lavas y flujos de lahares, que afectarían significativamente a la población y su infraestructura si se continúa expandiendo la urbe dentro de estas zonas de riesgo. Sin embargo, el análisis espacial multicriterio arroja como resultado zonas idóneas para el crecimiento de la urbe, parcial o totalmente libres de este tipo de catástrofes naturales.

Ponderación de Componentes

La ponderación de los componentes dentro del primer escenario fue realizada por el método Rank Order, ubicando a dichos componentes de acuerdo con la posición establecida en el análisis jerárquico de ponderación. La Figura 39 muestra los pesos propuestos por el software según el orden ingresado.

Figura 39

Pesos resultantes de los componentes del primer escenario

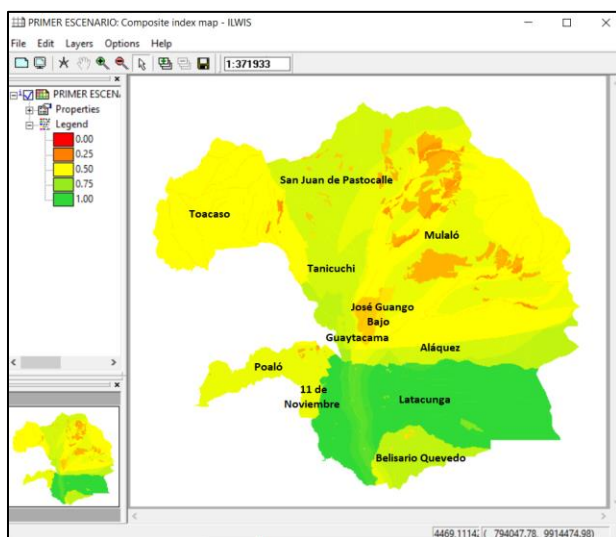
Resulting Weights	
biofisico	0.408
sociocultural	0.061
economico	0.242
asentamientos humanos	0.103
movilidad energia y conectividad	0.158
politico institucional	0.028

Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de componentes en el primer escenario.

Mapa del Primer Escenario

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con los componentes territoriales y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 40 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al primer escenario.

Figura 40

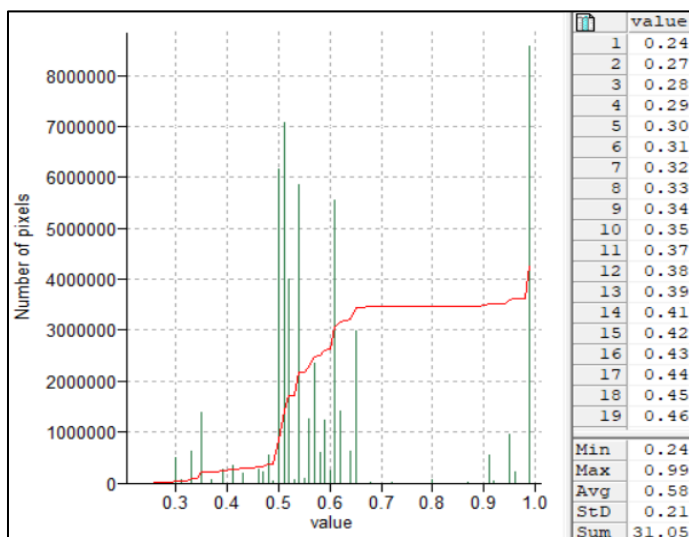
Mapa Primer Escenario

Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del primer escenario (*Biofísico*)

Histograma del Primer Escenario

El histograma presentado por el software correspondiente al primer escenario muestra la distribución de los valores de entrada ya estandarizados en valores por pixel que van del 0.24 al 0.99 con un promedio de 0.58 y una desviación estándar de 0.21 como muestra la Figura 41.

Figura 41

Histograma del Primer Escenario

Nota. El gráfico muestra el histograma correspondiente al primer escenario.

Segundo Escenario

El segundo escenario según el análisis jerárquico de ponderación corresponde al cálculo del mapa de expansión urbana donde tiene mayor grado de importancia el componente económico, con variables como: micromercados, plazas, negocios, bancos, fábricas y población económicamente activa. El análisis espacial multicriterio arroja como resultado las zonas idóneas para la expansión de la urbe; donde la economía del cantón es el principal factor para el desarrollo productivo y crecimiento de la población.

Ponderación de Componentes

La ponderación de los componentes dentro del segundo escenario fue realizada por el método Rank Order, ubicando a dichos componentes de acuerdo con la posición establecida en el análisis jerárquico de ponderación. La Figura 42 muestra los pesos propuestos por el software según el orden ingresado.

Figura 42

Pesos resultantes de los componentes del segundo escenario

Resulting Weights	
biofisico	0.242
sociocultural	0.061
economico	0.408
asentamientos humanos	0.103
movilidad energia conectividad	0.158
politico institucional	0.028

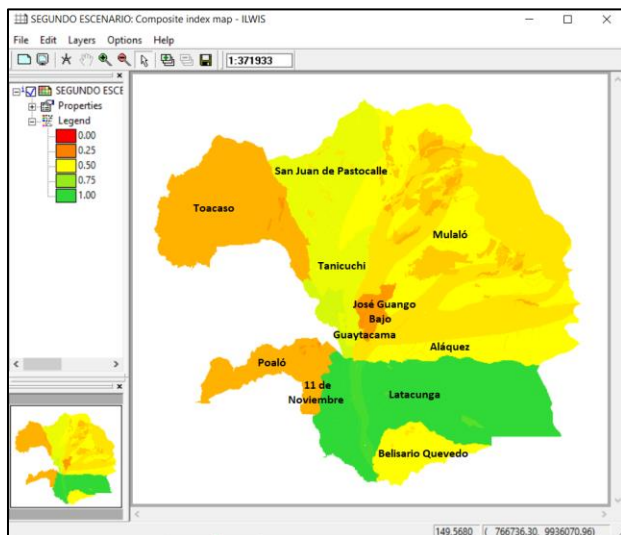
Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de componentes en el segundo escenario.

Mapa del Segundo Escenario

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con los componentes territoriales y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 43 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al segundo escenario.

Figura 43

Mapa Segundo Escenario

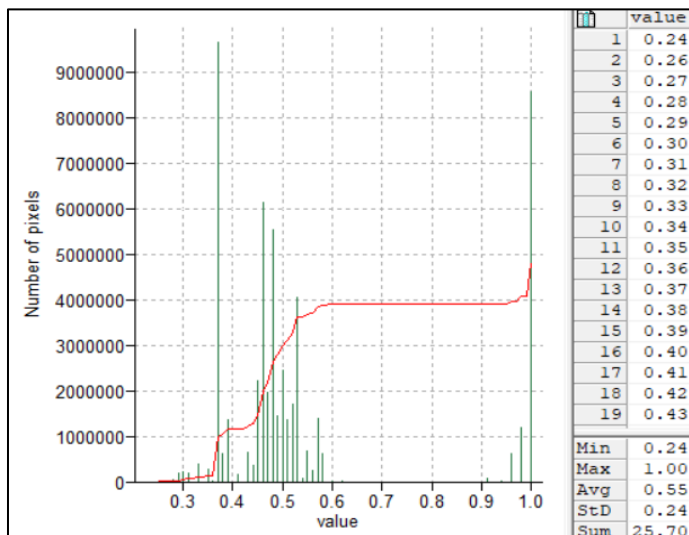


Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del segundo escenario (*Económico*)

Histograma del Segundo Escenario

El histograma presentado por el software correspondiente al segundo escenario muestra la distribución de los valores de entrada ya estandarizados en valores por pixel que van del 0.24 al 1.00 con un promedio de 0.55 y una desviación estándar de 0.24 como muestra la Figura 44.

Figura 44

Histograma del Segundo Escenario

Nota. El gráfico muestra el histograma correspondiente al segundo escenario.

Tercer Escenario

El tercer escenario según el análisis jerárquico de ponderación corresponde al cálculo del mapa de expansión urbana donde tiene mayor grado de importancia el componente movilidad – energía – conectividad, con variables como: acceso a telefonía celular, cobertura de telefonía fija, cobertura de internet fijo, distancia del centro parroquial al centro de la ciudad de Latacunga, frecuencia de transporte, gasolineras y vialidad. El análisis espacial multicriterio arroja como resultado las zonas idóneas para la expansión de la urbe; donde la conectividad y la dinámica vial dentro y fuera del cantón, son el principal factor para el desarrollo productivo y crecimiento de la población.

Ponderación de Componentes

La ponderación de los componentes dentro del tercer escenario fue realizada por el método Rank Order, ubicando a dichos componentes de acuerdo con la posición establecida en el análisis jerárquico de ponderación. La Figura 45 muestra los pesos propuestos por el software según el orden ingresado.

Figura 45

Pesos resultantes de los componentes del tercer escenario

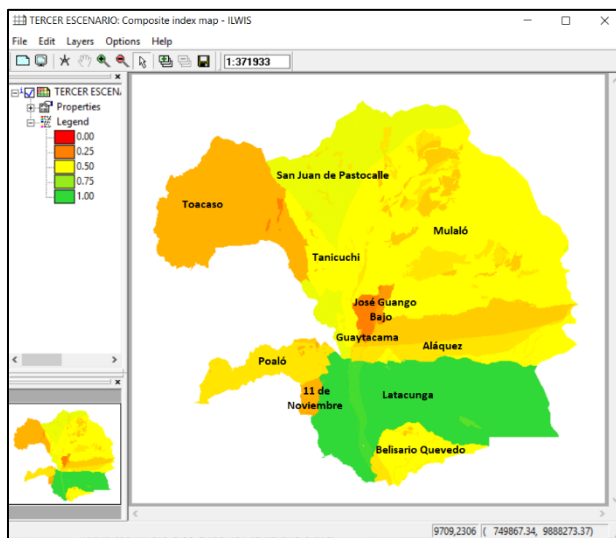
Resulting Weights	
biofisico	0.242
sociocultural	0.061
economico	0.158
asentamientos humanos	0.103
movilidad energia conectividad	0.408
politico institucional	0.028

Nota. El gráfico muestra los pesos resultantes de la ponderación de componentes en el tercer escenario.

Mapa del Tercer Escenario

Una vez realizado el análisis espacial multicriterio con los componentes territoriales y sus respectivos pesos dentro de la composición del mapa, el análisis nos arroja un mapa resultante con tonalidades que van del verde al rojo; donde verde está relacionado con los territorios con una mayor aceptabilidad para la expansión urbana y rojo una menor o nula aceptabilidad de expansión. La Figura 46 muestra el mapa de expansión urbana correspondiente al tercer escenario.

Figura 46

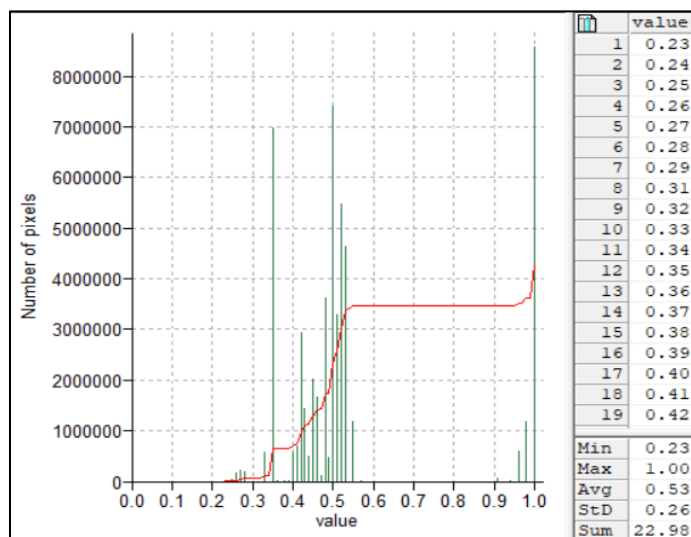
Mapa Tercer Escenario

Nota. El gráfico muestra el mapa resultante del tercer escenario (*Movilidad - Energía - Conectividad*)

Histograma del Tercer Escenario

El histograma presentado por el software correspondiente al tercer escenario muestra la distribución de los valores de entrada ya estandarizados en valores por pixel que van del 0.23 al 1.00 con un promedio de 0.53 y una desviación estándar de 0.26 como muestra la Figura 47.

Figura 47

Histograma del Tercer Escenario

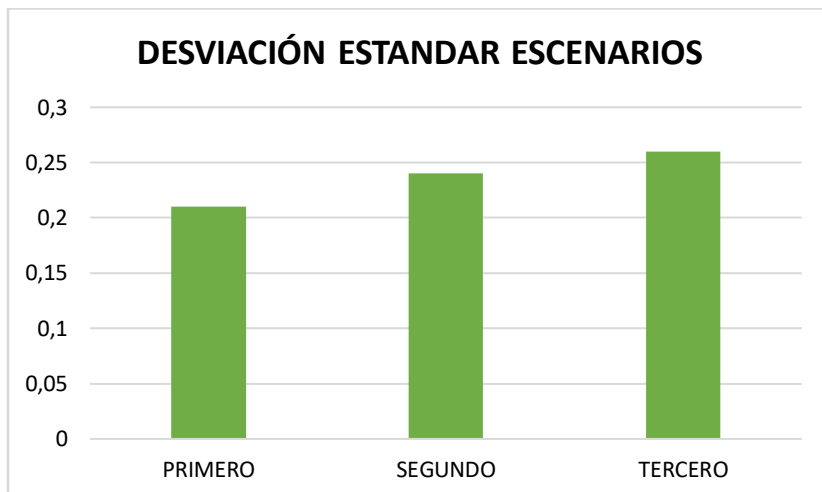
Nota. El gráfico muestra el histograma correspondiente al tercer escenario.

Comparación entre escenarios

Al realizar una comparativa entre los escenarios, se puede evidenciar que la dispersión de los píxeles con características ideales para la expansión urbana es menor en el primer escenario, donde las variables biofísicas del territorio son primordiales para el crecimiento de la población sobre el territorio y su desarrollo productivo. La Figura 48 muestra la comparativa entre las desviaciones estándar de cada uno de los escenarios propuestos.

Figura 48

Comparativa entre Escenarios



Nota. El gráfico muestra la comparativa entre las desviaciones estándar de cada uno de los escenarios propuestos.

Base de datos

Por último, se generó una base de datos denominada GeoCanLata, en donde se adicionó la información extraída de OSM y del PDOT Latacunga; clasificándola por componentes territoriales. Adicionalmente, a esta base de datos se agregó la información obtenida tras los análisis espaciales multicriterio de cada componente, información que puede ser aplicada en futuras investigaciones o ampliada según sea el caso.

Discusión de resultados

Esta investigación fue realizada a partir de la obtención de datos de libre acceso en la red, por lo que la garantía de su precisión y veracidad está limitada a la de los generadores de la información. Sin embargo, es importante destacar la diversidad de

información subida a la plataforma, que puede ser obtenida para sondeos rápidos de las características de la población sobre el territorio.

El presente trabajo se basó en la aplicación del software libre ILWIS para el análisis espacial multicriterio, que permite la generación de mapas con varias alternativas que en otros softwares pueden tornarse subjetivas.

Tras el estudio se determinó las zonas de aceptabilidad de expansión urbana en el cantón Latacunga, mostrando tres escenarios distintos pero interdependientes, de acuerdo con las necesidades que podrían suscitarse durante la evolución de la población en el territorio.

Esta investigación muestra la aceptabilidad de un territorio para la expansión urbana de acuerdo con una graduación de colores entre verde, amarillo, naranja y rojo; siendo el primero el que muestra una alta aceptabilidad y el último una baja aceptabilidad de expansión.

Los tres escenarios presentados muestran a la cabecera cantonal de Latacunga, como una zona con una alta aceptabilidad para la expansión urbana; ya que cumplen con los lineamientos básicos para el desarrollo productivo de la población en todos sus componentes. Sin embargo, la peligrosidad ante una potencial erupción del volcán Cotopaxi sigue siendo un factor preponderante respecto a la urbe ya edificada en zonas de riesgo.

El primer escenario con una mayor ponderación en el componente biofísico, muestra una alta aceptabilidad para la expansión urbana en las parroquias de San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Guaytacama y Belisario Quevedo ya que su gran extensión se encuentra en zonas libres de peligrosidad volcánica, seguidas de las parroquias Poaló, Once de Noviembre, Toacaso, Mulaló y Aláquez con una mediana aceptabilidad de expansión en la integración de sus componentes territoriales.

El segundo escenario con una mayor ponderación en el componente económico y con una funcionalidad territorial basada en el comercio en plazas y mercados centrales, muestra una alta aceptabilidad para la expansión urbana en las parroquias de Guaytacama, Tanicuchi y San Juan de Pastocalle seguidas de las parroquias Belisario Quevedo y Aláquez con una mediana aceptabilidad de expansión en la integración de sus componentes territoriales.

El tercer escenario con una mayor ponderación en el componente movilidad – energía – conectividad, muestra una alta aceptabilidad para la expansión urbana en las parroquias de San Juan de Pastocalle, Tanicuchi y Guaytacama, seguidas de las parroquias Belisario Quevedo y Mulaló con una mediana aceptabilidad de expansión en la integración de sus componentes territoriales.

La parroquia Joseguango Bajo presenta una muy baja aceptabilidad para la expansión urbana en todos los escenarios propuestos ya que, a más de encontrarse casi en su totalidad en una zona de riesgo volcánico, no cuenta con una adecuada infraestructura vial y su comercio interno es muy bajo debido a que la mayoría de sus pobladores son productores que se desplazan a centros poblados como Guaytacama, Aláquez y Latacunga para la comercialización de sus productos.

Capítulo V

El presente capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado tras el proceso de investigación, hallazgos e ideas finales luego de la discusión, análisis y experiencia del proyecto.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Las plataformas de interacción colaborativa para la generación de información libre y editable permiten trabajar sobre modelos georreferenciados para el análisis constante de la población y su evolución en el territorio, constituyendo una alternativa eficaz y económica.
- El software libre ILWIS permite realizar una adecuada integración de los componentes territoriales con diversas alternativas, cuyos valores son estandarizados de acuerdo con las decisiones requeridas previo al análisis espacial multicriterio.
- El riesgo volcánico es una variable de gran influencia para la expansión urbana en todos los escenarios presentados, siendo un factor preponderante en la evolución del territorio del cantón.
- La principal funcionalidad del cantón Latacunga es el comercio interno en plazas y mercados centrales, puesto que en la clasificación de variables fue la que presentó mayor afluencia en todas las parroquias.
- Tras el estudio realizado, es evidente que las parroquias San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Guaytacama y Belisario Quevedo son zonas de alta aceptabilidad, hacia las cuales puede y debería expandirse el núcleo urbano del

cantón Latacunga, pues cuentan con los requerimientos necesarios para la expansión urbana.

Recomendaciones

- Se recomienda ampliar la investigación utilizando un catastro actualizado del cantón Latacunga para generar un listado de predios disponibles para la expansión urbana dentro de los márgenes de aceptabilidad propuestos en esta investigación.
- Sería recomendable realizar este tipo de estudio a partir de la unidad mínima de DPA del territorio, ya que la efectividad de un análisis espacial macro sería mucho mayor a partir de las correcciones de errores micro.
- Para una adecuada generación de simulaciones de expansión urbana es necesario una actualización continua de los datos a través del tiempo, por lo que se recomienda mantener una plataforma abierta por parte del municipio para el registro de la información por parte de los pobladores. Dicha información debería mantener una continua validación en campo.
- Dentro del componente económico sería recomendable realizar un estudio más detallado en las variables que relacionan el territorio y su desarrollo productivo.
- De igual manera en el componente político institucional se recomienda utilizar los criterios legislativos que las instituciones ejercen sobre el territorio y que en el software pueden ser interpretados a través de la generación de múltiples alterativas en el análisis espacial.

Referencias

- Da Silva, C. (2015). *Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en resistencia (argentina)*.
- De la Torres, E. (1992). *Volcanismo, Dinámica y Petrología de sus Productos* (OMEGA (ed.)).
- Escobar, C. (2016). *Atlas de Rocas Ígneas* (Universidad Complutense (ed.)).
- FAO. (1995). *Bosques, Arboles y Comunidades Rurales - Fase II - Documento de Trabajo: La Radio y Procesos Participativos de Desarrollo Sostenible en la Región Amazónica* (C. Herz (ed.)).
- Fort, R. (2019). *Infraestructura rural mínima para prosperar en 2030*. 20.
- González, H. (2016). *Orientaciones y herramientas para el desarrollo de los territorios rurales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- IGEPN. (2016). *Crónicas de la erupción del volcán Cotopaxi*.
- Jami, L. (2019). *Diseño de una metodología para la delimitación de zonas de expansión urbana con criterios de sostenibilidad, caso aplicado a la parroquia La Victoria del Cantón Pujilí*. Repositorio: ESPE.
- Larrazabal, M. (2012). *Zonas Urbanas, Rurales y sus Diferencias*.
- León, P. (2015). *Generación de un modelo predictivo de crecimiento urbano mediante la técnica de autómatas celulares*. Repositorio: ESPE.
- Llasat, M. (2012). *Riesgos naturales: clasificación, conceptos y cuestiones* (GAMA (ed.)).
- LOOTUGS. (2016). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo* (LEXIS (ed.)).
- López, A. (2013). *Propuesta del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano de las Parroquias del Cantón Rumiñahui*. Repositorio: ESPE.

- Martínez, D. (2017). *Relaciones y tensiones entre lo urbano y lo rural*.
- Morales, R. (2016). *Guía sobre Ceniza Volcánica: Posibles efectos a la salud y seguridad de las personas trabajadoras, medidas de prevención y protección*. (MTSS (ed.)).
- ONU. (2020). *17 Objetivos para transformar nuestro mundo*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Ortiz, R. (2004). *Riesgo Volcánico* (Dirección General de Protección Civil y Emergencias (ed.)).
- Parra, A. (2019). *Conoce qué es un software libre y sus características elementales* (Rock Content (ed.)).
- Pazmiño, F. (2015). *Aportes para una adecuada expansión de las áreas urbanas de la ciudad de Latacunga, considerando el peligro volcánico de los lahares del volcán Cotopaxi*. Repositorio: PUCE.
- Peñaherrera, E. (2016). *La celebración de la Mama Negra y su impacto en el turismo de la ciudad de Latacunga*.
- Sánchez, P. (2016). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Latacunga 2016 - 2028*.
- SENPLADES. (2010). *Lineamientos para la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial*.
- SIELOCAL. (2013). *Densidad de Población*.
- Toskano, G. (2016). *El proceso de análisis jérarquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*. (UNMSM (ed.)).
- Westen, C. (2017). *Introducción a ILWIS* (UNESCO RAPCA (ed.)).

Anexos