

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

MAESTRÍA EN ORDENACIÓN TERRITORIAL II COHORTE

“METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE
EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN
TERRITORIAL”

AUTORA:

ARQ. MARÍA ELIZABETH SANTACRUZ ARIAS
C.I. 1400673610

DIRECTORA:

ARQ. XIMENA ALEJANDRINA SALAZAR GUAMAN
C.I. 0104588355

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MASTER EN
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

CUENCA – ECUADOR
2015





RESUMEN

El suelo un recurso natural no renovable, es utilizado con muchos fines como la agricultura, ganadería, minería, producción forestal, conservación de hábitats, ocupación urbana, entre otros. La expansión de las ciudades ejerce una fuerte presión de cambio en el territorio rural, especialmente en los que este crecimiento se produce sobre los suelos con aptitud agropecuaria o de conservación.

Por tanto, se vuelve fundamental orientar y planificar el crecimiento de las ciudades, reconociendo las potenciales áreas rurales que podrán ser usadas para la expansión urbana.

Considerando que la Constitución del Ecuador en su Artículo 264, determina como una competencia exclusiva de los gobiernos autónomos descentralizados cantonales *“Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural”*, se vuelve fundamental dotar de métodos de ayuda a la planificación cantonal que desde el ámbito académico y de la investigación y en apego a nuestra realidad local puedan aportar con criterios técnicos en los procesos de planificación y toma de decisiones, dotando así de soluciones y estándares que agilitan los procesos durante la elaboración de los Planes de Ordenación Territorial Cantonal, el presente trabajo de investigación plantea una propuesta metodológica que permita a partir de la utilización de sistemas de información geográfica y análisis espaciales la determinación del suelo con aptitud para receptor el uso urbano.

PALABRAS CLAVE: expansión urbana, aptitud del suelo, uso urbano



ABSTRACT

Soil a non renewable resource, is used for many purposes such as agriculture, mining, forestry, habitat conservation, urban employment, among others. The expansion of cities exerted strong pressure for change in the rural area, especially where this growth occurs on soils suitable for agriculture or conservation.

Therefore, it becomes essential to direct and plan the growth of cities, recognizing the potential rural areas that may be used for urban expansion.

Whereas the Constitution of Ecuador in Article 264, determined as a matter for the cantonal autonomous governments "Planning the cantonal development and formulate the relevant land use plans, in coordination with national, regional, provincial and parish planning, in order to regulate the use and occupation of urban and rural land, "becomes fundamental methods provide assistance to the cantonal planning that from the academic and research and attachment to our local reality can provide technical criteria in the planning and decision making, and providing solutions and standards processes for the production of the Cantonal Territorial Management Plans, this research proposes a methodology that allows from the use of systems geographic information and determination of soil suitability for urban use receptor spatial analysis.

KEY WORDS: urban expansion , soil suitability , urban use



INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
1.1. LA EXPANSIÓN URBANA.....	9
1.1.1. CONSECUENCIAS DE LA EXPANSION URBANA.....	12
1.1.2. MODELO DE CRECIMIENTO URBANO DISPERSO.....	14
1.2. LA EXPANSIÓN URBANA EN AMÉRICA LATINA.....	19
1.2.1. TENDENCIAS DE CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES EN AMÉRICA LATINA.....	23
1.2.2. PATRÓN DE CRECIMIENTO URBANO EN AMÉRICA LATINA.....	24
1.2.3. TENDENCIA A LA DISPERSIÓN Y A LA PERIURBANIZACIÓN.....	26
1.2.4. IMPACTOS SOCIALES Y AMBIENTALES DE LA URBANIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA.....	28
1.3. PROCESO DE URBANIZACIÓN EN EL ECUADOR.....	29
1.3.1. CRECIMIENTO URBANO DE QUITO.....	34
1.3.2. CRECIMIENTO URBANO DE GUAYAQUIL.....	38
1.3.3. CRECIMIENTO URBANO DE CUENCA.....	40
1.4. LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.....	44
1.4.1. MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.....	46
1.4.2. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DEL TERRITORIO RURAL RESPECTO A LA IMPLANTACIÓN DE NUEVOS USOS.....	48
1.4.3. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE TIERRAS.....	50
1.4.3.1. APROXIMACIONES CUALITATIVAS.....	50
1.4.3.2. SISTEMAS EXPERTOS.....	51
1.4.3.3. MÉTODOS PARAMÉTRICOS.....	51
1.4.3.4. MODELOS ESTADÍSTICOS.....	51
1.4.3.5. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO.....	52
1.4.3.6. TÉCNICAS BASADAS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	52
1.4.4. CONCLUSIONES DE LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO Y DE LAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DEL USO DEL SUELO, RESPECTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS USOS.....	57



1.5.	IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA EN EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.....	58
1.6.	OBJETIVOS DE LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA.....	60
1.7.	CONCLUSIONES GENERALES.....	62

CAPITULO II: CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.....67

2.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.....	68
2.1.1.	FASE DE PREPARACIÓN.....	72
2.1.1.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	72
2.1.1.2.	DETERMINACIÓN DE CRITERIOS.....	73
2.1.1.2.1.	ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DEL SUELO PARA EL USO URBANO.....	74
2.1.1.2.2.	NORMALIZACIÓN O ESTANDARIZACIÓN DE FACTORES.....	80
2.1.1.2.3.	PONDERACIÓN DE FACTORES.....	82
2.1.2.	FASE DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	89
2.1.3.	FASE DE SELECCIÓN.....	91
2.2.	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE INFORMACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA.....	91
2.3.	PROPUESTA DE CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA ELABORACION DEL MODELO TERRITORIAL OBJETIVO CANTONAL, CON RELACION A LA DETERMINACION DE SUELO DE EXPANSION URBANA COMO CATEGORIA DE ORDENACION TERRITORIAL.	93

CAPITULO III: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.....98

3.1.	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE APLICACIÓN.....	98
3.2.	UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO DEL CANTÓN CUENCA.....	99
3.3.	VERIFICACIÓN DE APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.....	107
3.3.1.	CALCULO DE LA APTITUD DEL SUELO PARA RECEPTAR EL USO URBANO EN EL CANTÓN CUENCA.....	108
3.3.2.	DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.....	142
3.4.	CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN.....	142



CAPITULO IV: FORMULACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.....147

4.1.	ANTECEDENTES.....	147
4.2.	DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA GUÍA METODOLÓGICA.....	147
4.3.	CALCULO DE LA APTITUD DEL SUELO PARA RECEPTAR EL USO URBANO.....	147

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....155

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		155
5.1.	CONCLUSIONES	155
5.2.	RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFÍA.....		163
ANEXO 1.....		171
GRÁFICOS DE LAS VARIABLES ESTANDARIZADAS DE DISTANCIAS EUCLIDEAS.....		171
GRÁFICOS DE LAS VARIABLES ESTANDARIZADAS DE FACTORES NUMÉRICOS.....		178
GRÁFICOS DE LAS VARIABLES ESTANDARIZADAS DE FACTORES CUALITATIVOS.....		179



María Elizabeth Santacruz Arias, autora de la tesis "Metodología para la determinación de suelo de expansión urbana como Categoría de Ordenación Territorial", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Ordenamiento Territorial. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 12 de octubre de 2015.

María Elizabeth Santacruz Arias
C.I: 1400673610



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

María Elizabeth Santacruz Arias, autora de la tesis "Metodología para la determinación de suelo de expansión urbana como Categoría de Ordenación Territorial", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 12 de octubre de 2015.

María Elizabeth Santacruz Arias
C.I: 1400673610



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIA

José Francisco, Amelia y Jorge;
el esfuerzo constante es muestra
del infinito amor que les tengo,
gracias por su apoyo incondicional.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

AGRADECIMIENTOS

Arq. Ximena Salazar
Arq. Fernando Pauta
Arq. Oswaldo Cordero
Arq. Carlos Jaramillo
Arq. Lorena Vivanco
Econ. Mónica Mendieta
Arq. Natalia Pacurucu
Arq. Jorge Macancela
Arq. Santiago Molina
Arq. Pablo Siguenza
Arq. Evelin Brito
Arq. Ifigenia Dután
Sra. Andrea Arias
Srta. María Paz Cumbe
Sr. Kléver Méndez



INTRODUCCIÓN

El suelo un recurso natural no renovable, es utilizado con muchos fines como la agricultura, ganadería, minería, producción forestal, conservación de hábitats, ocupación urbana, entre otros. La expansión de las ciudades ejerce una fuerte presión de cambio en el territorio rural, especialmente en aquellos casos en los que el crecimiento se produce sobre los suelos con aptitud agropecuaria o de conservación. Las causas para la expansión de las urbes podrían ser entre otras el crecimiento demográfico, la especulación del costo del suelo, las preferencias de la población, el dinamismo de la economía interna, la inexistencia de políticas espaciales para el desarrollo y protección de las zonas agrícolas; de esta manera el perímetro de las ciudades aumenta debido a la demanda de espacio para usos como la vivienda, industria y cierto tipo de servicios, asimismo la demanda de suelo rural se orienta hacia usos agrícolas, mineros, parques, reservas naturales, turismo, etc. Por tanto se vuelve fundamental orientar y planificar el crecimiento de las ciudades, reconociendo las potenciales áreas rurales que podrán ser usadas para la expansión de urbana y las que presentan limitaciones por razones de protección, seguridad o aptitud agropecuaria y minera; es importante que estas zonas incluyan una reserva suficiente como para asegurar la operación de un mercado amplio de la tierra.

Gómez Orea establece como uno de los objetivos de la Ordenación Territorial la organización coherente, entre sí y con el medio de las actividades en el espacio, de acuerdo con un criterio de eficiencia; asimismo define la capacidad acogida del territorio como el grado de idoneidad o cabida que presenta el territorio para una actividad teniendo en cuenta a la vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio; en este sentido, los usos urbanos evaluados obtendrán su localización óptima cuando estos sean asignados en un lugar que los pueda recibir sin que se degraden las características ambientales del territorio, de tal manera que su integración en el medio y en el paisaje cuente con la mayor aptitud y el menor impacto posibles, por lo que determina que aquellas áreas del territorio cuyos recursos son insuficientes para justificar un desarrollo endógeno, conforman las zonas más aptas para soportar aquellas actividades que consumen de forma irreversible el territorio este el caso de los usos urbanos, así como los industriales y las infraestructuras.

En este sentido el planteamiento de los procesos de reclasificación del suelo en muchas ocasiones se llevan a cabo sin la menor consideración de las características físicas y espaciales de los lugares que van a



albergar las nuevas propuestas de usos. Además considerando que la Constitución del Ecuador en su artículo 264, determina como una competencia exclusiva de los gobiernos autónomos descentralizados cantonales “Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural”, se vuelve fundamental dotar de métodos de ayuda a la planificación cantonal que desde el ámbito académico y de la investigación y en apego a nuestra realidad local puedan aportar con criterios técnicos en los procesos de planificación y toma de decisiones, dotando así de soluciones y estándares que agilitan los procesos durante la elaboración de los Planes de Ordenación Territorial Cantonal.

La propuesta metodológica que plantea el presente tema de investigación pretende medir la capacidad del territorio para acoger usos urbanos y determinar las zonas hacia donde deberán crecer las ciudades, con criterios de eficiencia, preservación de las fronteras agrícolas y ambientales, seguridad alimenticia y sostenibilidad ambiental.

Se ha desarrollado una evaluación de la condición actual de los recursos (capacidad: estimación de los diferentes elementos del medio físico y los distintos usos del suelo), y una identificación de la situación deseable para la clasificación de usos potenciales los cuales deben ser sometidos a un juicio de valor, este proceso se fundamentará en información territorial y urbanística, organizada y de preferencia actualizada.

El optar por enfocar el modelo de evaluación de la capacidad del territorio para acoger los usos urbanos y determinar las zonas de expansión conduce a medir comparativamente la capacidad de los elementos del medio y distintos factores, considerados en cada punto del territorio como una relación entre su aptitud y vulnerabilidad con relación a unos usos concretos, de esta manera se deberá considerar: a) la aptitud que se refiere al grado de adaptación del medio a los requerimientos del objeto para el que es evaluado, b) el impacto que son los efectos considerados como negativos producidos por una determinada actuación sobre los elementos del medio o sobre los distintos factores considerados, en este punto es importante mencionar que consideración del impacto negativo de las actividades sobre el medio, confronta los conceptos de fragilidad, singularidad, rareza, etc., a las consideraciones de tipo técnico; y c) la restricción que es la delimitación de entre las alternativas reales las alternativas incompatibles por motivos naturales o normativos.

En este contexto, el presente tema de investigación se inscribe en la línea de investigación: “Modelos y alternativas metodológicas para la formulación de planes de ordenación territorial en el Ecuador, con aplicaciones a territorios concretos”, de la Maestría en Ordenación Territorial, cuyo objetivo central es:

Diseñar y validar una metodología que pueda aportar técnicamente los criterios necesarios para la determinación de suelo de expansión urbana, entendida esta como una categoría de ordenación territorial.



Los objetivos específicos son:

- Definir el estado de arte en relación a los métodos de planificación del uso del suelo, técnicas, procedimientos para evaluar la capacidad del territorio rural respecto a la implantación de nuevos usos, indicadores espaciales de sostenibilidad y estudio de dinámicas de usos del suelo, con la finalidad de establecer el sustento teórico conceptual para el diseño de la metodología.
- Construir una propuesta metodológica que identifique aquellas variables que determinan la aptitud del suelo para receptor el uso urbano.
- Validar la pertinencia de la metodología planteada, mediante la determinación del suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial en un territorio cantonal; y,
- Disponer de un elemento guía para la determinación del suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial.

El **Capítulo I**, aborda a partir de una revisión bibliográfica, los elementos orientadores para la construcción de la metodología que dan rigurosidad al proceso y a la investigación, en este contexto se aborda el tema de la expansión urbana de manera general, tratando de encontrar las causas que la originan y las consecuencias y repercusiones en el medio ambiente. Se estudian modelos de crecimiento urbano con énfasis en aquel propio de la ciudad difusa, cuyo aporte ha sido entender el comportamiento de las ciudades en su proceso de expansión, diferenciando cuatro etapas cruciales por las que atraviesan las ciudades en el proceso de expansión.

Abordar temas como la expansión de las ciudades en el contexto de Latinoamérica, permitirá obtener un conocimiento global del estado actual de las ciudades, sus tendencias de crecimiento y los impactos ambientales y sociales de este fenómeno. En este caso también se ha estudiado sobre el proceso de urbanización del Ecuador, para contextualizar la problemática de la expansión urbana, se presentan dos periodos que engloban el proceso de urbanización en el Ecuador, determinándose que el más influyente se dio a partir de 1950, a partir de esta fecha se realiza un análisis por décadas, mismo que ha permitido ubicar las etapas más trascendentales de cambio en el proceso de urbanización en nuestro país.

Se ha abordado la planificación del uso del suelo y en este tema los métodos de planificación del uso del suelo, con énfasis en aquellos que puedan aportar conceptos teórico conceptuales rigurosos a la hora de escoger la manera de evaluar la aptitud del suelo para una determinada actividad, la determinación de la capacidad de acogida del suelo, se ha validado como una herramienta óptima para este fin, por lo que a partir de esta se han estudiado métodos para su determinación, mismos que se sustentan en operaciones



estadísticas y análisis espaciales, donde los Sistemas de Información Geográfica se consolidan como una importante herramienta que ayuda en el proceso.

Finalmente en el Capítulo I, se hace un esfuerzo por establecer la importancia en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano y la necesidad de este proceso en la planificación y ordenamiento del territorio rural y urbano, finalizando con una propuesta de objetivos que debería perseguir este análisis. El Marco Teórico Conceptual que se aborda en el primer Capítulo ha servido como referencia para la toma de decisiones respecto a los procesos estadísticos y análisis espaciales que se podrían utilizar a la hora de evaluar la aptitud del suelo para receptor una actividad, mismos que han servido como un sustento para el planteamiento de la propuesta metodológica.

En el desarrollo del **Capítulo II**, se ha construido una propuesta metodológica para determinar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano y consiguiente determinar las áreas de posible expansión urbana, en este contexto se han identificado aquellas variables que partiendo desde el planteamiento del Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal y desde el Plan de Ordenación Urbanística, pueden influir en este análisis, estableciendo limitantes y factores, en función de las determinaciones de orden superior, establecidas en la Constitución 2008, mismas que han servido de base para establecer los objetivos generales de la propuesta metodológica que se desarrolla en este Capítulo I, los cuales deben ser considerados para la determinación de suelo de expansión urbana en el proceso de ordenamiento territorial cantonal.

Se ha escogido a la técnica de análisis multicriterio conocida como la Sumatoria Lineal ponderada como método a aplicarse, ya que permite involucrar las preferencias del planificador en la toma de decisiones. En este proceso, la obtención del nivel de adecuación de las alternativas se obtiene multiplicando los pesos por las variables ya estandarizadas, para luego sumar cada variable; los pesos que intervienen en el análisis se establecen en función de la importancia e influencia de cada una de las variables en la determinación de suelo de expansión urbana.

Como un aporte para mejorar la disponibilidad y acceso a la información necesaria para la aplicación de esta propuesta metodológica, se ha realizado un inventario de la cartografía con la que se cuenta en el Ecuador y que forma parte de la base de datos del Sistema Nacional de Información (SNI).

Con la finalidad de validar la pertinencia de método planteado, en el **Capítulo III**, se realiza la determinación del suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, para lo cual se determinó al cantón Cuenca, como la zona de aplicación.

Fue fundamental la utilización de los Sistemas de Información Geográfica para la validación de la metodología, como primer paso se identificaron las variables y la información cartográfica disponible; con la rigurosidad que el caso amerita, se aplicó la propuesta metodológica validando para el efecto cada uno



de los procesos planteados, es decir la estandarización de los factores, la asignación de pesos y la evaluación de las alternativas, de esta manera se logró obtener aquellas zonas con aptitud para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca.

En el **Capítulo IV**, con un gran esfuerzo por evidenciar todos los análisis seguidos en el Sistema de Información Geográfica (ARCGIS), se ha construido una Guía Metodología que permite aplicar paso a paso y con mucha rigurosidad la metodología planteada.

Finalmente en el **Capítulo V**, se exponen las conclusiones y recomendaciones del estudio.

The background features a light blue map of a city with a grid of streets. Overlaid on the map are several decorative elements: a pattern of blue and white squares in the top-left and bottom-right corners, and a pattern of blue and white circles in the bottom-left corner.

CAPÍTULO I

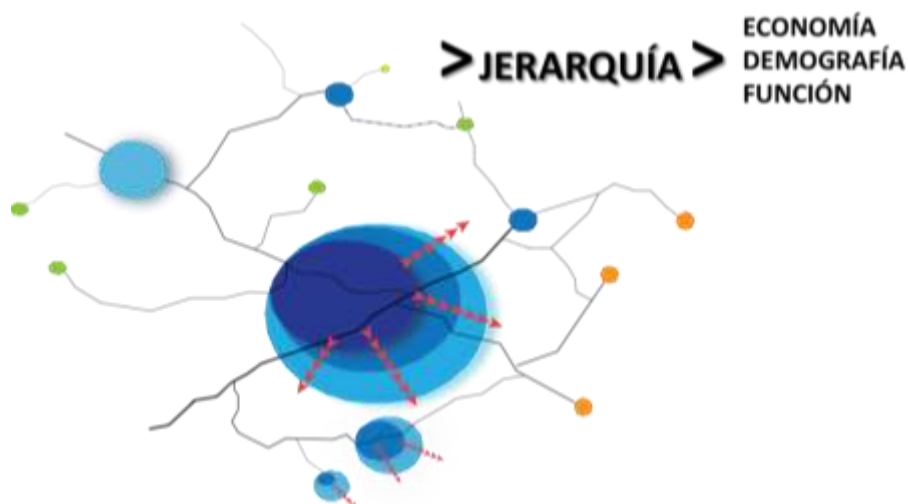
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. LA EXPANSIÓN URBANA.

Los asentamientos de población, son entidades territoriales que se caracterizan por su densidad poblacional y en la que predominan fundamentalmente el comercio, los servicios y el ciertos casos la industria, están insertos en un territorio que guarda determinadas características ambientales y en donde existen otros de mayor o menor tamaño entre los cuales se ha tejido una estrecha interdependencia social, económica y funcional estableciendo una jerarquía en función de la economía, demografía y funcionalidad; generalmente el más grande, con mayor base económica y demográfica, en un territorio, se encuentra en el primer nivel de la jerarquía. Los asentamientos de población van formando “redes” funcionales, sociales y económicas con otras localidades que están en el mismo territorio o región. En muchas ocasiones llegan a expandirse hasta el punto de conurbarse, formando un solo sistema que puede estar jerarquizado o las distintas unidades que lo componen pueden mantener su independencia funcional y dinámica. (Bazant, 2010). (Ver Gráfico No. 1.1).

Grafico No. 1.1: Red de ciudades en el territorio



Fuente y elaboración: Propia, 2015.

Se entiende por crecimiento urbano, al incremento demográfico, económico, y físico de la ciudad, es decir al aumento de la superficie urbanizada como respuesta a la demanda de suelo para la localización de viviendas y otras actividades relacionadas con esta finalidad. También es el resultado de cambios en el estilo de vida y en las pautas de consumo; una mayor demanda de vivienda, comida, transporte, turismo, etc., supone la necesidad de suelo para atender los requerimientos de la población en relación a equipamientos, infraestructuras, servicios básicos, transporte, etc. Por otro lado, se debe considerar también que el suelo cercano a las ciudades es relativamente barato y esto fomenta la expansión como solución para hacer frente a los factores de presión antes mencionados.

La expansión urbana, entre otros factores viene acompañado de la dispersión, proceso que se invierte y retroalimenta de los flujos migratorios de la población: campo a la ciudad, ciudad al campo; las periferias urbanas cambian todo el tiempo, de modo que la antigua periferia pasa gradualmente a consolidarse como parte del casco urbano de la ciudad en tanto que una nueva periferia va configurándose en el territorio cada vez más distante del centro de la ciudad. (Ver Gráfico No. 1.2).

Gráfico No.1.2: Proceso de expansión de las ciudades.



Elaboración: Propia

Si bien en todos los casos el centro de la ciudad, tiene efectos decisivos sobre sus áreas periurbanas, pueden existir fuerzas de interacción más importantes con el contexto regional, motivadas entre otras causas, por la pertenencia a cuencas de empleo de otros centros, o por el



desarrollo de actividades y servicios especializados demandados por la producción primaria y secundaria, etc.

Castells, describe las áreas periurbanas como ámbitos donde “se diluyen las distinciones tradicionales entre campo y ciudad, y la ciudad y la periferia”, “...Incluyen en discontinuidad espacial, zonas construidas de diversa densidad, espacios abiertos, actividades agrícolas, reservas naturales, extensiones residenciales, y concentraciones de servicios y actividades industriales, repartidas a lo largo de ejes de transporte constituidos por autopistas y sistemas de transporte público.”.

Esta nueva tendencia de urbanización, de naturaleza difusa hace referencia a la ausencia de límites físicos y socioeconómicos. En ella, los efectos combinados de expansión y dispersión dan lugar a áreas intermedias donde se mantienen rasgos del espacio rural pero donde se asienta población que no depende económica ni socialmente del campo.

En cuanto a la configuración de estas nuevas formas de expansión urbana, vinculadas en gran medida al fenómeno metropolitano, las áreas periurbanas se conforman en base a modelos espaciales de desarrollo discontinuo, (en torno a la ciudad); radial (a lo largo de vías de comunicación); y a saltos (con asentamientos urbano en suelos exclusivamente rural) donde coparticipan espacios naturales, rurales y urbanos. (Bazant, 2010).

También se caracteriza fundamentalmente por el predominio de bajas densidades poblacionales y residenciales, o de usos de diverso tipo (industriales, universidades, centros comerciales) vinculados a redes viales, y por la presencia de espacios libres de uso o de edificaciones (Monclus 1988). O a su vez conviven estos mismos componentes con asentamientos poblacionales de extrema pobreza, caseríos en torno a algún establecimiento industrial, viviendas unifamiliares. De esta manera, la frontera que divide el campo de la ciudad se convierte en una línea imaginaria dinámica y cambiante, que solo existe en teoría en la planeación urbana, las periferias urbanas es un fenómeno social y espacial que se repite de manera continua e interminable sobre el contorno de cualquier ciudad, independientemente de su aptitud para el desarrollo urbano o del deterioro ambiental que pueda ocasionar (Trillas, 2009), el proceso de conversión del suelo rural a urbano tiene una gran dinámica, que hace que cualquier zona de la periferia este constantemente cambiando, expandiéndose y densificándose.

Las ciudades generalmente concentran actividades productivas que hacen un aporte importante al crecimiento económico. Sin embargo, el proceso de crecimiento urbano acarrea a menudo un deterioro de las condiciones ambientales circundantes.



1.1.1. CONSECUENCIAS DE LA EXPANSION URBANA.

Como ya se ha mencionado, el proceso de expansión urbana trae consigo crecientes demandas de suelo, equipamientos, infraestructuras, servicios, sistemas de transporte, adecuadas condiciones de movilidad, así como también conlleva a la pérdida de la funcionalidad de la ciudad, ya que este crecimiento en algunos casos “discontinuo”, provoca una fuerte presión sobre el territorio rural que puede tener aptitud agrícola, forestal o de conservación, generándose zonas intersticiales, donde aumenta el costo en la dotación de infraestructuras, bienes y servicios requeridos por la población y por consiguiente se dificulta su implementación, aumenta los costos y tiempos de transporte de la población y por consiguiente, el tráfico y los accidentes de tránsito.

Este crecimiento, sin una planificación previa, provoca el fraccionamiento del suelo rural, segregación socio espacial de la población, dispersión, especulación con la renta del suelo, apareamiento de asentamientos de población en zonas de riesgos o en suelos con fuertes pendientes, asentamientos informales, etc.

Como lugar de crecimiento demográfico, actividad comercial e industrial, las ciudades concentran el uso de energía y recursos y la generación de desperdicios al punto en que los sistemas de infraestructura y los sistemas naturales se sobrecargan y las capacidades para manejarlos se ven agotadas. La expansión urbana no considera la sostenibilidad ambiental así como tampoco el suelo como un recurso natural no renovable. Problemáticas que se evidencian cada vez con mayor frecuencia en las ciudades en general, y nuestro país no es la excepción. (Ver Gráfico No. 1.2.)

Grafico No. 1.3: Problemática de las ciudades.



Fuente y elaboración: Propia, 2015



Las zonas urbanas no sólo tienen un impacto ambiental local, sino que también provocan enormes consecuencias de las llamadas «huellas ecológicas¹» (WWF 2000); y, ejercen una gran variedad de efectos en sus alrededores como:

- **Conversión del suelo rural** (tierra con potencial agrícola, pecuario o forestal predominantemente) para usos e infraestructura urbanas; en este contexto, las ciudades a menudo se encuentran ubicadas en suelos rurales de elevada calidad. Si esta tierra se destina a usos urbanos, se agrega más presión a las zonas circunvecinas, que pueden ser menos adecuadas para actividades agropecuarias o forestación.
- **Utilización del suelo con valor ecológico y ambiental** (humedales, paramos, bosques protegidos),
- **Explotación de canteras y excavaciones** para la obtención de arena, grava y materiales de construcción en grandes cantidades;
- **Utilización de combustibles** ocasiona contaminación atmosférica y tiene un impacto en la salud de sus residentes, así como en la vegetación y suelos de lugares ubicados a una distancia considerable. El transporte urbano, la gran concentración de automóviles y fábricas en las ciudades, contribuye también a la contaminación atmosférica y ocasiona la mayor parte de emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo.
- **Contaminación de vías fluviales, lagos y aguas costeras** por efluentes no tratados. La urbanización en zonas costeras con frecuencia ocasiona la destrucción de ecosistemas importantes y también puede alterar la hidrología de las costas y sus características naturales tales como manglares, arrecifes y playas que sirven como barreras contra la erosión y conforman importantes hábitat para algunas especies.
- **Disminución de la cantidad y calidad del agua**, debido a la mayor cantidad de suelo para la construcción de las áreas en expansión, las tierras de cultivo y hábitats de vida silvestre son desplazados, la cubierta forestal se borra y es reemplazada por las nuevas urbanizaciones, la lluvia es absorbida en forma menos eficaz por el suelo y los acuíferos subterráneos. Esto amenaza tanto la calidad como la cantidad de los suministros de agua potable. La dispersión aumenta el agua de lluvia que se mezcla con la gasolina y el escurrimiento de aceite de aparcamientos y carreteras.
- Otros efectos ambientales menos cuantificables aunque igualmente importantes, son la pérdida de áreas verdes en las zonas urbanas, la destrucción de ecosistemas locales

¹ Una huella ecológica es el área de tierra productiva y ecosistemas acuáticos requeridos para producir los recursos utilizados y para asimilar los desechos producidos por una población definida con un nivel de vida esencial especificado, dondequiera que se encuentre. (Global Vision 2001 y Rees 1996).



característicos, la contaminación acústica, así como otros elementos desagradables para la vista y el olfato.

Indudablemente el proceso de expansión y por consiguiente la urbanización del suelo rural seguirá siendo una necesidad de la ciudad, reflejada en las actividades (comercio, procesos productivos, servicios), así como en los requerimientos de servicios básicos, infraestructuras y equipamientos que su población demanda. En este contexto la urbanización seguirá representando un papel importante en la economía, medio ambiente y vida de las personas. El reto es aprender cómo vivir con ella, al tiempo que se aprovechan sus ventajas y se tienen bajo control sus efectos no deseados y negativos. (UNEP, 2000)

Los asentamientos bien planeados y densamente poblados pueden reducir la necesidad de cambio en el uso del suelo, el éxito en la ordenación de las áreas urbanas implica el aumento de la eficiencia de los recursos, la reducción en la generación de desechos, el mejoramiento de la infraestructura urbana para suministro de agua, la gestión y conservación de los recursos hídricos en zonas urbanas mediante un mejor tratamiento de aguas residuales y una legislación acorde que establezca esquemas de reciclado, desarrollo de sistemas más efectivos para la recolección de desechos, una reglamentación estricta para el tratamiento de desechos peligrosos, aplicación de tecnología energética, tanto en el ámbito industrial como en el doméstico, restauración y reutilización de áreas explotadas y espacios degradados, etc.

Si las ciudades están bajo una administración adecuada, con la suficiente atención puesta en el desarrollo social y el medio ambiente, se pueden evitar los problemas generados como consecuencia de una urbanización rápida, particularmente en las regiones en vías de desarrollo.

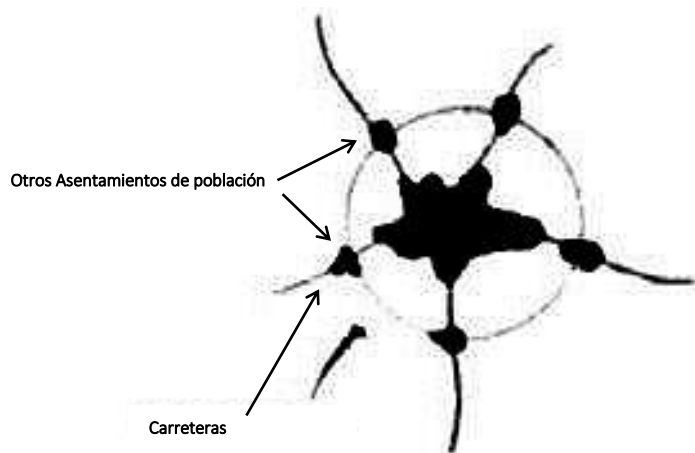
1.1.2. MODELO DE CRECIMIENTO URBANO DISPERSO.

Como se ha visto anteriormente, el crecimiento urbano tiene consecuencias directas sobre la preservación del ambiente natural, una de las razones de estos efectos negativos es la compleja dinámica en los procesos de crecimiento de las ciudades (USGS. Science for a changing world 2005), entre ellos, se destaca la dinámica destructora que trae el uso y la ocupación del suelo.

La expansión urbana presenta ritmos de crecimiento, en el que sobresalen cuatro fases que explican este proceso, a continuación se procede a detallar cada una de estas (Aguilar, citado por Maldonado, 2003):

- a) **Ciudad pequeña.**- Núcleo urbano menor de 100.000 habitantes, con bajo nivel de crecimiento demográfico y cuya expansión urbana acontece en forma relativamente concéntrica alrededor de su centro. El centro de la ciudad es dominante de las actividades de la ciudad, sean estas político-administrativas, comerciales, culturales, recreativas, entre otras (Ver Gráfico No. 1.4). Hay poblados a lo largo de las carreteras que la comunican con otras ciudades de la región.

Gráfico No. 1.4: Mancha urbana de ciudad pequeña

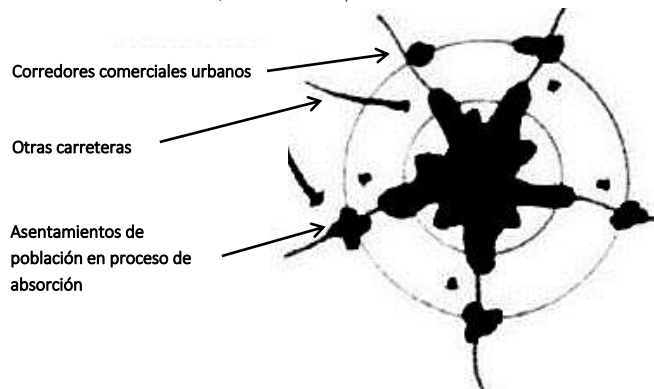


Fuente: Maldonado, 2003

Elaboración: Propia, 2015

- b) **Inicio de ciudad media.**- Se encuentran en el rango de los 100.000 a 500.000 habitantes, con intensificación de su crecimiento demográfico; en parte producido por migración de población y por las actividades económicas que en esta se desarrollan. La expansión de la ciudad acontece a lo largo de las carreteras, formándose lo que serán los corredores comerciales urbanos y las avenidas principales de la ciudad. Los poblados que estaban en la proximidad, empiezan a ser absorbidos por la mancha urbana. (Ver Gráfico No. 1.5.)

Gráfico No. 1.5: Ciudad media, absorción de poblados circundantes e inicio de corredores urbanos



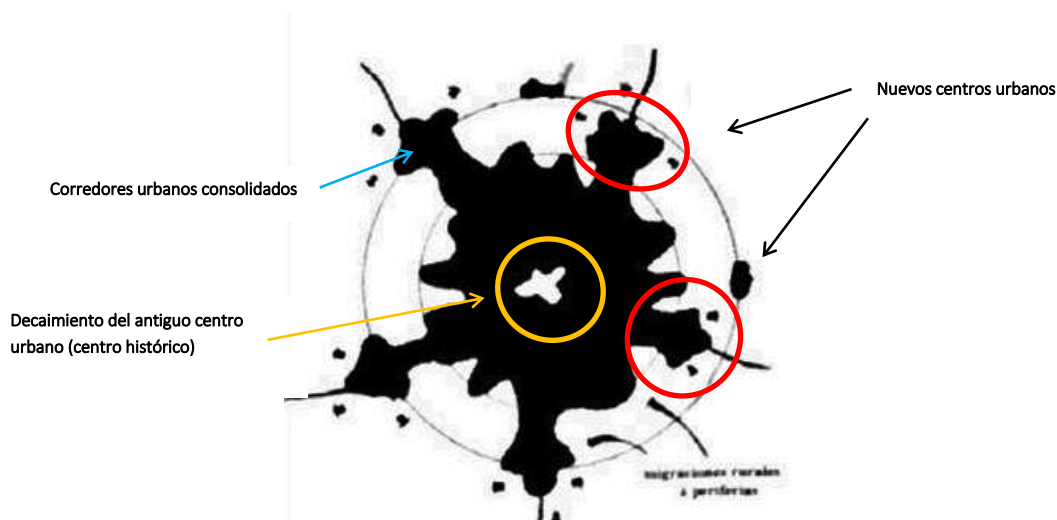
Fuente: Maldonado, 2003

Elaboración: Propia, 2015

- c) **Ciudades medias que inician un proceso de metropolización.-** Son aquellas en las que su población crece aproximadamente de 500.000 hasta el 1'000.000 de habitantes. Continúa la presión demográfica derivada tanto del crecimiento natural de habitantes como inmigrantes de otras zonas. La expansión urbana se caracteriza por la dispersión con elevada ocupación del territorio y por lo tanto empiezan el proceso de conurbación con otras localidades urbanas menores que se ubican en otros municipios. Los corredores urbanos a lo largo de las carreteras se van consolidando y se convierten en avenidas primarias.

Las actividades comerciales y de servicios empiezan a concentrarse en las periferias, formando nuevos centros urbanos en los poblados existentes o con la creación de nuevos centros comerciales o conjuntos de vivienda que favorecen la continua expansión hacia las periferias. Inicia un proceso de decaimiento del centro histórico de la ciudad, tanto porque se ha venido congestionando por lo consiguiente su accesibilidad es dificultosa; como porque con frecuencia sus edificaciones son monumentos históricos que son costosos de restaurar y reactivar económicamente (Ver Cuadro No. 1.6.)

Grafico No. 1.6: Metropolización de la mancha urbana e inicio del proceso de dispersión



Fuente: Maldonado, 2003

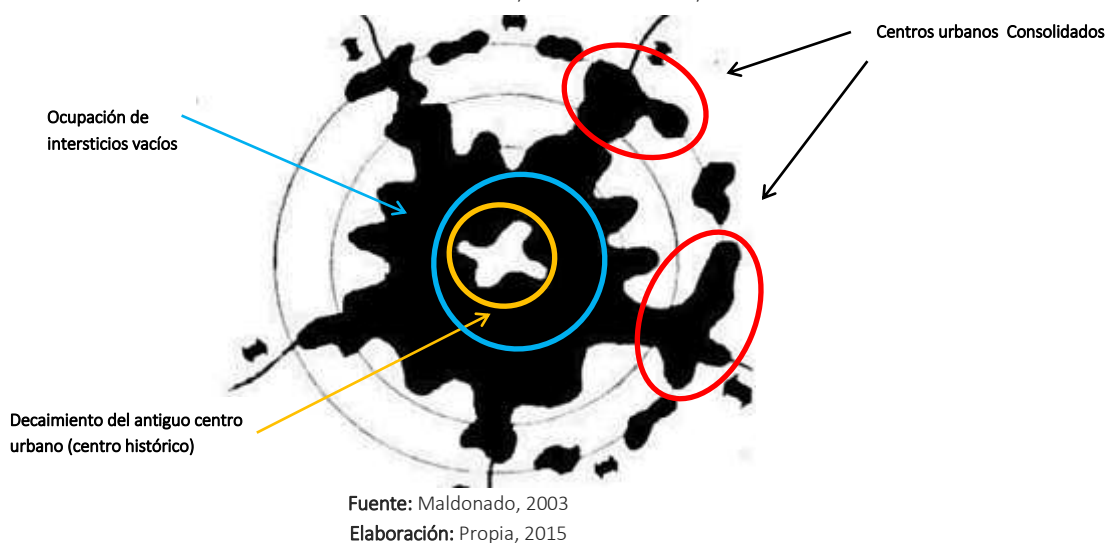
Elaboración: Propia, 2015

- d) **Ciudades medias con alto nivel de dispersión.-** Estas ciudades tienen poblaciones mayores de un millón de habitantes y en las que las periferias empiezan a consolidarse como resultado de las inversiones en centros comerciales y de servicios. Empiezan a

ocuparse los intersticios baldíos que había en el anillo intermedio de la ciudad lo que induce a una gradual densificación de la ciudad. Las ciudades empiezan a volverse disfuncionales porque la insuficiencia de la vialidad urbana, hace que los recorridos en su interior se vuelvan intrincados y extensos, lo cual va generando congestionamientos, particularmente entorno al centro de la ciudad.

De aquí que el centro histórico entre en decadencia económica y social, pues los comercios y oficinas continúan desplazándose hacia los anillos intermedios o periferias que tienen mejor accesibilidad. La ciudad empieza a perder su funcionalidad, pues el centro va perdiendo su jerarquía como articulador de actividades, y empiezan a consolidarse sub-centros urbanos entorno a antiguos poblados asimilados. Esto posibilita que los promotores inmobiliarios realicen proyectos de vivienda alejados de la ciudad, lo que viene a añadir un grado más de complejidad a la vida de sus habitantes (Ver Gráfico No. 1.7.)

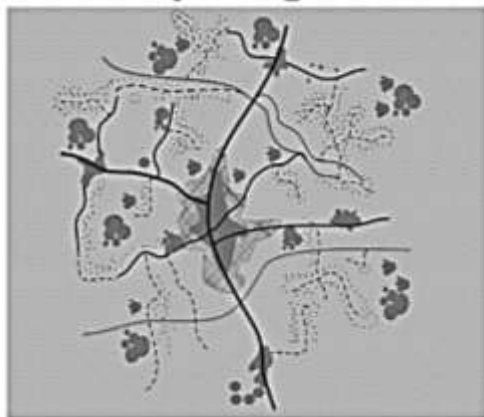
Gráfico No. 1.7: Fortalecimiento de subcentros urbanos y decaimiento social y económico del centro histórico



De esta manera se puede acotar que la expansión de las ciudades obedece a un proceso a lo largo del tiempo que generalmente se origina por una gradual densificación de la población, diversificación e intensificación de actividades y procesos productivos; y, cambios en el uso del suelo.

A continuación se ha ilustrado el proceso de crecimiento urbano de una ciudad que ha pasado por las cuatro etapas antes mencionadas.

Gráfico No. 1.8: Proceso de crecimiento urbano de una ciudad

La ciudad y su región**Expansión de la mancha urbana**

Fuente y elaboración: Maldonado, 2003

La dinámica espacial de la ocupación y evolución de los patrones de usos de suelo en las áreas urbanas y suburbanas, está estrechamente relacionada con los factores físico - naturales y socioeconómicos. En todo contexto espacial coexiste un conjunto de factores sociales y económicos que explican los procesos de cambio en el uso de la tierra; la forma como se estructuran los diferentes usos en las áreas urbanas y suburbanas, obedece a las fuerzas de crecimiento poblacional de las ciudades en función de las demandas generadas.

Los patrones de cambio de uso de la tierra, están referidos a la forma como se ocupa el territorio. En términos generales, existen dos grandes formas de utilizarla, lo urbano y lo rural.

Mientras el uso rural, agrupa todas aquellas tierras donde se realizan actividades económicas como la agrícola, pecuaria, avícola, minera, pesquera, además incluye, actividades recreativas no urbanas, caseríos, vegetación natural o artificial (mientras no se localice dentro de una poligonal urbana). Se reconocen tres patrones de cambio, y que regularmente se manifiestan en este orden: rural - rural, rural - urbano, urbano - urbano.

Por otra parte, las dinámicas de cambio de uso del suelo urbano son complejas y han causado cambios inesperados en la estructura y funcionalidad de la ciudad, ha disminuido el valor de los recursos naturales y en consecuencia ha afectado la sostenibilidad de las generaciones futuras. (Naciones Unidas, 1996)

El uso y cambio del suelo tiene una gran influencia sobre el desarrollo sostenible. El crecimiento de la ciudad viene acompañado por innumerables cambios morfológicos y funcionales del uso del suelo y por dinámicas complejas de ocupación y competitividad (Chirivi E, David García E. y Montoya V. 2010).

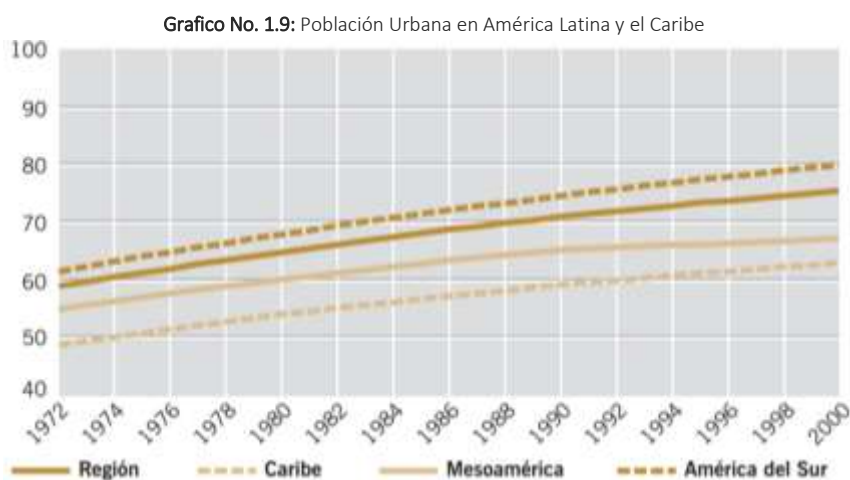


1.2. LA EXPANSIÓN URBANA EN AMÉRICA LATINA.

América Latina y el Caribe constituyen la región más urbanizada del mundo, aproximadamente el 80% de su población vive en ciudades. Entre los años 1972 y 2000 la población urbana creció de 176,4 millones a 390,8 millones, fenómeno fomentado por los mejores servicios y oportunidades de empleo en comparación con los de las zonas rurales.

Durante este periodo el porcentaje de la población que vive en las zonas urbanas aumentó de 58,9% a 75,3%, con participaciones que van del 79,8% de la población en América del Sur, al 67,3% en Centroamérica y al 63% por ciento en el Caribe. (División de Población de las Naciones Unidas, 2001).

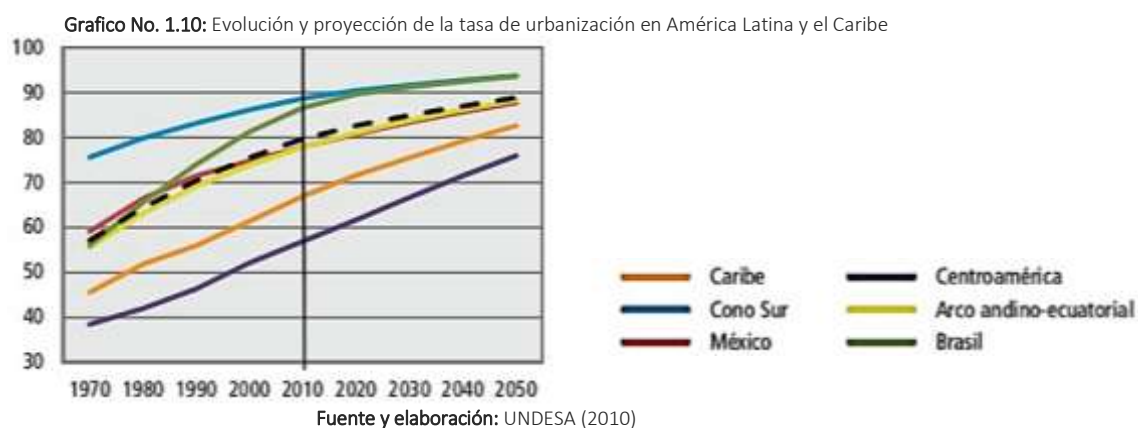
El Gráfico No. 1.9, muestra los altos niveles de urbanización en la región, especialmente en América del Sur.



Fuente y elaboración: División de Población de las Naciones Unidas, 2001

La urbanización en América Latina fue muy acelerada entre 1950 y 1990, ya que la región pasó de tener 40% de población residiendo en ciudades al inicio de este periodo a 70% cuarenta años después.

A partir de los años 90, la proporción de población urbana siguió aumentando, aunque de una manera progresiva, lenta. Las proyecciones indican que esa desaceleración continuará en el futuro y que la proporción de la población urbana se acercará al 90% hacia el 2050.



Como en otros aspectos, existen diferencias en la velocidad del proceso de urbanización entre subregiones y países, dos grandes áreas siguen muy de cerca el patrón general: México y el conjunto de países del Arco Andino – Ecuatorial (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). Según este análisis por áreas geográficas los habitantes del Cono Sur (Chile, Argentina Uruguay y Paraguay), son los más urbanizados, seguidos de cerca por la población de Brasil, país que desde los años 70, ha experimentado una urbanización particularmente rápida.

El Caribe y Centro América muestran tasas de urbanización inferiores al resto de la región pero igualmente en progresión constante. Cabe mencionar que la heterogeneidad descrita a escala subregional, se da también al interior de cada grupo. En Centroamérica, las tasas de urbanización oscilan entre el 50% de Guatemala y el 74% de Panamá.

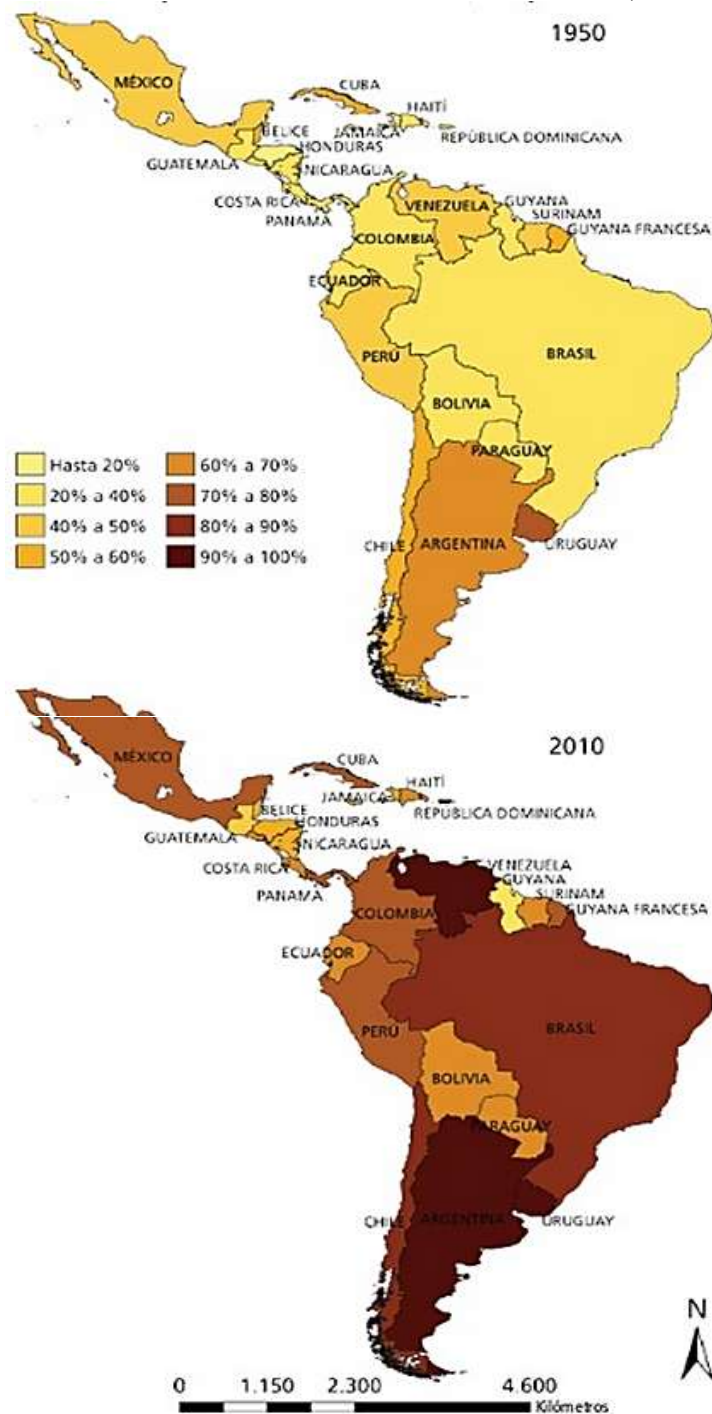
El Caribe es más peculiar puesto que reúne un conjunto de Estados y territorios de pequeña superficie, con definiciones variadas de población urbana y niveles de desarrollo socioeconómico muy dispares.

Existen también diferencias significativas en otras áreas, como por ejemplo Uruguay, Argentina y Venezuela ya contaban con una mayoría urbana en la década de los 50, mientras que Paraguay y Ecuador no la tuvieron hasta un cuarto de siglo después. (Ver Gráfico No. 1.11.)

Cabe mencionar que este análisis tomado de ONU HABITAT, 2012; es relativo, por la diversidad que existe en la definición de áreas rurales y urbanas. La calificación de una zona como urbana es una decisión de carácter meramente administrativo, que presenta variaciones considerables entre países. Dependiendo de los casos, la definición aplica criterios numéricos censales,

cualitativos o una combinación de ambos. En este contexto, un criterio que se ha considerado para este análisis es asentamientos urbanos a aquellos con más de 2.000 a 2.500 habitantes.

Grafico No. 1.11: Tasa de urbanización de 1950 a 2010 en América Latina y el Caribe



Fuente y elaboración: UNDESA (2010)

Finalmente si bien América Latina y el Caribe se presenta como la región más urbanizada del planeta, también es necesario mencionar que es una de las menos pobladas, la densidad demográfica media es de 29hab/Km², esto se debe fundamentalmente por la baja ocupación de

la zona Amazónica. En este contexto se debe acotar que Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, tienen poblaciones bastante conformes con las extensiones de su territorio, mientras que la densidad demográfica es significativamente baja en países como Chile, Argentina Uruguay y Paraguay y muy superior en Centro América y el Caribe (83 hab/Km² y 167 hab/Km² respectivamente). (UNDESA, 2010).

Los países que presentan mayor población son México y Argentina y los de mayor población urbana son Argentina (Buenos Aires), Chile (Santiago), Colombia (Bogotá), Brasil (Rio de Janeiro, Sao Paulo, Belo Horizonte), México (Ciudad de México); y, Perú (Lima). A continuación el Grafico No. 1.12, representa la población urbana como porcentaje de la población total del país en el año 2014.

Grafico No. 1.12: Población urbana como porcentaje de la población total en América Latina y el Caribe



Fuente y elaboración: ONU HABITAT

En la mayoría de los países de la región prevalece una profunda desigualdad y una porción considerable de la pobreza se concentra en las zonas urbanas. Por ejemplo, una tercera parte de la población de San Pablo y 40% de la población de la Ciudad de México viven en la línea de la pobreza o debajo de ésta. Entre los años 1970 y 2000 el número de habitantes pobres en la ciudades en esta región se elevó de 44 millones a 220 millones (UNCHS, 2001).



1.2.1. TENDENCIAS DE CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES EN AMÉRICA LATINA.

Con excepción de Brasil, la tendencia de urbanización típica en América Latina consiste en la existencia de una ciudad muy grande por país, además de una expansión de las zonas urbanas existentes, tal y como lo demuestra el Gráfico No. 1.12. El crecimiento de las ciudades en América Latina tiene una realidad completamente diferente a la de Norte América, y otras regiones del mundo, hay varias razones que pueden explicar estas disparidad como por ejemplo el tardío proceso de urbanización en países donde hasta en años recientes predominaba una economía de base agraria, el fuerte predominio desde la época colonial de las principales ciudades caracterizadas por un patrón de crecimiento espacial muy concentrado alrededor de las áreas centrales, el hecho de que las zonas de expansión urbana fueran el sitio de localización de los asentamientos ilegales, lo que hizo que quedaran al margen de la regulación urbanística y fueran ignoradas por la inversión pública y privada.

Así, mientras el paisaje de las zonas de expansión urbana en otras regiones del mundo muestra un conjunto residencial para los sectores sociales de ingresos medios y altos, comunicados por una infraestructura vial donde se privilegia el uso del automóvil individual; el panorama en la mayoría de los suburbios de las principales ciudades latinoamericanas es muy diferente ya que ha predominado la informalidad, la ausencia de infraestructura, equipamientos y servicios básicos, así como también en las últimas décadas se ha dado el apareamiento de zonas de vivienda de sectores sociales de altos ingresos que van marcando en el territorio una fuerte tendencia a la segregación espacial.

Es así que, el proceso de crecimiento urbano en los países de América Latina es la expresión espacial de un fenómeno social. Según Chaves (1973), en los países en “vía de desarrollo” el crecimiento de los espacios urbanos obedece a una dinámica espacial que varía de país en país y de un continente a otro. En términos generales, la violenta expansión de las ciudades de América Latina ha sido atribuida a procesos más o menos recientes de transformación estructural rural en urbana, básicamente debido al falso atractivo que ejerce sobre los habitantes del campo, la industrialización intensiva y las oportunidades de trabajo en el área urbana.

Lo que caracteriza a la ciudad latinoamericana es su rápida expansión física. (Trillas, 2009). Hoy en día, se establece un debate no sólo en la capacidad para detener este crecimiento sino



también, la manera en que la ciudad está creciendo. La tendencia hacia la expansión en esas áreas periféricas sobrevaluadas pero al mismo tiempo carente de servicios contrasta con la reducción de la actividad residencial en áreas centrales provistas de equipamientos y servicios básicos. Conforme estas zonas urbanas de suelo subutilizado y vacante se vuelven menos pobladas y más devaluadas, el ciclo del deterioro va empeorando. La enigmática relación que hay entre el control de la expansión territorial y el apoyo de la densificación urbana está en el corazón de la discusión sobre la regulación del uso del suelo y conduce a tres cuestiones relacionadas con la política del suelo: el deterioro del medio ambiente, la conservación de centros históricos de las ciudades y la competitividad de las ciudades. (MIDUVI, 2014)

1.2.2. PATRÓN DE CRECIMIENTO URBANO EN AMÉRICA LATINA

El emplazamiento, la distribución y el dinamismo de las ciudades en la región están fuertemente determinados por las condiciones geográficas, políticas y económicas. Históricamente, las ciudades de América Latina y el Caribe se desarrollaron principalmente en una zona costera y algunos lugares estratégicos del interior, respondiendo a los objetivos políticos, militares y comerciales de la época colonial. Son los casos de Potosí (Bolivia), Asunción (Paraguay) o Córdoba (Argentina). En ocasiones, las ciudades fueron creadas sobre asentamientos precolombinos, de lo que son ejemplos conocidos Ciudad de México y Cuzco (Perú).

En periodos más recientes, la expansión física de las ciudades y el desarrollo económico han propiciado la aparición de nuevas expresiones urbanas sobre el territorio y consolidado fenómenos como las conurbaciones, las áreas metropolitanas o los corredores urbanos. Si las grandes conurbaciones plantean nuevos retos a la gobernabilidad urbana, ha surgido un desafío adicional de grandes dimensiones con la dispersión del espacio construido.

Actualmente, un 42% de la población de América Latina y el Caribe vive en una franja terrestre a una distancia máxima de 100 kilómetros de la costa. Sin embargo, esa zona del litoral representa tan solo el 20% del territorio de la región (Banco Mundial, 2009). En Sudamérica se observa, además de las ciudades costeras, un conjunto relativamente disperso de ciudades atravesando el sistema andino, varias de las cuales corresponden a asentamientos prehispánicos o núcleos urbanos creados por su favorable ubicación productiva, comercial o militar. Los contrastes orográficos han podido favorecer una organización más bien linear en la zona del Pacífico y más policéntrica en la del Atlántico, donde el relieve es menos acentuado.



En la mayoría de los casos, las ciudades creadas en la época colonial, fuertemente concentradas en el área litoral por la importancia estratégica de las rutas marítimas, han prosperado durante el proceso de industrialización manteniendo las ventajas competitivas de su localización.

Existen en la región algunos ejemplos, aunque pocos, de ciudades creadas artificialmente o planificadas con un propósito específico. Fue el caso de la capital brasileña, Brasilia, que nació por una decisión político-administrativa y rápidamente desbordó las expectativas de crecimiento demográfico de sus creadores; de la venezolana Ciudad Guayana, fundada en 1961 a partir de las comunidades de Puerto Ordaz y San Félix como centro industrial y puerto fluvial, y de la paraguaya Ciudad del Este, creada por decreto en 1957 en la zona de la Triple Frontera (Argentina, Brasil y Paraguay), que se ha convertido en la segunda ciudad del país. La globalización ha supuesto cambios importantes para las ciudades y abierto oportunidades para aglomeraciones intermedias y pequeñas. Con el incremento de los intercambios comerciales internacionales, se ha reforzado la importancia de las condiciones legales, fiscales y políticas ofrecidas por las ciudades. Asimismo, se han desarrollado numerosas ciudades fronterizas –una categoría en la que entran, entre otras, Ciudad Juárez, Nogales, Nuevo Laredo y Tijuana, en el norte de México. De la misma forma que la decadencia económica puede inducir a la población a emigrar, nuevas oportunidades económicas, como la explotación de recursos naturales o turísticos, estimulan la formación y crecimiento de áreas urbanas. A partir de 1950, hubo un proceso de ocupación progresiva de zonas vacías o tierras del interior que estuvo en buena parte relacionado con el avance de la frontera agrícola y con proyectos de desarrollo económico. Fue así como se expandieron Manaus y Belém, en Brasil. Un caso emblemático de crecimiento urbano basado en el sector turístico es Cancún (México), un pueblo pesquero en los años cincuenta que, en los ochenta tenía 30.000 habitantes y para el 2012 contaba con 700.000 habitantes.

La expansión urbana ha hecho que muchas grandes ciudades desborden los límites administrativos de sus municipios y terminen absorbiendo físicamente otros núcleos urbanos mediante un proceso de conurbación. El resultado ha sido la aparición de áreas urbanas de grandes dimensiones territoriales, a veces formalizadas en un área metropolitana, integradas por múltiples municipios y con una intensa actividad económica. Es lo que ha ocurrido con muchas de las capitales latinoamericanas y algunas grandes aglomeraciones, como Caracas, Fortaleza, Guayaquil o Medellín. Un fenómeno propio de las últimas décadas del siglo XX fue la conformación de ciudades satélite y ciudades dormitorio por el desarrollo o emergencia de núcleos urbanos ubicados cerca de grandes ciudades y en estrecha relación con el desarrollo



económico de estas; algunos son totalmente dependientes y otros tienen cierta autonomía funcional, pero la vida en ellas está estrechamente vinculada a la de la ciudad principal.

Con la interacción progresiva de diferentes áreas metropolitanas y ciudades próximas de menor tamaño (industriales, de servicios, comerciales o ciudades-satélite) han comenzado a surgir corredores urbanos, especialmente cuando la integración económica se articula en torno a una vía de comunicación terrestre. Un ejemplo es el sistema formado por las regiones metropolitanas de São Paulo, Campinas y la Baixada Santista, un área que representa 26 millones de habitantes y que se ha alzado como el principal polo económico, financiero e industrial del país.

Áreas metropolitanas, conurbaciones y corredores urbanos son nuevas expresiones territoriales del fenómeno urbano que favorecen y se apoyan en el desarrollo económico regional. Son espacios que ofrecen grandes oportunidades socioeconómicas, aunque también conllevan retos de enormes proporciones desde el punto de vista social, medioambiental y de gestión política e institucional.

1.2.3. TENDENCIA A LA DISPERSIÓN Y A LA PERIURBANIZACIÓN EN AMERICA LATINA

Son muy escasos y puntuales los estudios sobre la forma en la cual se materializa la expansión de las ciudades en América Latina y el Caribe. Por lo que hacer análisis comparativos resulta particularmente complejo considerando la dificultad que existe para delimitar el territorio considerado como “urbano” con base a sus características de ocupación del suelo y edificación; pero se han identificado patrones comunes que indican un crecimiento disperso de baja densidad.

Las ciudades de América Latina y del Caribe son actualmente medianamente densas comparadas a las de otras áreas urbanas del mundo. Datos del año 2000 indicaban que la densidad urbana promedio en la región –calculada sobre una base de 25 aglomeraciones elegidas al azar– era de 70 hab/Ha². Las ciudades de la región presentaban una densidad similar a la observada en Europa y en África; eran mucho más densas que las principales ciudades norteamericanas, que tienen una densidad menor a 25 hab/Ha y mucho menos que las grandes ciudades asiáticas que tienen una densidad de 200 a 400 hab/Ha³. Evidentemente, esos datos

² Estudio denominado “Atlas of urban expansion” realizado por el Lincoln Institute of Land Policy. El estudio usa una metodología basada en píxeles, es decir, puntos de color en una imagen digital, y analiza las manchas urbanas de las aglomeraciones seleccionadas en función de la ocupación efectiva del suelo, sin atender a sus límites político-administrativos. Tanto las cifras como los mapas utilizados en adelante se encuentran disponibles en: <http://www.lincolnst.edu/subcenters/atlas-urban-expansion/global-samplecities.aspx>

³ Véase <http://sapiens.revues.org/914>



no reflejan la variación de densidad demográfica existente dentro de cada ciudad, en los diferentes sectores o manzanas, elementos que tienen mucho impacto sobre el modelo de ciudad, la percepción de densidad y su aceptación social.

En muchas ciudades se observa una densidad elevada en el centro, que disminuye rápidamente hacia la periferia. El caso de la ciudad de México es atípico, ya que solo presenta densidades medias a altas, pero en un área muy extensa e incluso en barrios situados a 20km del centro de la ciudad (Berteau, 2002). ONU HABITAT en el 2012, en su estudio denominado “Estado de las ciudades de Latinoamérica y el Caribe”, analiza la expansión de las ciudades, misma que se argumenta, aparece como una tendencia en el periodo 1990- 2000, ya que el número de habitantes por hectárea disminuyó en la mayoría de las aglomeraciones incluidas en el análisis, con lo que se concluye que la ciudad se expandió territorialmente con nuevas áreas menos densamente pobladas que las existentes. Es decir, en promedio, cada habitante ocupaba en el año 2000 un área mayor del que utilizaba en 1990, o sea las ciudades se expandieron espacialmente a un ritmo mayor que su crecimiento demográfico.

La propensión a la expansión dispersa de la ciudad tiene orígenes complejos, en los que se combinan muchos factores, como el control urbanístico, la planificación urbana, la oferta de transporte, vivienda y comunicaciones, el precio del suelo, las oportunidades laborales, la calidad de los servicios y hasta la identidad y el estilo de vida. Es además una expansión que no se reduce a un grupo social o un tipo de estructura urbana. En la región se encuentran ejemplos de expansión dispersa por iniciativas tan diferentes como el desarrollo de conjuntos habitacionales cerrados de alta y media renta o la realización de proyectos de vivienda social subsidiada por el Estado. También se observa la existencia de ciudades que se expandieron de forma desordenada, con áreas precarias e informales –carentes de infraestructura y servicios, transporte público o accesos por carretera– surgidas como consecuencia de la pobreza y la urbanización acelerada.

Cada uno de estos ejemplos responde a dinámicas propias, pero todos contribuyen a esa tendencia general de dispersión espacial, con sus consecuentes impactos y costos sociales, ambientales y económicos.



1.2.4. IMPACTOS SOCIALES Y AMBIENTALES DE LA URBANIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA.

El rápido crecimiento de la población urbana y la expansión física de las ciudades en todos los países de América Latina han tenido impactos variados para la población humana y el medio ambiente de los países latinoamericanos. Algunos indicadores sociales, como la esperanza de vida, los niveles educativos y el ingreso per cápita son por lo general más altos entre residentes urbanos que entre la población rural. Sin embargo, y particularmente entre los habitantes más pobres de las ciudades, la urbanización está cada vez más asociada a problemas sociales significativos y persistentes. Por ejemplo, la población de áreas urbanas y periurbanas sufre de severo déficit habitacional, subempleo, falta de servicios básicos, problemas de salud y ruptura de la familia y las normas sociales. Sin embargo, y a pesar de la dura realidad de la ciudad, la población de las áreas urbanas continúa creciendo, lo que sugiere que aunque la expectativa de calidad de vida no es la mejor en la ciudad, por lo menos es más atractiva para muchas personas que la vida empobrecida en el campo (Hardoy et al., 1992).

En términos del impacto ambiental, las ciudades latinoamericanas presentan también un cuadro variado. Puede argumentarse que, al igual que en cualquier área urbana, la concentración relativamente alta de un gran número de pobladores aumenta la generación de basura y el consumo de recursos. Por otro lado, el impacto ambiental causado por la urbanización puede ser mucho mayor que el causado por la mayoría de usos del suelo en el sector rural. Las ciudades latinoamericanas tienen sus ciclos naturales severamente alterados, su diversidad biológica está disminuida y requieren grandes aportes externos a fin de sostenerse (Platt et al., 1993). La pobreza contribuye a la degradación de los ecosistemas, en tanto que el insuficiente énfasis puesto en la planificación y el manejo ambiental provoca la prevalencia de problemas de contaminación de aire y agua, eliminación de vegetación y suelos inestables (Letimann, 1993). Finalmente, muchos impactos de las áreas urbanas se extienden hacia las áreas periféricas que sirven al núcleo urbano, es claro que muchas de las condiciones sociales citadas son tanto causas como efectos del estado de los recursos naturales y la calidad ambiental presentes en las metrópolis latinoamericanas.

En los últimos años, la calidad del ambiente urbano ha recibido creciente atención en América Latina así como en otras regiones, conforme aumenta el reconocimiento de las implicaciones de la urbanización para el futuro de las poblaciones humanas y para el medio ambiente en general. Las preocupaciones dominantes acerca de la contaminación industrial, del aire y el agua, el abastecimiento de agua, el manejo de desechos, la salud y el saneamiento en la ciudad; han



sido complementados por otras más recientes - aunque todavía secundarias - sobre el ecosistema: vegetación urbana, suelos, vida silvestre, microorganismos y espacios abiertos.

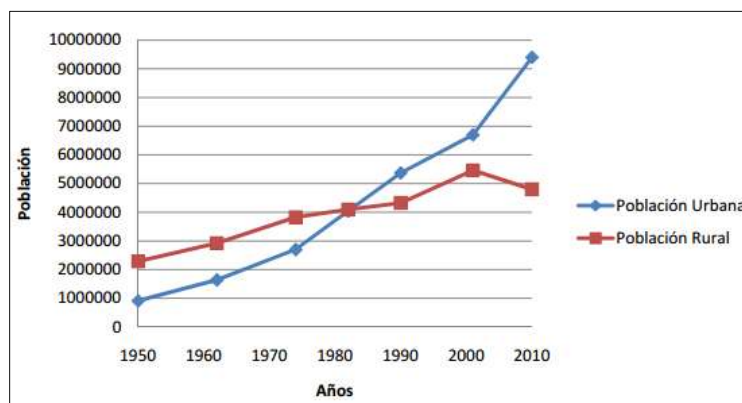
Según la Agenda 21, en áreas urbanas de rápido crecimiento, el acceso a la tierra es cada vez más difícil debido a la demanda de la misma por parte de la industria, la construcción urbana, el comercio, la agricultura, las infraestructuras y la necesidad de espacios abiertos. Además, en muchos países, el uso de la tierra en grandes áreas urbanas en expansión es un problema grave, especialmente porque los recursos que son esenciales para este rápido crecimiento son sellados. Entre estos recursos se encuentran el agua subterránea, los suelos óptimos para uso agrícola y los depósitos minerales con materias primas (arenas, gravas, calizas). Como resultado, en muchas áreas, es difícil acceder al agua potable y grandes cantidades de materiales para la construcción tienen que ser transportados a grandes distancias (Hoppe et al., 2006).

Del mismo modo, la alta densidad de población, aumenta las posibilidades de que los fenómenos naturales peligrosos (terremotos y tsunamis, transportes en masa en pendientes escarpadas o erosión de evaporitas en el subsuelo, así como volcanismo) puedan convertirse en riesgos y llevar, finalmente, a la producción de catástrofes (Hoppe, 2002; Hoppe et al., 2006; Plate y Merz, 2001; Wellmer y Becker-Plate, 1999, 2002).

1.3. PROCESO DE URBANIZACIÓN EN EL ECUADOR.

Si bien el Ecuador, sigue siendo un país con un importante componente rural, la tasa de urbanización ha crecido rápidamente desde inicios del siglo XX, es así que a mediados del siglo XVIII, la población urbana representaba del 16 al 18% de la población total del país, en 1950 representó el 28.5%, en 1962 se eleva al 36%, en el 1974 al 41.4%, en 1982 al 49.7%, en 1990 al 55.4% en el 2001 55.1% y en el 2010 al 66.7%. (Ver Gráfico No. 1.13).

Gráfico No. 1.13: Proceso de urbanización en el Ecuador – Evolución de la población



Fuente: Naciones Unidas (2000)

Elaboración: Propia, 2015



Para abordar el tema del proceso de urbanización en el Ecuador, se ha de entender que estas obedecen a las propias características del desarrollo histórico ecuatoriano, y que este debería ser comprendido en la consideración de que la lógica colonial y neocolonial ha ido configurando desigualdades regionales notables, al grado de que cada región contiene características propias que le diferencian e integran a otras.

Es en definitiva esta diferenciación regional la que nos permitirá evidenciar la organización territorial que asume el país en los distintos contextos históricos y ubicar en ella, la cualidad del espacio urbano y sus funciones.

En este sentido, Fernando Carrion, 1986, en su libro "El proceso de urbanización en el Ecuador", aborda el tema de la "conformación del espacio urbano ecuatoriano" y plantea que este se ha llevado a cabo en dos grandes periodos, definidos y diferenciados, correspondientes al desarrollo histórico del país; a estos periodos los denomina conformación urbana y proceso de urbanización.

El primero, comprende el período desde la conquista española, que tenía como antecedente los asentamientos preexistentes, y que va hasta mediados del siglo XIX, la forma de organización radial concéntrica es la que predomina durante esta etapa, que respondía a una apropiación y ocupación del suelo urbano de carácter colonial, bajo los lineamientos de jerarquía social, segregación étnico cultural y las características institucionales de la iglesia.

El segundo, se desarrolla desde finales del siglo XIX hasta la actualidad y cuya expresión, particularmente en los centros urbanos mayores es su crecimiento irregular y disperso. Cabe acotar que estos periodos no están marcados exactamente en el tiempo y se pueden entender como una tendencia general, pues particularmente en la época de transición supone, con la supremacía de alguno de ellos y la coexistencia del otro⁴.

A continuación se procede a exponer el proceso de urbanización en el Ecuador a partir del 1950 hasta la actualidad⁵, ya que es en este periodo donde se intensifica; como resultado de la modernización capitalista del Estado y la sociedad civil. *"-el modelo agro exportador, anterior a esta época, estuvo sustentado en las plantaciones cacaoteras, al mismo tiempo que en la Sierra se daba un estancamiento de la hacienda serrana, por lo que el movimiento migratorio, en base a este proceso económico general se dio de la Sierra a la Costa, a su vez en la Sierra la receptora principal de migración era Quito, centro principal de la hacienda, agudizándose las desigualdades regionales y configurándose como los ejes del proceso de urbanización y*

⁴ Cordero Domínguez Oswaldo, "VISIÓN GENERAL DEL PROCESO DE URBANIZACIÓN EN EL ECUADOR", Documento docente en la Maestría de Ordenación Territorial II Cohorte, Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura, Cuenca, 2013.

⁵ Ídem, 4.



acumulación nacional. La exportación del cacao entró en crisis a partir de los años 20, por la coyuntura internacional, por lo que en la Costa se da una migración rural urbana con destino a Guayaquil; a su vez la descomposición de la hacienda serrana, intensificó los flujos migratorios a Quito en la Sierra.”⁶-

Es importante notar que el proceso de urbanización en el Ecuador, **se da en el marco de regiones diferenciadas, tanto por sus aspectos geográficos, ecológicos, naturales, culturales cuanto por sus diferencias en las formas productivas, relaciones sociales, políticas;** por lo que es la especificidad de cada región la que caracteriza al proceso urbano de cada uno de sus centros poblados”.

En la **década del 50**, se dinamizan las exportaciones del banano, resurgiendo el modelo agro exportador, con una integración más directa a la economía internacional. La urbanización en esta fase se caracteriza por el fortalecimiento de la bicefalia urbana que se venía gestando en las décadas precedentes, Guayaquil crece a una tasa anual de 5.8% y Quito de 4.5%, pero en esta ocasión con un crecimiento urbano global del país, y un dinamismo en la ciudades intermedias de la Costa, que se gestaron en la época cacaotera y con un relativo estancamiento de las ciudades de la Sierra.

En este acelerado y repentino progreso con la intención de articular Quito y Guayaquil, se construyeron importantes obras de infraestructura como el ferrocarril, e infraestructura vial, se amplía la frontera agrícola, se diversifica la producción y se fortalecen las relaciones mercantiles, a nivel intraurbano se promueve la dotación de servicios y equipamientos urbanos, de esta manera se inicia un incipiente proceso de industrialización.

En la **década de los 60**, nuevamente se profundiza la crisis económica, resultado del papel que cumple el país en la división internacional de trabajo, con base al monocultivo de exportación. La dinamia de crecimiento de la ciudades intermedias de la Costa disminuye, pues en el período ínter censal 50-62, habían crecido con una tasa anual de 12.6%, disminuyendo a 6.7%, mientras que en la Sierra se asiste a un dinamismo relativo de las ciudades intermedias, que habían incrementado su tasa anual de 3.9 a 4%, en los mismos periodos, debido a los cambios en la estructura agraria y al incremento de los sectores medios de la población. En el transcurso de esta década el país se articula a un modelo desarrollista, diseñado por la Alianza para el Progreso, que propugnaba la industrialización, paralelo a una política de reajuste de la economía (Ley de Reforma Agraria, Ley de Fomento Industrial, la Reforma Tributaria, etc.). Todo

⁶ Ídem, 4 y 5.



esto se da en el marco de un incremento poblacional general del país y de un rápido crecimiento de la población urbana (Ver Gráfico No. 1.13)

En la **década de los 70**, se consolida el proceso de urbanización, en esta ocasión bajo el influjo de los ingresos provenientes de la exportación petrolera, además de la industrialización sustitutiva de importaciones, la modernización de la estructura agraria, la inversión extranjera, la modernización del Estado, etc. El proceso de urbanización se acelera, en los dos centros principales Guayas y Pichincha, situación que se intensifica hasta la actualidad y en las cuales se encuentran los principales centros urbanos del país: Quito y Guayaquil. En esta etapa existe una política deliberada del Estado, a partir de su modelo desarrollista para impulsar el desarrollo regional y urbano, a partir de la creación de órganos adscritos al gobierno central de desarrollo regional, y otros organismos financieros que se los fortalece, como el Fondo Nacional de Participaciones, Banco Nacional de la Vivienda, Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, así como entidades productoras de servicios, como INECCEL, INHERI, IEOS, DINACE, etc.; siendo beneficiadas, las ciudades grandes y medias y en general aquellas que cumplen funciones políticas administrativas de importancia o que tienen alguna significación en la economía de sus regiones, Quito en esta perspectiva tiene un acelerado crecimiento urbano, por su mayor dinamismo político económico.

Pese a todos los esfuerzos planificadores la lógica de la urbanización espontánea, llevó a un patrón de urbanización periférico, que se expresa en los denominados suburbios, invasiones, barrios periféricos, cooperativas, etc., principalmente en Quito y Guayaquil⁷, pero también en algunas ciudades intermedias, en especial de la Costa como por ejemplo Esmeraldas, Machala, Quevedo, Manta, etc. Las causas de este fenómeno urbano, debe entenderse en los intensos procesos migratorios, no solo desde el campo hacia la ciudad, sino de poblaciones pequeñas a ciudades y poblados mayores; el desfase entre la oferta de suelo urbanizado y la enorme demanda, la débil capacidad de los municipios para ofertar servicios y suelo urbanizado y controlar la especulación y el tráfico de tierras, entre otras. Es importante, en esta etapa la incorporación y relativo desarrollo urbano regional del Oriente y su integración al contexto nacional.

En la **década de los 80**, en sus inicios, por primera ocasión, la población urbana se equipara con la población rural (Ver Gráfico No. 1.13), pues en 1982 el 49.60% era urbana y el 50.40% rural, para en el año 1990, pasar a ser mayoritaria la población urbana con el 55%, sin embargo se da un descenso en el ritmo de crecimiento poblacional del país, al 2.19%, así como en la tasa de

⁷ C+C Consulcentro, Documento preparado para el seminario "El Proceso de desarrollo urbano y la generación de viviendas por el sector informal".



crecimiento urbana que desciende al 3.4% anual. Como consecuencia del acelerado proceso de urbanización, la lógica de acumulación se ha desplazado del campo a la ciudad y comienza a ser acumulada localmente, a través del desarrollo, aunque incipiente, de la industria, de la banca del comercio, etc., es decir actividades con base urbana, se gestan nuevas formas de organización social, con presencia significativa de movimientos sociales urbanos, nuevas formas de ocupación espacial, caracterizada por la segregación social y espacial.

En la **década de los 90** y hasta la actualidad, en términos demográficos, la tasa de crecimiento anual de la población, baja a 2.05% y también disminuye la tasa de crecimiento urbana, explicable por la baja del crecimiento vegetativo de la población, pero también por la emigración de la población en busca de trabajo, principalmente a EEUU, España; Italia y Canadá⁸; la población urbana, sin embargo, se incrementó, más del 60% de la población vive en los centros urbanos, con la clara predominancia y características gestadas en épocas anteriores de la bicefalia urbana, aunque con un conjunto de ciudades intermedias que tienen influencia en sus regiones y configuran una red de ciudades en el país en permanente dinamismo. El Grafico No. 1.14, muestra la centralización de la urbanización en el Ecuador.

A final la característica del espacio nacional es la triangulación entre Quito, Guayaquil y Cuenca, en este contexto, las diez ciudades que más han crecido en los últimos 50 años han sido, en su orden, Guayaquil, Quito, Cuenca, Machala, Portoviejo, Manta, Ambato, Santo Domingo de los Colorados, Esmeraldas y Riobamba. Lo que demuestra que el proceso de urbanización que, en un principio se concentró en Quito y Guayaquil, se ha desplazado a otras urbes.

Como claros ejemplos del proceso acelerado de urbanización, que lleva a la conformación de conurbaciones en algunas ciudades en el Ecuador se tienen: la *Conurbación de Quito*, que incluye a los cantones y parroquias rurales de Quito, Sangolquí, Valle de los Chillos, Conocoto, Alangasí, Tumbaco, Cumbayá, Pomasquí, San Antonio de Pichincha, Calderón, Llano Chico, Zámbriza y Nayón. La *Conurbación de Guayaquil*, que inscribe a Guayaquil, Durán, Samborombón, Milagro, Daule, Pascuales y Chongón, la *Conurbación de Cuenca*, incluye a Cuenca, Azogues, Turi, Ricaurte, San Joaquín, Sayausí, Baños, El Valle, Llacao y Sidcay. La *Conurbación de Machala*, a las que pertenecen la ciudad de Machala y Puerto Bolívar. La *Conurbación de Manta*, conformada por las ciudad de Manta, Montecristi y Jaramijó y la *Conurbación de Bahía de Caraquez* a la que también pertenece San Vicente. (Núñez, 2014)

⁸ Según informes de Banco Central, 1996, las remesas enviadas por los emigrantes sumaron 485 millones de dólares y era el cuarto rubro de ingresos después del petróleo, banano y camarón; para el 2000 ascendió a 1,316 millones de dólares y constituía el segundo rubro de ingreso después del petróleo, las provincias del sur, principalmente Azuay y Cañar, recibieron el mayor porcentaje de esas remesas.

Gráfico No. 1.14: Centralización de la urbanización en el Ecuador



Fuente y elaboración: Cordero Domínguez, 2013

1.3.1. CRECIMIENTO URBANO DE QUITO.

La ciudad de Quito, ubicada en la línea ecuatorial a 2800msnm, al pie del volcán Pichincha, posee una forma alargada, que se extiende por más de 40km a lo largo y de 5 a 6Km a lo ancho.

El desarrollo urbano de Quito ha permitido que esta ciudad albergue el 21% de la población urbana nacional, y el 87% de Pichincha. Este vertiginoso desarrollo es producto de un fuerte crecimiento migratorio, que significa alrededor del 45% de la población quiteña, la mayor parte proviene de provincias de la Sierra y de ciudades menores a 20.000 hab.

La estructura territorial del Distrito Metropolitano de Quito es el resultado, de un proceso de organización y ocupación del suelo conformado durante siglos, basado en la relación de



crecimiento, absorción y conflicto entre el núcleo urbano generador de la ciudad de Quito y el conjunto de núcleos poblados de la periferia. Parte de la estructura territorial se ha visto fuertemente condicionada en su forma y sentido de crecimiento debido a las características geomorfológicas de la zona.

Esta ciudad ha tenido un rol significativo en la evolución histórica y economía social, por ser la representación y concentración del poder político del Ecuador, en este contexto, ha crecido a un ritmo superior al promedio nacional.

El acelerado crecimiento espacial de Quito comenzó en los años 1888, donde profundas mutaciones demográficas y espaciales se operaron en la capital, un detonante de este proceso fue la inauguración de la línea de ferrocarril entre Duran y Quito, en 1908. Sin embargo el fenómeno urbano más notable de ese periodo es el paso de un tipo de crecimiento nuclear concentrado en la Plaza Grande hacia una extensión longitudinal; la construcción del terminal de ferrocarril al Sur del Centro Histórico, favoreció la industrialización y el desarrollo de barrios populares en ese sector. Entre los años 1888 y 1946, la tasa de crecimiento anual se eleva de 2.98% entre 1888 y 1921 a 3.25% entre 1921 y 1946.

En efecto las clases acomodadas comienzan a instalarse en el norte de la ciudad luego de abandonar sus residencias en el centro histórico, que comienza deteriorarse. A partir de 1946, se presenta un periodo de acelerado crecimiento y de profundos cambios socio económicos y espaciales. La población se incrementa rápidamente, la tasa de crecimiento anual supera al 4% entre 1946 y 1987.

Hasta 1970 la transformación urbana se caracteriza por el desplazamiento funcional del centro Histórico hacia el barrio Mariscal Sucre, lo que explica la rápida extensión espacial del sector norte de la capital y la consolidación de la segregación residencial: barrios acomodados al norte, barrios populares, industriales y programas de vivienda masivos de vivienda al Sur.

La zona central, densamente ocupada, mantiene un ritmo de crecimiento particularmente bajo de 1.1% entre 1946y 1971, mientras que el de la zona sur alcanza el 3,5% relativa desaceleración del crecimiento espacial, fruto del emplazamiento de ciertas industrias y bodegas al norte de la ciudad, en este mismo periodo el crecimiento de la zona norte se elevó al 5,9%.

A partir de 1970, las tendencias descritas anteriormente, se aceleran, debido al boom petrolero y su consecuente dinamismo económico, eventos que generaron una nueva configuración espacial.



Esto ocasiono un fuerte crecimiento demográfico, en razón del incremento natural de población y de los aportes migratorios, la progresiva revalorización del centro y acentuación de los procesos de transferencia funcional; lo que tienen como efecto expulsar a las clases socioeconómicas de ingresos bajos hacia zonas suburbanas, extensión de la zona tugurizada hacia barrios populares ubicados alrededor del centro, intensificación de los procesos de segregación, crecimiento de los barrios populares de la periferia y desarrollo espacial de la zona norte con una tasa de 5.6% por año entre 1971 y 1983 fenómeno que puede explicarse en parte por la especulación inmobiliaria y uso del suelo. (Ver Cuadro No. 1.1.)

Cuadro No. 1.1: Evolución del área urbanizada de Quito (1760 - 1983)

	Años						
	1760	1888	1921	1946	1956	1971	1983
Área urbana (Ha)	252	315	815	1815	3337	5203	11303
Tasa de Crecimiento anual (%)	-	0,2	2,9	3,3	6,3	3	6,7
Superficie de la zona sur (Ha)	74	99	348	591	1017	1550	4737
Tasa de crecimiento anual (%)	-	0,2	3,9	2,1	5,6	2,8	9,8
Superficie de la zona central	178	216	297	523	589	687	842
Tasa de crecimiento anal (%)	-	0,2	1	2,3	1,2	1	1,7
Superficie de la zona norte (HA)	-	-	170	701	1771	2966	5724
Tasa de crecimiento anual (%)	-	-	-	5,8	9,7	3,5	5,6

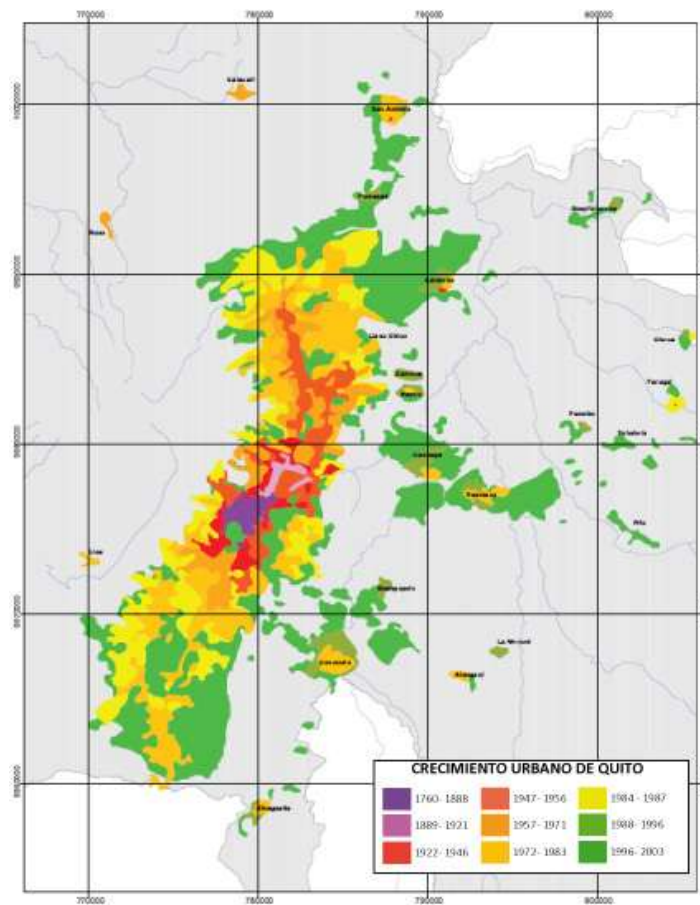
Fuente: Atlas Infográfico de Quito, 1992

Elaboración: Propia

Durante las dos últimas décadas, Quito experimentó significativas transformaciones urbano – espaciales, la ciudad se vuelca desde adentro hacia afuera, provocando un proceso de peri – urbanización de carácter expansivo. Esta forma de crecimiento urbano ha creado una ciudad que progresivamente incorpora centros poblados, zonas de protección y áreas agrícolas, en los valles de Tumbaco, Cumbaya, Los Chillos, Calderon, Turubamba y Pomasqui.

La ciudad presenta una tasa de crecimiento demográfica de 2.2% entre 1990 y 2001. Con estas transformaciones urbanas la capital se ve incluida en el proceso típico de la urbanización como es el cambio de uso de suelo en la periferia de la ciudad con el objetivo de crear zonas urbanas accesibles a personas de bajos ingresos que se encuentran obligadas a ocupar estas zonas por el costo del suelo excesivamente alto que presenta la zona central de Quito. (Ver Gráfico No. 1.15).

Grafico No. 1.15: Crecimiento urbano de Quito desde 1760 a 2003



Fuente: (Terán, 2010) Análisis Socio económico del cambio de uso del suelo en la Quebrada Caupicho.

En síntesis la ciudad de Quito paso a ser una ciudad netamente rural con una población de 203 hab, asentados en 8.7 Ha, a ser una metrópoli de 2215820 hab., asentados en 31.809 Ha de terreno.

Cuadro No. 1.2.: Crecimiento poblacional histórico de la ciudad de Quito

Año	Población (hab)	Tasa de crecimiento (%)
1780	25000	-
1886	39600	0,4
1921	80700	2,1
1950	209932	3,4
1962	355200	4,5
1974	599828	4,5
1982	866472	4,7
1990	1100847	2,8
2001	1397689	2,6
2010	2215820	2

Fuente: INEC censo de población y vivienda, Quito, 1950 – 2010



1.3.2. CRECIMIENTO URBANO DE GUAYAQUIL.

Guayaquil es la ciudad más poblada y más grande del Ecuador, localizada en la costa del Pacífico en la región litoral de Ecuador, a orillas del río Guayas, está rodeada por el Estero Salado en su parte suroccidental y el inicio de la cordillera Chongón-Colonche, una cadena de montañas de media altitud, en el noroeste, está compuesta de 345 km² de superficie, de los cuales 316 km², equivalentes al 91,9% del total, pertenecen a la tierra firme; mientras que los restantes 29 km², equivalentes al 8,1%, pertenecen a los cuerpos de agua que comprenden ríos y esteros. El proceso de urbanización de Guayaquil ha sido marcado por su alto grado de segregación urbana.

De manera general pueden distinguirse en su estructura dos tipos de zonas o sectores claramente diferenciados: una, compuesta por la zona central y barrios residenciales; y, otra conformada por zonas periféricas o urbano marginales denominadas barrios suburbanos o sectores populares, cada una de estas zonas o sectores tiene su propia trayectoria y han sido productos de diversas coyunturas, generando distintas condiciones de vida para sus habitantes.

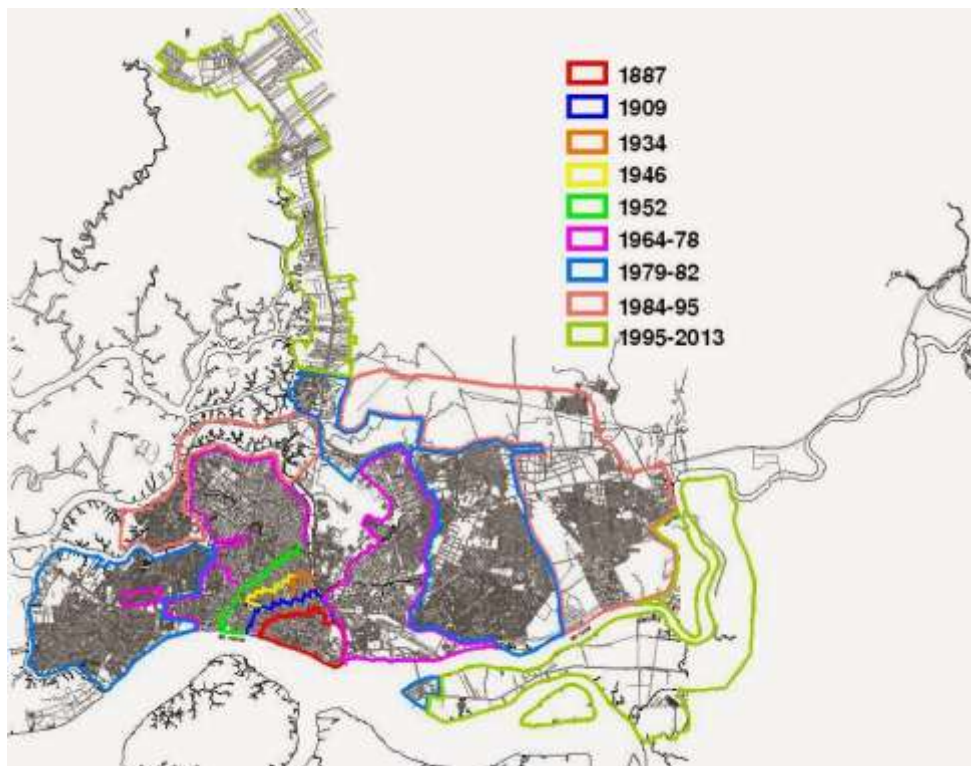
Así, las áreas centrales y los barrios residenciales han sido diseñados de acuerdo a normativas urbanas modernas y, aunque con desigualdades entre ellas y muchas deficiencias, cuentan con los servicios urbanos básicos y conforman un medio ecológico mínimamente adecuado atendido, a la vez que controlado, por las autoridades municipales y habitado mayoritariamente por grupos sociales de medianos y altos ingresos, las áreas marginales en cambio, han sido predominantemente invasiones. En este contexto, la determinante más representativa del patrón de crecimiento histórico de Guayaquil son los asentamientos populares informales, que reciben anualmente un promedio de 5.000 familias (4 personas/cada familia) personas de muy escasos recursos, bajo la línea de pobreza, que se asientan de manera espontánea e irregular ocupando un promedio de 160 ha/año con una densidad aproximada de 150 hab/ha., patrón de crecimiento desde más de 60 años.

Las familias ocupan zonas sensibles por temas de conservación como esteros, manglares y la tendencia actual es la ocupación informal del recurso natural suelo, lo que ha generado la aparición de problemas típicos de los crecimientos urbanos irregulares y desordenados como: la especulación con la tierra, el encarecimiento de la vivienda; la tugurización en grandes sectores del asentamiento; la insuficiencia y deficiencia de la infraestructura básica y de equipamiento; entre otros.

El área de expansión urbana, se localiza hacia el noroeste de la ciudad y está servida por dos ejes arteriales importantes como son la vía perimetral y vía a Daule; que a la vez comunican con los cantones vecinos y con la región.

Es este territorio hasta unos 30 Km hacia el interior de la vía perimetral, el de mayor vulnerabilidad por los asentamientos informales, parte de este territorio se encuentra consolidado, el resto son asentamientos dispersos en proceso de consolidación, en base a una trama urbana resultante de la ocupación ilegal e informal del suelo que se asientan en gran porcentaje en áreas no calificadas para uso residencial, por ser de alto riesgo y vulnerabilidad, agravándose más aun cuando son: zonas inundables, cauces naturales, quebradas, zonas de riesgos por servidumbres de la red del interconectado nacional, poliductos, gasoducto, canales de trasvase, bosques protectores, zonas de preservación y conservación, áreas destinadas para obras de servicios de infraestructuras tales como canales pluviales y hasta lagunas de oxidación, ocupación de zonas de amortiguamiento del Relleno Sanitario “Las Iguanas”, entre otras no calificadas para uso residencial, que evidentemente no se consideran en el tráfico ilegal de tierras, cuyo producto es la situación de hecho existente. Es así que en esta ciudad se sobrepasa la capacidad financiera del gobierno local, lo que hace inviable la atención a priori, de las problemáticas existentes, sin perjuicio que existan y hayan existido planes y normativa de planificación. (Ver Gráfico No. 1.16.)

Gráfico No. 1.16: Crecimiento urbano de Guayaquil desde 1887 a 2013



Fuente: <http://urbano-gye.blogspot.com/>



1.3.3. CRECIMIENTO URBANO DE CUENCA.

La ciudad de Cuenca, está situada en la parte meridional de la Cordillera andina ecuatoriana, es la tercera ciudad con el mayor Índice de Desarrollo Humano (IDH) del Ecuador, después de Quito en Pichincha y Atuntaqui en la provincia de Imbabura.

La crisis de las exportaciones del cacao, superadas en gran medida por la exportación del banano, repercutió en el desarrollo de las principales ciudades como Quito y Guayaquil y ciertas ciudades de la costa por su participación directa en el modelo agro-exportador, la provincia del Azuay se suma a esta lista de desarrollo económico a través de la producción y exportación del sombrero de paja toquilla, que contribuyó significativamente a la recuperación de la economía nacional, permitiendo un importante cambio en la estructura productiva regional: surgió un sector de servicios bastante diferenciado, dándose un relativo crecimiento del sector comercial, sobre todo en Cuenca. Hasta los años 50, la ciudad se caracteriza por un crecimiento urbano lento, mediante la adición de manzanas ortogonales, incorporándose estas a la traza urbana de tipo damero, este crecimiento no sobrepasó los límites.

En 1919 el centro urbano de la ciudad de Cuenca comprende desde la Av. Huayna- Cápac hasta el Templo del Corazón de Jesús y desde la calle Rafael María Arízaga hasta la Calle Larga, mientras que el sector de El Ejido era únicamente destinado a usos de carácter agropecuario, recreativo y de descanso

La expansión y consolidación de la ciudad se dio significativamente y a pasos acelerados a partir de la década del 50, para esta década, la población de Cuenca fue de 52532 hab., mientras que a mitad de la década la población incremento a 60653 hab., esto es 810 hab., en cinco años; por esta razón la ciudad comienza a experimentar cambios en el uso del espacio, y aunque su crecimiento urbano es lento en estos diez años; el núcleo central se densifica, mediante la subdivisión de los predios, manteniéndose como el área de mayor predominio del uso vivienda y concentrado otros usos como comercio, servicios, educación, etc. En esta época la ciudad crece hacia el Noroeste, una zona industrial y una zona residencial al Sur ubicada en el Ejido

Con la instauración de la industria en Cuenca en los años 60, la ciudad comienza a experimentar un verdadero proceso de crecimiento en su espacio físico, no solamente en el núcleo central que va incrementado cada vez más su densidad poblacional, sino también hacia las áreas periféricas generando un mayor impulso al proceso de urbanización; las casas del núcleo central comienzan a ser utilizadas para otros usos como negocios, servicios, etc., la burguesía Cuencana comienza a dispersarse hacia las áreas periféricas, concentrándose especialmente en el sector



de El Ejido, caracterizado por la ocupación de grandes lotes y viviendas de implantación aislada, con condiciones ambientales favorables y áreas recreativas adecuadas; por lo que esta nueva ocupación del territorio se caracteriza por una baja densidad.

La demanda de vivienda se trató de cubrir con programas habitacionales alejados para esa época, del centro urbano consolidado, debido a la especulación en el costo de los terrenos y a diferencia de los lotes de El Ejido, estos eran mucho menores.

En los 70, el crecimiento industrial pierde fuerza, convirtiéndose las actividades terciarias la principal actividad económica de la población. Cuenca experimenta un crecimiento hacia la Colina de Cullca, al Norte, cambiando el antiguo límite de la calle Rafael María Arizaga a la Av. Héroes de Verdeloma; hacia el Sur se ocupa toda el área de la Av. Solano entre los ríos Tomebamba y Yanuncay, ocupándose la zona entre el Batán y El Vergel, además de las riberas del Río Yanuncay llegando hasta Gapal. Hacia el Este la ciudad se expande pasando la Av. Huayna Cápac, con la aparición de nuevas urbanizaciones como la ciudadela Álvarez y El Paraíso, en esta misma dirección se comienza la ocupación de otras avenidas como: la Av. España, Hurtado de Mendoza y Gil Ramírez Dávalos por lo que aparecen los sectores de El Vecino y Totoracocha. El sector de la Av. Loja, caracterizado por un poblamiento lineal se expande hasta la Av. Don Bosco, donde se comienza una nueva ocupación del espacio urbano.

Con todas estas actuaciones para el año de 1974, Cuenca tenía una población de 104667 hab., una superficie consolidada de 1984 Ha y una superficie en proceso de consolidación de 2483 Ha, sin embargo uno de los problemas que comienza a presentar la ciudad es el incremento de la actividad comercial y financiera en el núcleo central, lo cual las actividades de educación y residencia son poco a poco expulsadas hacia la periferia especialmente hacia el Sur y Noreste.

Para los años 80, la actividad industrial se localiza al norte en el parque industrial, aunque existen zonas donde la industria se encuentra dispersa, el caso de la Av. Huayna Capac, Av. España, Gil Ramírez o hacia el sur por la Circunvalación y la Av. Don Bosco; la ciudad tenía una población de 152406 habitantes y para el año de 1990 alcanzó una población de 195000 habitantes, continuando así la tendencia de crecimiento de la población en el Área Urbana, notándose una disminución de la periferia, debido a la migración del campo a la ciudad por la acumulación de recursos en el sector industrial urbano; alojándose esta población por lo general en el centro de la ciudad. La vivienda aumenta en el área urbana y disminuye en la periferia. De igual manera comienza a incrementarse el perímetro urbano en todas las direcciones contando con un área equivalente a 3.038 hectáreas.



Se acerca la ciudad a Baños, Sayausí y San Joaquín zona considerada la huerta de la ciudad que se ve perjudicada por la cada vez más intensa ocupación residencial en deterioro del área agrícola que no tiene posibilidad de expansión hacia el occidente.

El área residencial con una superficie mayor comienza a ocupar prácticamente la ciudad en todas sus direcciones. En esta década se han conformado hacia el Este y Noreste nuevas zonas residenciales al margen de la Panamericana Norte.

A este crecimiento se suma una extensa zona comercial y residencial debido a la implantación del mercado de productores de El Arenal, la misma que se prolonga hacia el Sur y Oeste; los barrios residenciales de la clase alta ya existentes en la zona Oeste se prolongan en la misma dirección con nuevas agrupaciones.

En el Censo de Población y Vivienda del año 1990, la ciudad de Cuenca registra una población urbana de 194981 habitantes. Para este año la tasa de crecimiento poblacional urbana, se situaba por encima de la nacional; pues ésta se encontraba ubicada en el 3.28%, mientras que la tasa de crecimiento poblacional nacional fue del 3.1 %, lo que indica que el crecimiento poblacional urbano de Cuenca fue mayor que el crecimiento poblacional nacional a nivel urbano.

Con estos acontecimientos la periferia comienza a crecer alrededor de las vías de la ciudad, aparecen corredores de crecimiento como la Av. De las Américas, la Av. Ordoñez Lazo donde se establecerán los edificios más altos de la ciudad, en la vía Panamericana Norte la ciudad comienza a expandirse hacia la zona de Chaullabamba, es de esta manera que la ciudad comienza a extenderse de forma lineal, apoderándose poco a poco de las zonas rurales. El núcleo urbano continua con 336 Ha., la periferia aumenta de 3086 Ha., a 6000 Ha., teniendo el tamaño de la ciudad un total de 6336 Ha.

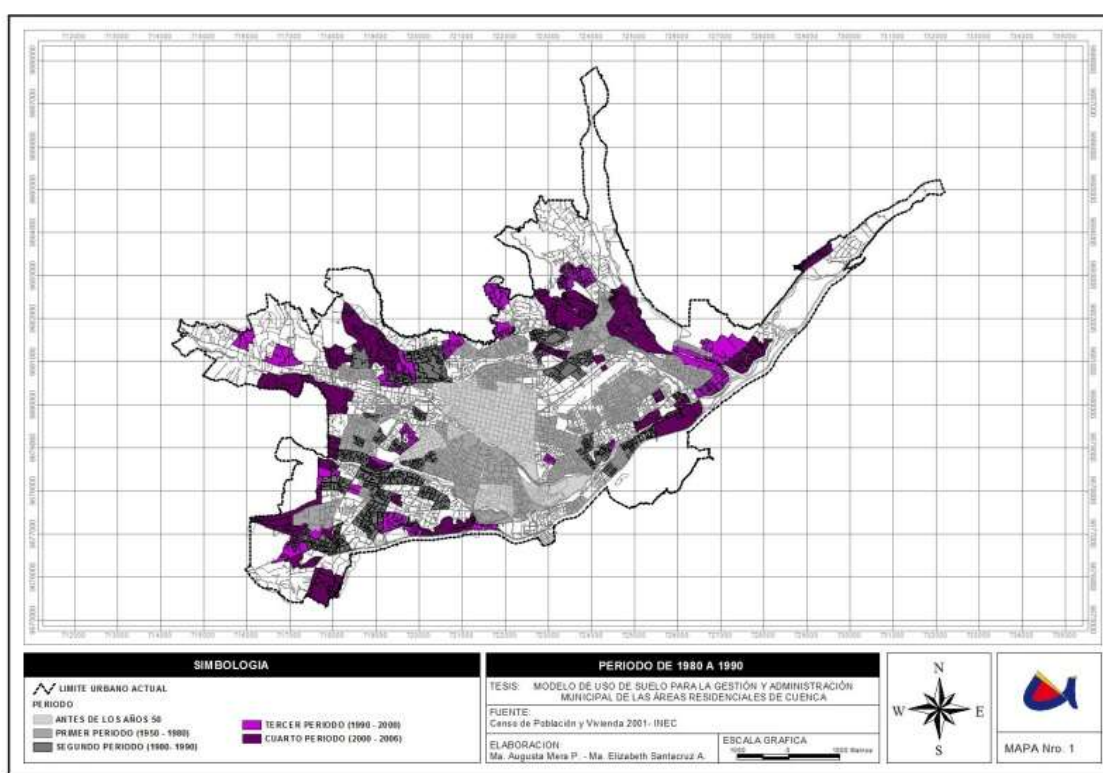
Las zonas antes consideradas centros urbano parroquiales alejados de la ciudad, pasan a formar parte de la misma estos son: Ricaurte, Ucubamba, Chaullabamba, Baños, San Joaquín.

En cuanto al crecimiento físico espacial de la ciudad de Cuenca, se puede apreciar que el área urbana ha sufrido un incremento en su límite, en el año 1982 el área urbana contaba con 2917 ha, en tanto que en el año 1998 se incrementó a 6754 ha y a la fecha, cuenta con 6922 ha lo que representa un 240% de incremento desde al año 1982 hasta el 2006.

Aparecen nuevas urbanizaciones con carácter de exteriores, pues se emplazan fuera del límite urbano o del límite del área de influencia inmediata.

En este sentido, la demarcación no ha sido considerada como un limitante para su crecimiento, es así que se ha dado lugar a una dispersión aún mayor en zonas que presentan aparentemente condiciones adecuadas como son los sectores rurales con tendencia a la conformación de núcleos de población, la presión es tal que su crecimiento se da en condiciones desfavorables, debido a que no se cuenta con planificación ni infraestructura sanitaria, sin un sistema vial debidamente planificado, Challuabamba, Ricaurte,, Baños, San Joaquín, son los sectores que al momento soporta evidentes tendencias de cambios de uso de suelo y afectaciones al paisaje, falta de infraestructura sanitaria, que afectan significativamente las condiciones de vida de población que ahí reside. (Ver Gráfico No. 1.17.)

Gráfico No. 1.17: Crecimiento urbano de Cuenca desde 1950 a 2010



Fuente: (Mera y Santacruz, 2011)

Si bien la ciudad de Cuenca no se presenta como urbe caótica y desordenada; es necesario formular las directrices para el crecimiento de la ciudad, ya que durante la última década, se evidencia la aparición de áreas residenciales, emplazadas generalmente en los límites de la Ciudad, con evidentes problemas de incompatibilidades de usos, así como con una notoria inequidad en la dotación de equipamientos comunitarios, servicios básicos e infraestructura, que daría lugar a una posible segregación espacial. Estos sectores se ubican dentro del límite urbano de la ciudad, algunos de ellos en zonas de riesgo geológico, en zonas con pendientes superiores al 30%, debido al bajo costo del suelo; existen construcciones en condiciones



precarias. Estos asentamientos dan lugar a un crecimiento desordenado y espontáneo, en donde no existe una trama urbana coherente, empeorando la situación, la difícil accesibilidad, y la falta de infraestructura básica.

1.4. LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.

Es necesario diferenciar y conceptualizar el ordenamiento y la planificación territorial; *el ordenamiento territorial (OT)* identifica, distribuye, organiza y regula las actividades humanas en el territorio, que a su vez, debe estar ordenado para acogerlas. La OT, es un instrumento fundamental para el desarrollo y puede interpretarse como la proyección en el espacio de las políticas económica, social, cultural y ambiental; en este sentido el estilo de desarrollo definido por tales políticas se plasma en las actividades (usos de suelo), que se localizan en el territorio, los asentamientos poblacionales y en los canales de relación (Gómez Orea, 2007); sus objetivos fundamentales son: el desarrollo socioeconómico y equilibrado del territorio, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la utilización racional del territorio.⁹

La *planificación territorial (PT)*, es un proceso técnico - estratégico orientado hacia el futuro, pues permite prever y decidir hoy, las acciones que nos pueden llevar desde el presente hasta un futuro deseable. El objetivo de la PT, es la toma de decisiones basada en criterios racionales que definen la estructura espacial (forma de utilización del suelo, redes formadas por los núcleos de población y por los canales que conectan el conjunto) en la que se han de ubicar las actividades propiciadas por las políticas de desarrollo. (Gómez Orea, 2007). Es importante aprovechar esta disciplina científica, con la finalidad de gestionar responsablemente los recursos naturales, aprovechar racionalmente el territorio y proteger el medio ambiente.

En el Ecuador, la Constitución 2008, eleva a la ordenación territorial a la categoría de norma constitucional, debiendo ser asumida fundamentalmente por los gobiernos autónomos descentralizados – GAD, (Pauta, 2013). En este sentido los GAD cantonales, poseen la competencia exclusiva de “...Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural...”¹⁰

La transformación territorial que experimentó el Ecuador durante el siglo XX, trajo como consecuencia la constitución de un territorio desequilibrado con marcadas limitaciones en la

⁹ Carta Europea de Ordenación del Territorio de 1983.

¹⁰ Constitución 2008, Art. 264.- Competencias exclusivas de los GAD cantonales.



integración y articulación de las actividades humanas, expresadas en: la existencia de conflictos funcionales, dificultades de accesibilidad a los sitios de explotación de los recursos naturales y a las zonas potencialmente productivas, la aparición de fuertes manifestaciones de contaminación, desequilibrios ecológicos e irrespeto a la naturaleza, explotación irracional de recursos, deficiente protección, conservación, recuperación del patrimonio natural, desintegración entre regiones, en el campo y entre el campo y la ciudad, lo que marcó el deterioro progresivo de las zonas rurales. (Pauta, 2013)

Este uso intensivo, desordenado e indiscriminado de los recursos naturales, ha provocado su agotamiento, destrucción y degradación, creando un desequilibrio que afecta a la integridad del medio ambiente. El suelo es utilizado con muchos fines sin considerar si las actividades que se están desarrollando son compatibles o conflictivas, esto genera una competencia entre las ellas, lo que conlleva a enfrentar problemas como, la transformación espacial de los paisajes naturales, ampliación de la frontera agrícola, alteración en los sistemas ecológicos, erosión y degradación de suelos, deforestación, malas prácticas agroproductivas, expansión de áreas urbanas hacia zonas de valor ambiental, sobrepastoreo, uso indiscriminado de agroquímicos para mejorar la producción agrícola, etc. En este contexto, es poco acertado el hecho de que en el Ecuador las tierras con aptitud para receptor usos agrícolas como valles, pampas, tierras planas, estén siendo usadas en su mayoría para potreros, mientras que los suelos con fuertes pendientes y páramos se utilicen para el cultivo. Las consecuencias del desordenado manejo de este recurso, es una liberación del territorio rural, lo que ha generado la introducción de nuevas actividades.

En este contexto, se dan dos conceptos: lo urbano y lo rural, considerando generalmente a este último como un espacio destinado únicamente a las actividades agrícolas, con funcionalidades y estructuras complejas, pues contienen recursos naturales muy frágiles que pueden subutilizarse o perderse y que a su vez son un fuerte atrayente, ya que generan una oferta que puede satisfacer una demanda creciente para el desarrollo urbano. Es decir la presión de la expansión de las ciudades hacia el territorio rural se vuelve una amenaza que debe prevenirse y planificarse adecuadamente.

Debido al cambio tan acelerado del uso del suelo, se han generado conflictos entre la vocación del territorio y su destino, entre los intereses de propietarios, grupos ambientalistas, agricultores, promotores, organizaciones o asociaciones privadas e instituciones directamente implicados en esta problemática, (Gómez Orea, 2002). Estos conflictos pueden ser resueltos a largo plazo mediante una política previsor de planeación y ordenación del suelo rural, con capacidad, más que de adaptación ante el cambio, de anticipación al cambio; que contemple la



problemática esbozada de forma integral e integrada, que coordine las acciones de las entidades del Estado dentro de un planeamiento global y unitario, orientado al desarrollo integral.

En este contexto; es necesario acoger una adecuada planificación y gestión del uso del suelo que absorba los rápidos cambios que está experimentando el suelo rústico, mediante la implementación de normas reguladoras que definan su nuevo rol, que como ya se mencionó es un recurso natural no renovable.

1.4.1. MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.

La finalidad de la planificación del uso del suelo es obtener el mejor provecho posible de los recursos naturales, valorando las necesidades y la capacidad de la tierra para satisfacerlas, identificando y resolviendo conflictos entre usos competitivos y buscando soluciones sostenibles. Van Lier (1998) destaca la importancia de la planificación de los usos del suelo en el desarrollo de sistemas rurales sostenibles.

La Food and Agriculture Organization of the United States (FAO, 1993), define la planificación de usos del suelo **como la valoración sistemática del potencial de la tierra, las alternativas de uso del suelo y las condiciones socioeconómicas para seleccionar y adoptar las mejores opciones de uso del suelo.** Adicionalmente *“los planes de uso del suelo proporcionan una identificación de lo que es posible en relación a la tierra y cómo debería procederse para ir del uso actual de la tierra al futuro”* (De Ridder y Ittersum, 1998).

Gómez Orea (2007) establece como objetivo de la ordenación del territorio la organización coherente, entre sí y con el medio, de las actividades en el espacio, con un criterio de eficiencia.

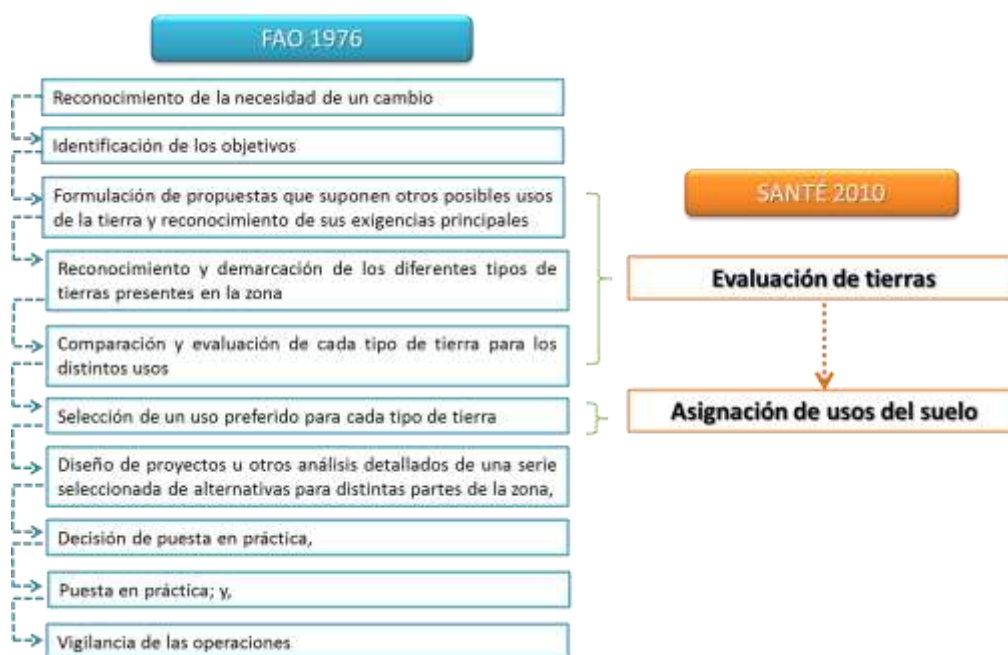
En FAO (1993) se identifican tres objetivos; eficiencia, aceptabilidad y sostenibilidad. La eficiencia se consigue asignando los diferentes usos a las tierras que producirán los mayores beneficios con el menor coste. La aceptabilidad consiste en que el uso del suelo debe ser socialmente aceptado. La sostenibilidad del uso del suelo implica satisfacer las necesidades actuales y al mismo tiempo conservar los recursos para las generaciones futuras.

En A framework for land evaluation (FAO, 1976), se enumeran como principales etapas en un proceso de planificación del uso de tierras las siguientes: i) reconocimiento de la necesidad de un cambio, ii) identificación de los objetivos, iii) formulación de propuestas que suponen otros posibles usos de la tierra y reconocimiento de sus exigencias principales, iv) reconocimiento y demarcación de los diferentes tipos de tierras presentes en la zona, v) comparación y evaluación de cada tipo de tierra para los distintos usos, vi) selección del uso adecuado para cada tipo de tierra, vii) diseño de proyectos u otros análisis detallados de una serie seleccionada

de alternativas para distintas partes de la zona, viii) decisión de puesta en práctica, ix) puesta en práctica; y, x) vigilancia de las operaciones.

Santé (2010), considera dos etapas para la definición de un modelo de ordenación de usos del suelo: la evaluación de tierras, en la que se evalúa la aptitud de la tierra para los usos considerados, y la asignación de usos del suelo, en la cual, partiendo de los resultados de la etapa anterior, se resuelve la asignación óptima de usos a las unidades de tierra. La evaluación de tierras comprende la tercera, cuarta y quinta etapa del proceso de planificación descrito por la FAO (1976), mientras que la sexta etapa de este esquema se corresponde con la asignación de usos del suelo. (Ver Gráfico No. 1.18.)

Gráfico No.1.18: Etapas de planificación del uso del suelo de FAO vs el modelo de Santé (2010)



Elaboración: Propia, 2015

Estos dos procesos presentan una superposición y/o dependencia, pues se complementan y retroalimentan, debido a que los métodos que se pueden emplear, en ambos casos, integran en cierta medida ambas fases; los mapas de aptitud para usos específicos, resultantes de la evaluación de tierras, son usados directamente por los planificadores para la toma de decisiones.

Para los fines que persigue la construcción de esta *Metodología para la determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial*, se ha considerado fundamental profundizar el análisis y comprensión de los métodos utilizados para la evaluación de tierras, donde se valora su aptitud para los diferentes tipos de usos de suelo, a este proceso también se



le conoce como la determinación de la capacidad de acogida que tiene un territorio para receptor las actividades humanas.

A continuación se presenta una revisión de las distintas técnicas y procedimientos que se han estudiado para evaluar la capacidad del territorio para receptor los diferentes tipos de usos de suelo, en los cuales se han identificado técnicas y metodologías con distintos objetivos y aplicaciones. Cabe mencionar que se ha prestado especial atención a los modelos y métodos integrados en SIG, ya que los sistemas de información geográfica (SIG) se han convertido en una herramienta fundamental para la implementación de estos modelos.

1.4.2. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DEL TERRITORIO RURAL RESPECTO A LA IMPLANTACIÓN DE NUEVOS USOS.

Uno de los aspectos más importantes de la planificación física del territorio es la designación de sitios aptos para un apropiado uso del suelo. A este proceso se puede entender como la determinación de la Capacidad de Acogida, que en concepto, es “el grado de idoneidad que presenta el territorio para una actividad, teniendo en cuenta a la vez, la medida en que el territorio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio” (Gómez Orea, 1992 citado por Barredo y Gómez, 2005); en este sentido, un lugar tendrá mayor capacidad de acogida cuando presente la mayor aptitud para receptor un uso de suelo o actividad y a su vez un menor impacto sea este social, económico y ambiental. Asimismo, la capacidad acogida, valora el potencial y las restricciones naturales para la instalación de una actividad o uso de suelo en un determinado espacio; este concepto ha sido muy utilizado en el ordenamiento territorial a través de los años.

En la práctica de la ordenación territorial y el planeamiento urbanístico este concepto se ha desarrollado sobre dos bases teóricas: el análisis de las aptitudes y el análisis de los impactos. El primero, se orienta a la valoración de las oportunidades que el medio ofrece al desenvolvimiento de la actividad humana, es una práctica básica en la planificación territorial. El segundo, el análisis de los impactos, cuya base son las directrices de protección, parte de la valoración de la fragilidad del medio, a fin de establecer las limitaciones de uso que puedan impedir su deterioro. La integración de estas dos líneas de evaluación del territorio, la de aptitud y la de impacto, puede derivar en la elaboración de un modelo territorial ideal, en el que se optimice el aprovechamiento de los recursos y la implantación de las actividades. Este modelo se basa en los mismos conceptos de aptitud (que resume el grado de adaptación del medio a los requerimientos del objeto para el que es evaluado) e impacto (los efectos negativos que pueden derivarse de la implantación de las actividades).



El modelo de evaluación de la aptitud del suelo no se construye sobre un proceso cerrado, cuyo inicio es la formulación del objeto de la valoración y su fin la obtención de una propuesta única, sino a través de posibles alternativas y según diversos escenarios. Aunque esto complejiza enormemente el diseño del modelo, se avanza en la construcción de escenarios futuros, y el método puede dotarse de un aspecto predictivo. Pero para ello, metodológicamente, es necesario llegar a valoraciones con una desagregación muy elevada de juicios parciales.

Considerando estos argumentos, se puede decir que, la utilización combinada de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC), constituyen herramientas muy útiles para su aplicación en los procesos de evaluación de tierras. Así el método adquiere la máxima aplicabilidad posible, siendo posible investigar el número de alternativas y, en definitiva, facilitar la toma de decisiones.

Como se afirma, las ventajas de utilizar estas técnicas con SIG se sitúan en poder resolver con todo rigor la interrelación de las diversas variables del territorio, otorgándosele el peso y la proporcionalidad adecuada o necesaria en cada momento.

Un atributo cualquiera contenido en cada una de las capas de información de un SIG, pueden ser dentro de él, ponderado como elemento positivo o negativo según un determinado objeto. Y puede igualmente ser valorado en conjunción con otros y en función de ello contrarrestado, potenciado o anulado.

A su vez, en lo que concierne al proceso de evaluación, su diseño dentro de un SIG, permite aprovechar las potencialidades de éste en la interrelación de las capas de información requeridas (capas que darán lugar a criterios y factores) y sus utilidades de análisis/evaluación; de modo que sea factible su aplicación y revisión en otros escenarios espaciales con la mera adecuación de los datos, y en su caso de los procesos, a las nuevas condiciones geográficas o territoriales.

Con ello el método adquiere un carácter aplicado y una finalidad demostrativa y se convierte en una herramienta dúctil, con la que se puede interactuar, capaz de reorientar las evaluaciones de acuerdo a diferentes puntos de vista. Así los resultados serán válidos en función de los juicios y las valoraciones emitidas, teniendo cabida por tanto experimentar sobre resultados alternativos, rectificar los juicios, considerar o no determinadas variables o criterios, etc. (Lamelas, 2009)

Con estas consideraciones se puede concluir que un modelo adecuado para evaluar la capacidad del territorio, respecto a la implantación de nuevos usos, sería aquel que considere el



análisis de la idoneidad del territorio para acoger diferentes formas de uso del suelo, en función del potencial y restricciones que este presente. (Santé, 2010) (Ver Gráfico No, 1.8.).

1.4.3. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE TIERRAS.

Los procesos para la evaluación de tierras pueden ser clasificadas en dos grupos principales: cualitativos y cuantitativos. Los métodos cualitativos como los sistemas expertos y métodos paramétricos; son muy flexibles y permiten una completa incorporación del conocimiento experto, sin embargo poseen un gran nivel de subjetividad. Los métodos cuantitativos incluyen modelos estadísticos y metodologías de análisis multicriterio cuya característica principal es la capacidad para integrar juicios de valor en los procedimientos de toma de decisiones; también existen aproximaciones más recientes basadas en inteligencia artificial como, los sistemas borrosos, las redes neuronales, los algoritmos genéticos y los autómatas celulares. (Beguería y Lorente, 2003; de la Rosa, 2004; Guzzetti, 1999).

Tanto los métodos cuantitativos como cualitativos tienen ventajas e inconvenientes, por lo tanto, la elección de una u otra metodología debe basarse en numerosos factores como son; la disponibilidad y calidad de la información necesaria para llevar a cabo los modelos, la posibilidad que obtener información para su validación, la adecuación de la información disponible a la zona de estudio y el objetivo final de los modelos.

1.4.3.1. Aproximaciones cualitativas

En muchas aproximaciones cualitativas, una clasificación formal se consigue mediante la aplicación del factor más limitante, especificando el grado de aptitud o vulnerabilidad del suelo. Ello conlleva un conocimiento de las condiciones óptimas del uso de la tierra y de las consecuencias de las desviaciones de este óptimo (Verheye, 1988). Estos sistemas relativamente simples de evaluación de tierras dependen pues en buena medida de la experiencia y del conocimiento intuitivo y representan verdaderos modelos empíricos. El sistema de "Capacidad de Uso del Suelo" (USDA, 1961) y sus diversas adaptaciones, son típicas metodologías cualitativas de evaluación de tierras, que se han utilizado ampliamente en diversas partes del mundo. (Santé, 2010)



1.4.3.2. Sistemas expertos

Los sistemas expertos son programas de ordenador que simulan las habilidades de uno o varios expertos para solucionar problemas en un determinado campo y dan soluciones a ese problema. Estos sistemas expresan conocimiento deductivo por medio de árboles de decisión. Los árboles expertos de decisión están basados en antecedentes científicos (descripción teórica) y resultan de la experiencia y discusiones entre expertos (experiencia práctica); como consecuencia, reflejan el conocimiento experto disponible. Los árboles de decisión son llaves jerárquicas en las que las hojas son las elecciones (las clases/gamas), tal como los niveles característicos de generalización, y los nodos interiores del árbol son los criterios de la decisión. Estos árboles de clasificación y de regresión han sido típicamente utilizados en investigaciones sobre suelos y recursos naturales (de la Rosa, 2004). El sistema MicroLEIS, desarrollado por de la Rosa (2004), presenta algunos modelos que son buenos ejemplos de aplicación de esta metodología.

1.4.3.3. Métodos paramétricos

Los métodos paramétricos pueden ser considerados como una fase de transición entre los métodos cualitativos, basados en juicios expertos, y los modelos matemáticos. Tienen en cuenta las interacciones entre los factores más significativos mediante la simple multiplicación o adición de índices de los factores (de la Rosa, 2004). Uno de los ejemplos más conocidos de esta metodología es la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (Universal Soil Loss Equation –USLE) (Wischmeier y Smith, 1978) para la susceptibilidad a la erosión.

1.4.3.4. Modelos estadísticos

En la evaluación de tierras, los modelos estadísticos son potentes métodos empíricos para la predicción de la idoneidad o potencialidad del territorio en función de las características del terreno. Las aproximaciones estadísticas están orientadas a datos y sus resultados no implican una relación causa-efecto (pero pueden dar certeza a hipótesis bien enunciadas). Además con la introducción de variables adecuadas, los modelos estadísticos pueden dar resultados satisfactorios para una determinada área de estudio; sin embargo, sus conclusiones difícilmente pueden ser aplicadas a otros lugares, o usadas para probar escenarios de simulación. En la bibliografía científica se ha observado una presencia de diferentes aproximaciones estadísticas multivariante incluyendo regresión lineal, análisis discriminante y regresión logística. La naturaleza de la variable dependiente y las



independientes debe determinar la selección del método más apropiado (Beguería y Lorente, 2003). La técnica de regresión logística que ha sido utilizada en este trabajo para la evaluación de la susceptibilidad a la aparición de fenómenos de dolina pertenece a este tipo de metodologías (Lamelas, 2007; Lamelas, 2008).

1.4.3.5. Técnicas de evaluación multicriterio

La Evaluación Multicriterio (EMC) puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones (Gómez-Delgado y Barredo, 2005). El fin básico de las técnicas de EMC es comparar una serie de alternativas en función de varios criterios teniendo en cuenta las preferencias del usuario.

El análisis multicriterio proporciona el marco adecuado para la integración de los distintos factores (medio ambiente, economía y sociedad) que intervienen en la planificación, diseño y gestión del uso del suelo. Entre las ventajas que presentan los métodos multicriterio para la gestión de usos del suelo pueden citarse las siguientes (Beinat y Nijkamp, 1998):

- Permite el análisis de múltiples decisiones alternativas y opciones de uso del suelo
- Los resultados de las distintas opciones pueden presentarse de distintas formas.
- Permite entender y justificar las cuestiones implicadas en una decisión
- Hace posible el análisis de las ventajas e inconvenientes de cada opción
- Posibilita que la opinión de los diferentes agentes implicados sea considerada, identificando conflictos potenciales en una fase inicial del proceso
- Ofrece la posibilidad de analizar la sensibilidad y robustez de las diferentes elecciones

Como inconvenientes de estas técnicas, Voogd (1983) ha señalado la complejidad de las operaciones matemáticas, las suposiciones implícitas a los distintos métodos, la imposibilidad de cuantificar gran parte de los criterios y la reducción de las cualidades de las alternativas a un número.

1.4.3.6. Técnicas basadas en inteligencia artificial

En la última década se han desarrollado diversos paradigmas que integran componentes de la inteligencia artificial y SIG. Estos modelos híbridos incluyen principalmente la integración de los sistemas borrosos, las redes neuronales, los algoritmos genéticos y los autómatas celulares. Todos estos modelos, se enmarcan en la denominada inteligencia computacional (Malczewski, 2004).



Los sistemas borrosos, emulan el razonamiento aproximado de nuestro cerebro, permitiendo manejar conceptos vagos e imprecisos como los empleados en la vida cotidiana. Esta teoría está diseñada para tratar problemas, elementos, clases, etc., sin límites bien definidos y se sustenta en la idea de que el mundo no está compuesto por partículas elementales indivisibles y discretas, sino que se trata de un continuo con diferentes propiedades en diferentes localizaciones (Gómez-Delgado y Barredo, 2005).

Las redes neuronales muestran una gran capacidad para tratar con sistemas multivariante no lineales. Además, pueden procesar las pautas de entrada nunca antes presentadas, de manera casi igual al cerebro humano. Recientemente, han surgido conexiones entre las técnicas de redes neuronales y sus aplicaciones en ingeniería, agricultura y ciencias ambientales (de la Rosa, 2004).

Los Algoritmos Genéticos son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización de información. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos, a lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes. (Teoría de Darwin, 1859). Por imitación de este proceso, los Algoritmos Genéticos son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas (Malczewski, 2004).

Los autómatas celulares permiten simular ciertos fenómenos complejos con la integración de células finitas, que interactúan de acuerdo a reglas simples basadas en consideraciones heurísticas. Las reglas de interacción que generalmente se aplican a los vecinos inmediatos, pueden o no guardar una semejanza con las leyes físicas que gobiernen el fenómeno.

ANÁLISIS DE LA IDONEIDAD DEL TERRITORIO PARA DIFERENTES USOS DEL SUELO.

El propósito de este análisis es el identificar el modelo espacial más apropiado para la localización de futuros usos del suelo, de acuerdo con unos requerimientos y preferencias específicos.

En este contexto, el análisis de la idoneidad del terreno para acoger usos del suelo basado en SIG ha sido ampliamente utilizado en una gran variedad de situaciones; incluyendo estudios ecológicos y geológicos, idoneidad de actividades agrícolas, evaluación de impacto ambiental, localización optima de diferentes infraestructuras y planeamiento regional (Collins, 2001; Hoppe, 2006; Jakowski, 1995; Malczewski, 2004; Pereira y Duckstein, 1993).



Cualquier proceso de planeamiento debe orientarse a la incorporación de una mezcla de información objetiva y subjetiva. La información objetiva se deriva de hechos comentados, estimaciones cuantitativas e investigaciones sistemáticas de opinión; la información subjetiva representa las opiniones (preferencias, prioridades, juicios, etc.) de los grupos de interés y los centros de decisión. La idea de combinar los elementos subjetivos y objetivos de todo proceso de planeamiento en un sistema informatizado recae sobre el concepto de Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SDSS, Spatial Decision Support System) (Malczewski, 2004). Pueden ser definidos como un sistema informatizado, interactivo, diseñado para apoyar a un usuario o grupo de usuarios a alcanzar un alto grado de efectividad en la toma de decisiones, mientras soluciona un problema de decisión espacial semiestructurado (Malczewski, 2004). Un SDSS también se refiere a la combinación de metodologías sofisticadas para el apoyo a la toma de decisiones (técnicas de EMC y SIG) (Gómez-Delgado y Barredo, 2005; Malczewski, 2004; Marinoni, 2005; Jankowski, 1995).

Los trabajos de Voogd (1983), Janssen y Rietveld (1990), Carver (1991), Can (1993), Pereira y Duckstein (1993), Barredo y Bosque (1995), Bosque et al. (1999), Thill (1999), Eastman et al., (1993), entre mucho otros, indican la tendencia de integración de técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) y SIG, tratando de solventar de algún modo las carencias analíticas de los SIG (Gómez-Delgado y Barredo, 2005).

Las metodologías de evaluación multicriterio (EMC), definen una relación en los datos de entrada y los de salida. Estas metodologías implican la utilización de información geográfica, las preferencias del agente de la decisión y la manipulación de esta información y preferencias de acuerdo con unas reglas de decisión específicas.

Las metodologías de EMC han sido duramente criticadas por su subjetividad. Sin embargo, es importante acotar que las decisiones sobre los usos del suelo son tomadas por agentes, que son los que finalmente asignan los diferentes usos, por lo que, el proceso de toma de decisiones siempre tendrá una parte importante de subjetividad. Las metodologías de evaluación multicriterio han hecho un gran esfuerzo por introducir tanta objetividad cómo es posible en un proceso altamente subjetivo.

Sin embargo, la integración de estas técnicas sigue planteando ciertos problemas o inconvenientes en el momento de realizar aplicaciones específicas. Entre los inconvenientes más notables destacan (Gómez-Delgado y Barredo, 2005):



- La imposibilidad de aplicación de los métodos de EMC basados en la comparación por pares con largas series de datos, debido a las restricciones que plantean los actuales sistemas informáticos en este sentido.
- La dificultad que presentan algunos métodos de EMC en su implementación metodológica, lo que genera por consiguiente un difícil análisis de los resultados, así como un desconocimiento del procedimiento interno de los métodos por parte de usuarios no especialistas en EMC.
- La necesidad de generar en muchos de los casos programas de procesamiento de los datos anexos a los SIG, basados en algoritmos que describan los métodos de EMC, lo que obviamente ocasiona que muchos usuarios de estos sistemas no puedan acceder a dichos métodos.

Existen en la bibliografía científica diferentes intentos de clasificar los métodos de decisión multicriterio por diversos autores (Gómez-Delgado y Barredo, 2005, Jankowski, 1995; Malczewski, 1999; Pereira y Duckstein, 1993; Vincke, 1986; Voogd, 1983). Unos diferencian entre multiatributo y multiobjetivo, mientras otros distinguen entre técnicas compensatorias y no compensatorias, así como deterministas ó borrosas.

La mayoría coincide en que las reglas aditivas de decisión (Sumatoria lineal ponderada, Análisis de la concordancia, Jerarquías analíticas, etc.) son los métodos para la toma de decisión multiatributo más conocidos y ampliamente utilizados en el proceso de toma de decisiones basado en la utilización de SIG, y se detallan a continuación:

- La Sumatoria lineal ponderada (Simple Additive Weighting methods SAW or Weighted Linear Combination, WLC) es la técnica más comúnmente utilizada para llevar a cabo toma de decisiones espaciales multiatributo. Esta técnica aditiva y compensatoria está basada en el concepto de media ponderada.
- El método de Sumatoria lineal ponderada ordenada (Ordered weighted average, OWA) se incluye en algunos casos en las técnicas borrosas, pero más que un método borroso, sería una generalización de tres tipos básicos de funciones de agregación: la intersección de conjuntos borrosos, la unión de conjuntos borrosos y los operadores de medias.
- El método de Jerarquías analíticas (Analytical Hierarchy Process, AHP), desarrollado por Saaty (1977), también se trata de una técnica aditiva y compensatoria que está basada en tres principios: descomposición, juicio comparativo, síntesis de prioridades.
- Los métodos de concordancia (Concordance methods) están basados en la comparación por pares de alternativas, de la cual se deriva una clasificación ordinal.



Estos métodos también son conocidos como técnicas de superación (Outranking techniques).

- El Análisis del Punto Ideal (Ideal point) ordena un conjunto de alternativas a partir de su separación del punto ideal que se considera inalcanzable; posteriormente es comparada la distancia entre cada alternativa y el ideal en un espacio multivariado, donde cada criterio representa un eje. El punto ideal puede ser considerado tanto como uno o muchos puntos posibles que pueden ser usados para ordenar un grupo posible de alternativas. Este análisis se encuentra incluido en las técnicas compensatorias basadas en la aproximación al punto ideal.
- El método TOSIS (Technique for order Preference by Similarity to Ideal Solution), también incluido en las técnicas compensatorias basadas en la aproximación al punto ideal, sustenta su funcionamiento en el cálculo de las distancias al punto ideal y al punto anti-deal; la mejor alternativa sería, la más lejana posible a este punto.

En el contexto del análisis de la idoneidad o capacidad del terreno para determinados usos del suelo es importante diferenciar entre el problema de la selección de alternativas óptimas y el problema de búsqueda de localización óptima. El propósito del análisis de alternativas óptimas es identificar la mejor localización para una determinada actividad, dado un grupo de localizaciones posibles.

A pesar de la existencia de diversas metodologías, los métodos para la toma de decisiones multicriterio tienen ciertos aspectos en común. Las alternativas representan las diferentes elecciones de acción de los agentes de decisión. Los atributos múltiples representan el nivel más bajo de los criterios de decisión; se asignan pesos de decisión a dichos atributos. Normalmente, estos pesos se normalizan para sumar la unidad (Gilliams et al., 2005). Por tanto, un problema fundamental en la teoría de la decisión es cómo asignar pesos a un conjunto de criterios de acuerdo con su importancia. Un método para la evaluación de pesos, excelente y ampliamente conocido, es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Este método, se usa para el análisis de localización y alternativa óptima, para la asignación de los pesos, implica la comparación de pares de criterios para la creación de una matriz ratio. Específicamente, los pesos son determinados mediante la normalización del autovector asociado con el autovalor de la matriz ratio.

El procedimiento consiste en tres pasos principales: i) generación de la matriz de comparación de pares, ii) el cálculo de los pesos de los criterios; y, iii) la estimación del índice de consistencia (Saaty, 1977). Aplicaciones empíricas sugieren que este método de comparación por pares es



una de las técnicas más efectivas para la toma de decisiones espaciales que incluyen aproximaciones basadas en SIG (Eastman et al. 1993); Malczewski et al. 1997). Existen una gran cantidad de ejemplos bien documentados de la aplicación de este método con éxito (Banai, 1993, Banai-Kashani, 1989, Miller et al., 1998, Malczewski, 1996). De acuerdo con Marinoni (2004) la incorporación del AHP en un SIG combina las metodologías de apoyo a la toma de decisiones con una visualización potente y unas capacidades cartográficas, las cuales, en definitiva, deberían facilitar considerablemente la creación de mapas de idoneidad de los usos del suelo.

1.4.4. CONCLUSIONES DE LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO Y DE LAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DEL USO DEL SUELO, RESPECTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS USOS.

El acelerado cambio de los usos de suelo están generando conflictos entre la aptitud que tiene el suelo y su destino, y ejerciendo una fuerte presión en el territorio rural, más aun cuando se trata del suelo que requieren las ciudades para su expansión.

Es necesaria una adecuada política que prevea y oriente estos cambios a fin de mantener un equilibrio entre las necesidades de suelo para la expansión urbana y la conservación de los recursos naturales. En este sentido la planificación de los usos de suelo, es una herramienta eficaz para cumplir con este propósito.

Existen muchos métodos, el más representativo y que ha sido objeto de análisis por lo objetivos que persigue, es el desarrollado por la FAO, en 1976. Santé (2010), diseñó un modelo de planificación basado en el esquema FAO, resumiéndolo en dos grandes procesos que son la evaluación de la aptitud de la tierra para receptor los usos de suelo y la asignación óptima de usos de suelo en el territorio.

En la búsqueda bibliográfica de los modelos de planificación que permitan una adecuación de los intereses conceptuales que persigue el planteamiento de esta metodología para determinar las áreas de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, se ha establecido que un proceso factible para medir la aptitud del territorio respecto a la implementación de nuevos usos de suelo, es la determinación de la capacidad de acogida o valoración de la aptitud del suelo, que se resume en un proceso que mide el grado de idoneidad que presenta el territorio para una actividad, considerando los requisitos de cada una y los efectos de esta sobre el medio.

Las técnicas de evaluación multicriterio, se vuelven una herramienta fundamental en la determinación de la capacidad de acogida; pues en este método el modelo de evaluación de la



aptitud del suelo no se construye sobre un proceso cerrado, cuyo inicio es la formulación del objeto de la valoración y su fin la obtención de una propuesta única, sino a través de posibles alternativas y según diversos escenarios.

Los sistemas de información geográfica, en gran medida apoyan al proceso de evaluación multicriterio, mediante el análisis espacial de las variables y factores, de esta manera el método adquiere la máxima aplicabilidad posible, ya que las múltiples alternativas son evaluadas otorgándoles un peso y proporcionalidad adecuados en cada fase de la toma de decisiones.

1.5. IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA EN EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.

El crecimiento de la mancha urbana, cuyas causas y consecuencias ya se mencionaron en el apartado anterior, evidencia la necesidad de orientar y planificar el crecimiento de las ciudades, reconociendo las potenciales áreas rurales que podrían incorporarse a zonas urbanas y las que presentan limitaciones por razones de protección, riesgos o aptitud agropecuaria, forestal y minera.

Desde el punto de vista de la ordenación territorial, es necesario organizar coherentemente, entre sí y con el medio, las actividades en el espacio, con un criterio de eficiencia, de esta manera las zonas de expansión de las ciudades, tendrán su óptima localización cuando se emplacen en un territorio que los pueda recibir sin que se degraden sus características ambientales, según Gómez Orea (2007), las zonas aptas para recibir usos que consumen irreversiblemente el territorio como en este caso la urbanización, son aquellas que no tienen ninguna vocación de uso.

La determinación de zonas de expansión urbana, requiere de la integración de la ordenación territorial y la ordenación urbanística, ya que ambas mantienen una complementariedad, pues la primera condiciona en gran parte a la segunda; al fijar los roles, funciones y actividades de los asentamientos humanos y sus posibilidades de expansión física, por lo que los instrumentos de la ordenación urbanística deberán ajustarse a las determinaciones de los instrumentos de la ordenación del territorio. (Pauta, 2013)

En este contexto, se vuelve fundamental en el proceso de planificación y ordenamiento territorial a nivel cantonal¹¹, determinar la importancia de identificar el suelo destinado a la

¹¹ En este nivel de gobierno, la Constitución 2008 y el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, en sus Art. 264 y 55, respectivamente, determinan como competencia exclusiva de los GAD'S cantonales "Regular y controlar el uso y ocupación de suelo urbano y rural".



expansión urbana, a continuación se señalan algunos motivos por lo que se debería definir estas zonas:

- Para lograr la integración entre el campo y la ciudad, en lo que económico, social y cultural, garantizar el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza, proteger, conservar, defender y recuperar el patrimonio natural y cultural, garantizar un modelo sustentable de desarrollo y respetuoso de la diversidad cultural. (*Constitución del Ecuador 2008, Art. 276, 284, 66, 71-74, 380, 395 y 226; en Pauta, 2013*)
- Porque en los planes de ordenación territorial cantonal, la delimitación de áreas según categorías de ordenación territorial, se realiza en función de las unidades territoriales, que son sectores territoriales básicos y constituyen la expresión de los elementos y procesos del medio físico; y, de la capacidad de acogida de esas unidades para usos potenciales y existentes.

En este sentido, el ordenamiento territorial señalará la vocación de destino de estas unidades territoriales, ósea su idoneidad para admitir los usos de suelo, en función de las debilidades y fortalezas que posea el territorio. En el caso de la determinación de suelo de expansión urbana, se deberá considerar aquellas áreas sin vocación de uso definido, se trata de zonas cuyos recursos son insuficientes para justificar un desarrollo endógeno, y por tanto no están ligados directamente a los recursos del medio físico.

- Porque corresponde a la ordenación territorial a nivel cantonal, delimitar en su circunscripción cantonal, zonas que por sus valores ecológicos, productivos, paisajísticos, científicos, culturales o funcionales, constituyan el patrimonio natural del cantón, independientemente de las áreas protegidas nacionales. (*Constitución 2008, Art. 264. Numerales 1 y 8.*)
- Porque es necesario considerar, las zonas de expansión urbana que se han establecido en la ordenación del **medio** físico, previo estructurar adecuadamente los asentamientos urbanos, donde se les otorga un rol, función y tamaños de población jerarquizados, en base a su potencial de desarrollo y su situación socioeconómica.

- Porque es indispensable definir los asentamientos urbanos y el territorio rural antes de determinar la localización de equipamientos o instalaciones de alcance nacional, regional, provincial o parroquial establecidos en los planes de ordenación territorial de otros niveles de gobierno o en la Estrategia Territorial Nacional. (Pauta, 2013).

Asimismo se deberá considerar la ordenación de las unidades urbanas mayores, intermedias y menores, mismas que formaran parte de la ordenación territorial a nivel cantonal, integrándose en el modelo urbanístico objetivo, la normativa reguladora de uso y ocupación de suelo urbano; y, las actuaciones urbanísticas. (Ver Gráfico No. 1.18.)

Las determinaciones de la ordenación urbanística, permitirán controlar y guiar adecuadamente los procesos de expansión, consolidación, renovación y conservación de las zonas urbanas.

Gráfico No. 2.2: Proceso de determinación de zonas de expansión urbana como Categoría de Ordenación Territorial



1.6. OBJETIVOS DE LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA.

Para la formulación de estos objetivos, se ha creído conveniente considerar un proceso de retroalimentación entre los factores, variables y agentes que corresponden al medio rural y aquellos que conciernen o encierran la realidad de los asentamientos urbanos.

De esta manera, recogiendo las determinaciones de orden superior de se han establecido en la Constitución 2008 para los Gobiernos Autónomos Descentralizados Cantonales (GAD's Cantonales), se han determinado, un sistema de objetivos en materia de ordenación del medio físico como principal factor a considerar y a su vez las variables que permitan determinar zonas aptas para receptor urbanización, propiciando a una articulación de las directrices antes señaladas. Los objetivos que persigue la determinación del suelo de expansión urbana en el ordenamiento territorial cantonal, se pueden establecer de la siguiente manera:

- i. Racionalizar las actuaciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible, de manera que permitan regular las dinámicas de transformación territorial para optimizar la utilización de los recursos naturales y



humanos, y lograr condiciones de vida dignas para la población actual y futura. *(Constitución. Art. 14, 71, 276 Numeral 4; y, 264. Numeral 1 y 2).*

- ii. Reservar suelo para la expansión urbana, que prevea la ocupación de territorios con aptitud para ello, sin perjuicio de que en los planes urbanísticos se prevea políticas de densificación y aprovechamiento del suelo, infraestructuras, bienes y servicios ya existentes en la zona urbana, que propicien un crecimiento compacto y complejo. *(Constitución. Art. 31, 409, 411; y, 264 Numeral 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8).*
- iii. Regular la expansión urbana, propendiendo a un crecimiento ordenado mediante la incorporación de zonas destinadas a expansión por etapas y en función de la necesidad de suelo para urbanizar; de esta manera se podrá evitar el fraccionamiento del suelo rural, la dispersión edificatoria y la generación de espacios intersticiales. *(Constitución. Art. 31; y, 264. Numeral 1 y 2).*
- iv. Proteger las áreas con valor ambiental, paisajístico, ecológico, científico y cultural y destinarlas a los usos de suelo que mejor se adapten a estos valores, con criterios de sostenibilidad, respeto a la capacidad de asimilación y renovación. *(Constitución. Art. 71, 73, 404, 405, 406, 407, 408, 264 Numeral 1, 2, 8, 10, 11, 12; y, 276 Numeral 4).*
- v. Preservar el suelo con aptitud agrícola, con la finalidad de precautelar la soberanía alimentaria. *(Constitución. Art. 13, 409; y, 264. Numeral 1 y 2).*
- vi. Preservar el suelo con aptitud forestal y la vegetación existente, misma que puede potencializarse como zonas de recreación, amortiguamiento o transición entre la ciudad y el territorio rural. *(Constitución. Art. 264. Numeral 1, 2, 8)*
- vii. Prevenir la propagación de los asentamientos de población informales o en zonas de riesgos geológicos, fuertes pendientes y con susceptibilidad a inundación. *(Constitución. Art. 30, 375, 389; y, 264. Numeral 1 y 2)*
- viii. Controlar la especulación del mercado de suelo y la variabilidad de su renta, que permita evitar las tendencias de segregación socio espacial de la población que actualmente se vienen presentando en las ciudades. *(Constitución. Art. 31, 375; y, 264. Numeral 1, 2, 3, 4)*



Adicionalmente a la determinación de las zonas de expansión urbana, es necesario mediante la formulación de planes parciales de ordenación urbanística, definir nuevas características de uso y ocupación de suelo para estas áreas, previo a dar paso a su utilización, misma que debe ser progresiva y en función de las demandas de suelo existente en las ciudades, procurando siempre primero generar políticas que permitan avanzar hacia la densificación y diversificación de funciones en el territorio urbano.

1.7. CONCLUSIONES GENERALES

En este capítulo se ha realizado una revisión bibliográfica de los elementos orientadores para la construcción de la metodología, que permiten obtener un sustento teórico y dan rigurosidad al proceso de investigación y a la construcción de la metodología, la finalidad de este proceso ha sido construir el estado de arte en relación a los métodos de planificación del uso del suelo, técnicas, procedimientos para evaluar la capacidad del territorio rural respecto a la implantación de nuevos usos, indicadores espaciales de sostenibilidad y estudio de dinámicas de usos del suelo, con la finalidad de establecer el sustento teórico conceptual para el diseño de la metodología

En relación a las tendencias de crecimiento de las ciudades se ha determinado que una de las causas para la expansión de las ciudades es el incremento poblacional que estas experimentan, fruto de las migraciones campo – ciudad, en este sentido se ha establecido que las ciudades se expanden hacia zonas con interés y aptitud para usos agrícolas, forestales o de protección, lo que genera conflictos y una fuerte presión hacia el territorio rural lo que pone en tela de duda la sostenibilidad ambiental y se suma a los factores del cambio climático, contaminación y ocupación intensiva del territorio.

Orientar el crecimiento de las ciudades, reconociendo primeramente que es un proceso natural y necesario para las urbes, sin desconocer la importancia del recurso suelo y la calidad del medio rural, se vuelve fundamental en los procesos de planificación del territorio, de allí la importancia de contar con métodos adecuados que permitan una valoración del potencial del suelo para receptar el crecimiento de las ciudades, a esto se le denomina, “capacidad acogida para el uso urbano”, estos usos tendrán su óptima localización cuando sean asignados en un lugar que los pueda recibir sin que se degraden las características ambientales del territorio y que su integración en el medio y en el paisaje tengan la mayor aptitud y el menor impacto posible.



Existen un sin número de métodos y aplicaciones que permiten alcanzar este proceso, sin embargo luego de la revisión bibliográfica se ha determinado que un método adecuado para este fin es el empleo de técnicas de evaluación multicriterio integradas en sistemas de información geográfica, ya que permiten libremente el establecimiento de las variables necesarias para el proceso de toma de decisiones, mismas que son ponderadas en función de la importancia que tiene cada una, lo destacable de este proceso es que en cada paso de evaluación, permite tomar el criterio de un agente decisor que en este caso corresponde al criterio técnico del planificador, para seguir avanzando en el proceso. Los SIG, juegan un papel fundamental ya que permiten el análisis espacial y general.

Al analizar las dinámicas de los usos de suelo, se pudo conocer que relacionados con la expansión urbana, tienen una estrecha relación con la ocupación y evolución de los patrones de usos en las áreas urbanas y suburbanas y estas con factores físicos, naturales y socioeconómicos.

En pleno conocimiento de los efectos que trae consigo la expansión de las ciudades en el territorio, es necesario controlar su crecimiento, mediante políticas que propicien la sostenibilidad de los sistemas urbanos, pero es aún más importante orientar este crecimiento de manera planificada para que este proceso natural y necesario, no cause un deterioro del medio rural y un agotamiento de los recursos no renovables, la determinación de zonas de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, visto desde la planificación a nivel cantonal, es factible y necesaria, pues permitirá sacar el mejor provecho posible al territorio y coadyuvará a que el sistema territorial mantenga un equilibrio armónico.

The background of the page is a light blue map of a city grid. Overlaid on this map are several clusters of small blue squares, some of which are white, arranged in a pattern that resembles a stylized, fragmented map or a data visualization. These clusters are located in the top-left, bottom-right, and bottom-center areas of the page.

CAPÍTULO I

CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA METODOLOGICA
PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA
COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL

En este apartado, será necesario identificar criterios que permitan determinar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, por lo que se ha evaluado las variables que pueden influir en este análisis, estableciendo limitantes y factores, en función de las determinaciones de orden superior, establecidas en la Constitución del Ecuador (2008), mismas que han servido de base para establecer los objetivos que persigue la determinación del suelo de expansión urbana y que fueron identificados en el Capítulo anterior, así como también aquellos que resultan de la integración de la ordenación territorial y de la ordenación urbanística.

Se ha escogido a la técnica de análisis multicriterio conocida como la Sumatoria Lineal Ponderada como método a aplicarse, ya que permite involucrar las preferencias del planificador en la toma de decisiones; en este método, la obtención del nivel de adecuación de las alternativas se obtiene multiplicando los pesos por las variables ya estandarizadas, para luego sumar cada variable; los pesos que intervienen en el análisis se establecen en función de la importancia e influencia de cada una de las variables en la determinación de suelo de expansión urbana, el resultado de este análisis será un mapa donde se muestra el territorio cantonal según su mayor o menor aptitud para receptor el uso urbano.

Como un aporte para mejorar la disponibilidad y acceso a la información necesaria para la aplicación de esta propuesta metodológica, se ha realizado un inventario de la cartografía con la que se cuenta en el Ecuador y que forma parte de la base de datos del Sistema Nacional de Información (SNI).



2.1. CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.

A diferencia del suelo urbano que cuenta con infraestructura vial, redes primarias de energía, agua potable, alcantarillado; y, que está destinado por el Plan de Ordenamiento Territorial exclusivamente a receptor usos urbanos; **el suelo de expansión urbana, son porciones del territorio cantonal destinadas a este propósito, que se debe ir habilitando en función del crecimiento de la ciudad y a la posibilidad de dotación con infraestructura para el sistema vial, de transporte, de servicios públicos domiciliarios, áreas libres y parques y equipamiento colectivo de interés público o social**, he aquí la necesidad de determinar estas reservas de suelo, que permitan planificar el crecimiento de las ciudades y la inversión en la dotación de infraestructura y servicios, así como también evitar la utilización de territorios no aptos para el uso urbano, ya sea por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogos, o por el potencial riesgo que representa.

Como ya se mencionó en el Capítulo anterior, un proceso factible para medir la aptitud del territorio respecto a la implantación de nuevas actividades, es la determinación de la capacidad de acogida del suelo, y se resume en un proceso que mide el grado de idoneidad que presenta el territorio para una actividad, considerando los requisitos de cada una y los efectos de estas sobre el medio, para el caso de las determinación de las zonas de expansión urbana, se deberá considerar las zonas menos valiosas, las cuales serán aptas para el establecimiento de estas actividades que consumen irreversiblemente el territorio (Gómez Orea, 2007).

Para el efecto se deberá considerar el territorio rural donde se tenga áreas de reserva agrícola, ganadera, forestal, minera, de protección ambiental, de conservación y recuperación paisajista y de preservación del patrimonio histórico, cultural y arquitectónico; así como también aquellas condiciones favorables para la urbanización como las zonas provistas de servicios básicos e infraestructura o aquellos sectores donde sea viable la provisión de estos servicios, al igual que su localización alejada de zonas altamente contaminantes o que puedan generar riesgos a la salud e integridad de la población. (Ver Gráfico No. 2.1.)

Grafico No. 2.1: Variables para la determinación de zonas de expansión urbana



Fuente y elaboración: Propia, 2015.

Existe diversidad de metodologías para la evaluación de tierras, las cuales se abordaron en el Capítulo anterior, sin embargo se propone para el planteamiento de la determinación de las zonas de expansión urbana, las Técnicas de Evaluación Multicriterio y el Análisis Espacial, que integradas entre sí, dan paso al proceso denominado Evaluación Espacial Multicriterio (EEM); mismo que se vuelve una herramienta aplicable en la determinación de la capacidad de acogida del territorio para diversas actividades. En este caso, se utilizará esta herramienta para evaluar la capacidad del territorio para receptor el uso urbano, pues las zonas de expansión urbana serán aquellos sectores donde se propiciará su ocupación con estos usos de suelo. La ventaja de este método es que permite construir el modelo de evaluación de la aptitud del suelo para el uso urbano, sobre un proceso abierto, cuyo inicio es la formulación del objeto de la valoración (aptitud para el uso urbano), y su fin la obtención de una propuesta única (zonas de expansión urbana), a través de posibles alternativas y según diversos escenarios.

De las técnicas de Evaluación Espacial Multicriterio (EEM) existentes, ***se ha determinado que la Sumatoria Lineal Ponderada puede ser un método fácil y comprensible a la hora de determinar suelo con aptitud para la expansión urbana***, para lo cual será necesario establecer criterios y factores relevantes para la determinación de estas zonas, que es el objetivo de la evaluación; y, reglas de decisión o juicios de valor, es decir, qué características del territorio son las que diferencian las alternativas en función de cada criterio, y en qué medida inciden en la valoración de la aptitud para el uso urbano. En este contexto, los sistemas de información geográfica, apoyan en el proceso, mediante el análisis de las variables que condicionan los criterios, factores y las reglas de decisión para la determinación de las zonas de expansión urbana, de esta manera la Evaluación Espacial Multicriterio (EEM), con el apoyo de los SIG, adquiere la máxima aplicabilidad posible, ya que las múltiples alternativas pueden ser evaluadas otorgándoles un peso y proporcionalidad adecuados, lo que permite ir tomando decisiones respecto a las variables que influyen



drásticamente en la determinación de la aptitud para el uso urbano. La Evaluación Espacial Multicriterio (EEM), aplicada para cumplir el objetivo del planteamiento de esta Metodología, permitirá lo siguiente:

- i. Evaluar el territorio rural (conjunto de alternativas existentes), para plantear las posibles zonas aptas para receptor el uso urbano, lo cual sería la solución a un problema de decisión espacial,
- ii. Evaluar impactos ambientales que genera el uso urbano en el territorio rural, a partir de la consideración de variables ambientales y antrópicas,
- iii. Generar escenarios que permitan disminuir la incertidumbre en relación a la toma de decisiones; es decir presentar alternativas de localización para las zonas de expansión urbana en función de la capacidad de acogida del territorio para receptor estos usos de suelo; y,
- iv. Evaluar las alternativas de localización, en función de los requerimientos de suelo y los objetivos del Plan de Ordenación Urbanística y de los objetivos del Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal. Cabe mencionar que en este proceso debe considerarse la posibilidad de ajustar o revisar los planes en cuestión, en una suerte de valoración de “sacrificios”, es decir buscar la mayor aptitud y el menor impacto en el medio rural inmediato y mediato, pero también en relación a la propia ciudad.

La Evaluación Espacial Multicriterio, en el caso de esta propuesta metodológica, se considerará como un procedimiento que combina y transforma las variables que se establezcan para la evaluación de la aptitud del suelo para el uso urbano, en un conjunto de alternativas posibles que serían las áreas destinadas para la expansión urbana, para que con un juicio de valor, fundamentado en los objetivos del Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal y Plan de Ordenación Urbanística, se tomen decisiones respecto a la determinación del suelo de expansión urbana, considerándolo a este como una categoría de ordenación territorial.

El Grafico No. 2.2, muestra las fases que se abordarán en esta propuesta metodológica, y que han sido recopiladas del Método de Evaluación Multicriterio conocido como Sumatoria Lineal Ponderada, que consiste en una operación aritmética simple del tipo compensatorio aditivo, donde para este caso, la aptitud para el uso urbano se encontrará multiplicando el valor de cada variable, por el peso que se le ha asignado a las mismas, en función de su importancia o trascendencia en la determinación del suelo de expansión urbana. (Gómez y Barredo, 2005).



Se propone que la metodología para determinar el suelo de expansión urbana desarrolle tres fases que son:

- **Fase de Preparación:** El problema de decisión, en este caso es la definición de la aptitud del suelo para el uso urbano; también en esta fase es necesario el establecimiento de criterios que permitan determinar esa aptitud, para ello es necesario considerar aquellas variables que parten desde una visión amplia y general del territorio rural y aquellas que permiten la urbanización y que detallan en el Grafico No. 2.1 de este Capítulo.

Como parte de la fase de preparación es necesario considerar la adecuación de las variables previo el cálculo de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, por lo que se deberá realizar la normalización de estas, es decir mediante operaciones aritméticas básicas colocarlas en una sola unidad y posterior a este proceso es necesaria y obligatoria la ponderación de estas variables de tal manera que al momento de evaluar las alternativas estas puedan reflejar la importancia que cada una de ellas representa en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano.

- **Fase de evaluación:** Luego de estandarizadas y ponderadas las variables, es necesario averiguar el grado de adecuación e impacto de cada alternativa en la determinación de la aptitud para el uso urbano, para este fin se ha optado por la aplicación de la técnica de evaluación multicriterio denominada Sumatoria Lineal Ponderada integrada en un Sistema de Información Geográfica, cuya ecuación se explica más adelante en el numeral 2.1.2.
- **Fase de selección:** Una vez obtenido el mapa resultante, de la valoración de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, se podrán seleccionar las áreas óptimas para la expansión urbana, proceso que se realizara considerando, aquellos objetivos y requerimientos propios de la ciudad y que recogen en el Plan de Ordenación Urbanística y aquellos objetivos del Plan de Ordenación Cantonal. Las alternativas óptimas de localización, por consiguiente se convertirán en la categoría de ordenación de áreas de expansión urbana.

A continuación se explica el proceso metodológico en el Grafico No. 2.2.

Gráfico No. 2.2: Fases de la Técnica de Evaluación Multicriterio Sumatoria Lineal Ponderada aplicadas para la determinación de suelo de expansión urbana.



Elaboración: Propia, 2015.

*Basado en Barredo (1996)

2.1.1. FASE DE PREPARACIÓN.

A continuación se procede a explicar cada una de las etapas de la fase de preparación, que son la definición del problema y la determinación de criterios. (Ver Gráfico No. 2.2.)

2.1.1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el crecimiento urbano, ejerce fuertes presiones en el territorio rural, pues va consumiendo suelo con vocación agrícola, pecuario, minero, forestal o de conservación, sin embargo el problema radica principalmente cuando este fenómeno se produce al margen de una planificación que oriente este crecimiento; es así que la expansión de las ciudades van generando espacios intersticiales en el territorio donde la demanda de equipamientos, infraestructuras, servicios, sistemas de transporte, se vuelve difícil de cubrir o a su vez la dotación de estos servicios generan altos costos de inversión. Actualmente se habla de compacidad de funciones, densificación, revalorización de los centros urbanos, como soluciones ante la necesidad de suelo para atender los requerimientos de la población urbana que crece cada vez a un ritmo acelerado y de las actividades propias de las áreas urbanas como el comercio y los servicios pero estas políticas, no eximen la necesidad apremiante y la responsabilidad de los



gobiernos locales (GAD Cantonal)¹, de la planificación y ordenamiento territorial que permitirá determinar con criterios de eficiencia y sostenibilidad, las zonas hacia donde debería extenderse las ciudades de tal manera que se mantengan los recursos existentes en el territorio rural; a su vez desde el punto de vista de las necesidades de la ciudad, se deberá necesariamente considerar suelo rural a incorporarse en el mediano o largo plazo para desarrollar precisamente las actividades relacionadas con los usos urbanos.

En este contexto, la determinación de zonas de expansión de las ciudades, debería abordarse tanto desde el ordenamiento territorial cantonal, donde se podrá considerar las variables relacionadas al medio rural, así como desde la ordenación urbanística que determinará las necesidades de suelo desde el punto de vista de la ciudad.

2.1.1.2. DETERMINACIÓN DE CRITERIOS.

En esta etapa se plantean los criterios que servirán en la siguiente fase de la metodología para evaluar el territorio y determinar aquellas zonas aptas para receptor el uso urbano, y que serán las potenciales zonas que constituirán las áreas de expansión urbana.

Para este proceso y con la finalidad de apoyar el análisis de determinación de suelo con aptitud para receptor el uso urbano en un Sistema de Información Geográfica, es indispensable que los criterios estén asociados a entidades geográficas y cartográficas; y, por lo que se ha considerado importante relacionar los criterios establecidos, con la información geográfica existente y representarla en forma de capas temáticas. Para establecer los criterios será necesario considerar que estos cumplan con las siguientes características:

- Deben ser completos, es decir cubrir todos los aspectos relacionados con la determinación de la mayor aptitud del suelo con el menor impacto posible para receptor el uso urbano, y abarcar los requerimientos para su implantación, es decir la disponibilidad de servicios, infraestructuras, accesibilidad, localización, etc.
- Ser significativos para el análisis, pues en este proceso debe evitarse establecer aquellas variables que sean similares o que puedan proporcionar información similar y por tanto redundante,
- Que puedan descomponerse en partes más pequeñas que faciliten el análisis.

¹ Constitución de la República del Ecuador, Art. 264.



2.1.1.2.1. ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DEL SUELO PARA EL USO URBANO.

Se ha identificado las variables que deben considerarse a la hora de evaluar la aptitud de suelo para el uso urbano y la importancia de cada una de estas en el cálculo de dicha aptitud, sin embargo es necesario considerar también la disponibilidad de información cartográfica existente en el medio, ya que esta se convertiría en el insumo indispensable para todo el proceso de aplicación de la técnica de evaluación multicriterio Sumatoria Lineal Ponderada por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG). De esta manera, se ha considerado para el establecimiento de los criterios para determinar la aptitud del suelo para el uso urbano, tomar en cuenta lo siguiente:

- ***Limitaciones que existen en el medio físico para el uso urbano***, como las que se relacionan con la conservación de áreas por su interés productivo, ecológico, funcional, paisajístico y científico – cultural.
- ***Los impactos negativos para el uso urbano*** como zonas de vulnerables por susceptibilidad a inundaciones, movimientos inestables, deslizamientos, cercanía a volcanes activos o fallas geológicas, redes de infraestructura energética afectada al servicio público, equipamientos que generan desechos contaminantes, explosivos o radioactivos, etc.
- ***Los factores que componen el medio físico***, como las pendientes y los usos de suelo,
- La ***disponibilidad de servicios básicos***; y,
- La ***accesibilidad***.

Asimismo con la intención de determinar la importancia de cada criterio en el proceso de evaluación de la aptitud del suelo para el uso urbano, se han dividido a los criterios en restricciones y factores.

En este contexto puede considerarse a las restricciones como aquellas variables que se obtienen de una visión general que prevén la preservación y conservación del territorio rural, ya sea por su valor o por evitar el consumo irreversible del suelo, estas variables se determinan desde el Ordenamiento Territorial; y, a los factores como las variables que se determinan con una visión particular, en función de las necesidades del proceso de urbanización como por ejemplo la disponibilidad de servicios básicos y que son considerados con mayor detenimientos desde la ordenación urbanística. (Ver Gráfico No. 2.3.).

Grafico No. 2.3: Relación entre criterios para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano.



Fuente y elaboración: Propia, 2015.

A continuación en el Cuadro 2.1., se muestran los criterios que permitirán evaluar la aptitud del suelo para el uso urbano en el método de evaluación multicriterio denominado Sumatoria Lineal Ponderada.

Cuadro No. 2.1: Criterios de evaluación de la aptitud del suelo para el uso urbano en la determinación de zonas de expansión urbana

Restricciones	Áreas con valor productivo (potencial agrícola, pecuario o minero, etc.) Áreas con valor ecológico y ambiental Zonas con valor histórico y cultural Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad Franjas de protección de redes de infraestructura energética Equipamientos mayores incompatibles Áreas destinadas para el desarrollo de industria Pendientes Uso actual del suelo
Factores	Vialidad Proximidad a centros urbanos Proximidad a equipamientos Dotación de infraestructura básica (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado)

Fuente y elaboración: Propia, 2015.

a) RESTRICCIONES.

Las **restricciones**, se refiere a las limitaciones o reducciones impuestas, que garantizarán la conservación del territorio rural por los valores que posee y la no ocupación de aquellas zonas que presentan potenciales riesgos o impactos negativos para el uso urbano. Se han considerado como restricciones las siguientes:

- **Áreas con valor productivo:** Son aquellas zonas conformadas por suelos con mayor calidad y aptitud para la agricultura, ganadería y otras actividades pecuarias, minería, etc., y que



disponen de infraestructuras dignas de conservación, asimismo las zonas con menor potencial productivo pero en las que la agricultura juega un importante papel en la economía rural y no son susceptibles de otros aprovechamientos más intensivos.

- **Áreas con valor ecológico y ambiental:** Se trata de recursos naturales, elementos, ecosistemas y paisajes valiosos ya sea por su estado de conservación o por la relevancia de su papel en el funcionamiento de los subsistemas territoriales en el ámbito de la planificación, aquí también se consideran a las márgenes de protección de ríos y quebradas y zonas de recarga de acuíferos subterráneos, paramos, bosques protectores, etc.
- **Zonas con valor histórico y cultural:** Corresponde a aquellas zonas donde se encuentren inscritos: i) monumentos arqueológicos muebles e inmuebles, tales como: objetos de cerámica, metal, piedra o cualquier otro material pertenecientes a la época prehispánica y colonial; ruinas de fortificaciones, edificaciones, cementerios y yacimientos arqueológicos en general; así como restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con las mismas épocas; ii) templos, conventos, capillas y otros edificios que hubieren sido construidos durante la Colonia o en diferentes periodos históricos; las pinturas, esculturas, tallas, objetos de orfebrería, cerámica, etc., pertenecientes a la misma época, iii) manuscritos antiguos e incunables, ediciones raras de libros, mapas y otros documentos importantes, iv) objetos y documentos que pertenecieron o se relacionan con los precursores y próceres de la Independencia Nacional o de los personajes de singular relevancia en la Historia ecuatoriana, v) monedas, billetes, señas, medallas y todos los demás objetos realizados dentro o fuera del país y en cualquier época de su Historia, que sean de interés numismático nacional; vi) sellos, estampillas y todos los demás objetos de interés filatélico nacional, hayan sido producidas en el país o fuera de él y en cualquier época, vii) objetos etnográficos que tengan valor científico, histórico o artístico, pertenecientes al Patrimonio Etnográfico; viii) objetos o bienes culturales producidos por artistas contemporáneos laureados serán considerados bienes pertenecientes al Patrimonio Cultural de la Nación a partir del momento de su defunción y en vida, los que han sido objeto de premiación nacional; así como los que tengan treinta años o más de haber sido ejecutados, ix) obras de la naturaleza, cuyas características o valores hayan sido resaltados por la intervención del hombre o que tengan interés científico para el estudio de la flora, la fauna y la paleontología; y, todo objeto y producción que no conste en los literales anteriores y que sean producto del Patrimonio Cultural de la Nación tanto del pasado como del presente y que por su mérito artístico, científico o histórico que hayan sido declarados bienes



pertenecientes al Patrimonio Cultural por el Instituto sea que se encuentren en el poder del Estado, de las Instituciones religiosas o pertenezcan a sociedades o personas particulares y cuya área de influencia haya sido delimitada por el Instituto de Patrimonio Cultural.²

- **Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad:** Para la definición de zonas de riesgo por inundación, se deberán determinar los mapas de amenaza por inundación y los tiempos estimados de recuperación de la funcionalidad a estos fenómenos, estos se realizan mediante una zonificación típica (alto, medio y bajo). Se considera como amenaza alta al área geográfica delimitada por la línea de inundación correspondiente a crecientes con periodos de retorno de 10 años, como amenaza media, al área delimitada por la línea de inundación que corresponde a periodos de retorno de 50 años y la zona de amenaza baja a las franja delimitada por creciente con periodos de retorno de 100 años, adicionalmente se debe considerar la profundidad de agua, la velocidad de flujo y la duración del fenómeno.

Los procesos de remoción en masa, desde un punto de vista geomorfológico, de acuerdo con Brunsden (Alcántara, 2000), son fenómenos que involucran el movimiento de material formador de laderas por influencia de la gravedad, sin la asistencia de algún agente de transporte fluido.³ La importancia en la determinación de zonas de inestabilidad y de inundación, radica en el interés de evitar la afectación de tales fenómenos en los asentamientos urbanos.

- **Franjas de protección de redes de infraestructura energética:** Redes de electricidad como por ejemplo alta tensión y media tensión, transformación y distribución, redes de combustibles como oleoductos, gasoductos, concentradoras, etc.; y, redes hidráulicas como canales de riego.
- **Equipamientos mayores incompatibles:** se consideran a equipamientos como relleno sanitario, centros de faenamiento de animales, plantas de tratamiento de desechos líquidos, presas, centrales eólicas, térmicas o nucleares.

² Ley de Patrimonio Cultural, Codificación 27, Registro Oficial Suplemento 465 del 19 de noviembre de 2004.

³ Alcántara-Ayala, I. (2000), "Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología", Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 41, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-25.



Los rellenos sanitarios y las plantas de tratamiento de desechos líquidos o lagunas de oxidación por su condición no deben ubicarse cerca de zonas donde exista población, por lo que es indispensable coordinar su localización en función de las previsiones del plan de desarrollo urbano de la ciudad. La distancia del relleno a las viviendas más cercanas se determinará en función de tamaño de población de los centros urbanos.⁴

En relación a los centros de faenamiento, estos deben estar aislados de las áreas urbanas ya que, si bien no se considera por sí misma una actividad perjudicial para la salud pública; los malos olores generados, las moscas y otros vectores que se acumulan por la materia fecal de los animales alojados en los corrales, las aguas residuales vertidas sin tratamiento previo y los decomisos que se generan en los rastros y mataderos; ocasiona, junto con el ruido propio de la actividad, un descenso en la calidad de vida de los habitantes asentados en las cercanías de estos establecimientos.

Asimismo deberá considerarse a las presas, centrales eólicas, térmicas o nucleares, refinerías, etc., que generan incompatibilidades con las áreas de urbanización.

- **Áreas destinadas para el desarrollo de industria:** Según la posición en la que se encuentre la industria en el proceso productivo general y de los impactos que esta genere, se puede distinguir a las Industrias de Base, que inician el proceso productivo, transformando materia prima en productos semielaborados que utilizan otras industrias para su transformación final, se consideran de alto impacto ambiental, las industrias de bienes de equipo, que se dedican a transformar los productos semielaborados en equipos productivos para equipar las industrias, esto es fabricación de maquinaria, equipos electrónicos, etc., y las industrias de bienes de consumo, que fabrican bienes destinados al uso directo por parte del consumidor (textiles, productos farmacéuticos, electrodomésticos, etc.), sin embargo no pueden localizarse cerca de zonas a urbanizar o que presenten densidades considerables de población.
- **Pendientes:** Constituye una variable que incide directamente en la identificación de áreas para la expansión urbana. En este caso, las áreas con menor pendiente son aquellas en las que oscila entre 0 y 5%, ubicándose en su mayor parte en los fondos de valles, abanicos y terrazas, consideradas de muy alta aptitud para la expansión urbana, las zonas que

⁴ Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado, en Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULAS, Libro VI y Anexos 6.



presentan pendiente de 5 a 10 % pueden tener una alta aptitud para receptor el uso urbano y se hace referencia al fondo de valle y en las partes bajas de las vertientes, por su parte una pendiente de 10-20% puede considerarse como de moderada aptitud y corresponde a aquellas áreas localizadas en el fondo de valle y en pequeñas cimas y colinas, las áreas pendiente de con 20 a 30% presentan una baja aptitud y corresponden a zonas ubicadas en vertientes del ríos y quebradas y por último, a las que presentan pendientes mayores de 30% presenta una aptitud muy baja y se caracterizan porque en estas zonas predominan en las vertientes abruptas y taludes.

- **Uso actual del suelo:** El uso del suelo es el uso que los seres humanos hacen de la superficie terrestre. El uso del suelo abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en un ambiente construido tal como campos de sembradío, pasturas y asentamientos humanos; también ha sido definido como "las acciones, actividades e intervenciones que las personas realizan sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla" (FAO, 1997a; FAO/UNEP, 1999). Es importante conocer el uso que actualmente tiene el suelo con la intención de valorar estos factores en función de la importancia que revisten para la determinación del suelo de expansión urbana.

b) FACTORES.

- **Vialidad:** Se considera indispensable contar con carreteras que permitan comunicar a un centro poblado con otro, y que brinden una adecuada accesibilidad a las zonas destinadas a receptor el crecimiento urbano, ya que la red vial, se vuelve el medio espacial por el cual es más sencillo dotar de servicios básicos, transporte y abastecimiento a las zonas urbanas. Asimismo cabe mencionarse que existen patrones de crecimiento de asentamientos poblacionales que se dan siguiendo el trayecto de vías principales, por lo que este es un factor muy importante a considerar.
- **Proximidad a centros urbanos:** Considerar la proximidad a centros urbanos en la determinación de nuevos suelos aptos para receptor urbanización es fundamental ya que permite la cercanía de la infraestructura y los servicios de las zonas urbanas siendo estos totalmente aprovechables, además de que se disminuiría la generación de espacios intersticiales y el crecimiento desmesurado de la mancha urbana.



- **Proximidad a equipamientos:** Es importante considerar una distancia optima a equipamientos principalmente los relacionados con la educación, salud y abastecimiento que son los que generan un mayor desplazamiento de población.
- **Dotación de infraestructura básica (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado):** las distancias que se determinen a las redes de abastecimiento de agua potable, energía eléctrica y alcantarillado dependerán de la capacidad de cada red, sin duda alguna es indispensable considerar como un territorio con aptitud para receptor el uso urbano, a aquel que se encuentre próximo a estas redes.

2.1.1.2.2. NORMALIZACIÓN O ESTANDARIZACIÓN DE FACTORES.

Para el análisis de la aptitud del suelo de expansión urbana, mediante la técnica multicriterio como la Sumatoria Lineal Ponderada, es necesario que las variables sean estandarizadas para su incorporación como criterios, es decir sean transformados en una sola unidad de medida, de tal manera que la información se presente en escalas comparables, con la finalidad de que puedan cotejarse y asegurar que los pesos de los criterios reflejen apropiadamente su importancia. (Malczewski, 2004). Existen varios tipos de estandarización, pero para la finalidad de esta metodología se utilizará la estandarización lineal, a continuación en el Cuadro No. 2.2., se presentan algunos métodos de este proceso que pueden utilizarse:

Cuadro No. 2.2: Estandarización lineal de criterios

Máximo	Se utiliza cuando se estandariza los valores entre 0 hasta el máximo valor del mapa, y se calcula con las siguientes formulas	
	FACTOR COMO BENEFICIO $\text{VALOR NORMALIZADO} = \text{valor} / \text{valor más alto}$	FACTOR COMO COSTO $\text{VALOR NORMALIZADO} = 1 - (\text{valor} / \text{valor más alto})$
Intervalo	Se utiliza cuando se estandariza los valores absolutos, alto y bajo.	
	FACTOR COMO BENEFICIO $\text{VALOR NORMALIZADO} = (\text{valor} - \text{valor más bajo}) / (\text{valor más alto} - \text{valor más bajo})$	FACTOR COMO COSTO $\text{VALOR NORMALIZADO} = 1 - [(\text{valor} - \text{valor más bajo}) / (\text{valor más alto} - \text{valor más bajo})]$
Meta	Se utiliza cuando se estandariza entre dos valores de referencia.	
	FACTOR COMO BENEFICIO $\text{VALOR NORMALIZADO} = (\text{valor} - \text{valor más bajo}) / (\text{valor meta mínimo} - \text{valor más bajo})$	FACTOR COMO COSTO $\text{VALOR NORMALIZADO} = 1 - [(\text{valor} - \text{valor más bajo}) / (\text{valor meta máximo} - \text{valor más bajo})]$

Fuente: Barredo, 1996.

Elaboración: Propia, 2015.

La estandarización lineal de intervalo, aplicable para normalizar valores absolutos, máximos y mínimos, será la que se utilizará para transformar en una sola unidad de medida los criterios establecidos para evaluar la aptitud del suelo para el uso urbano.

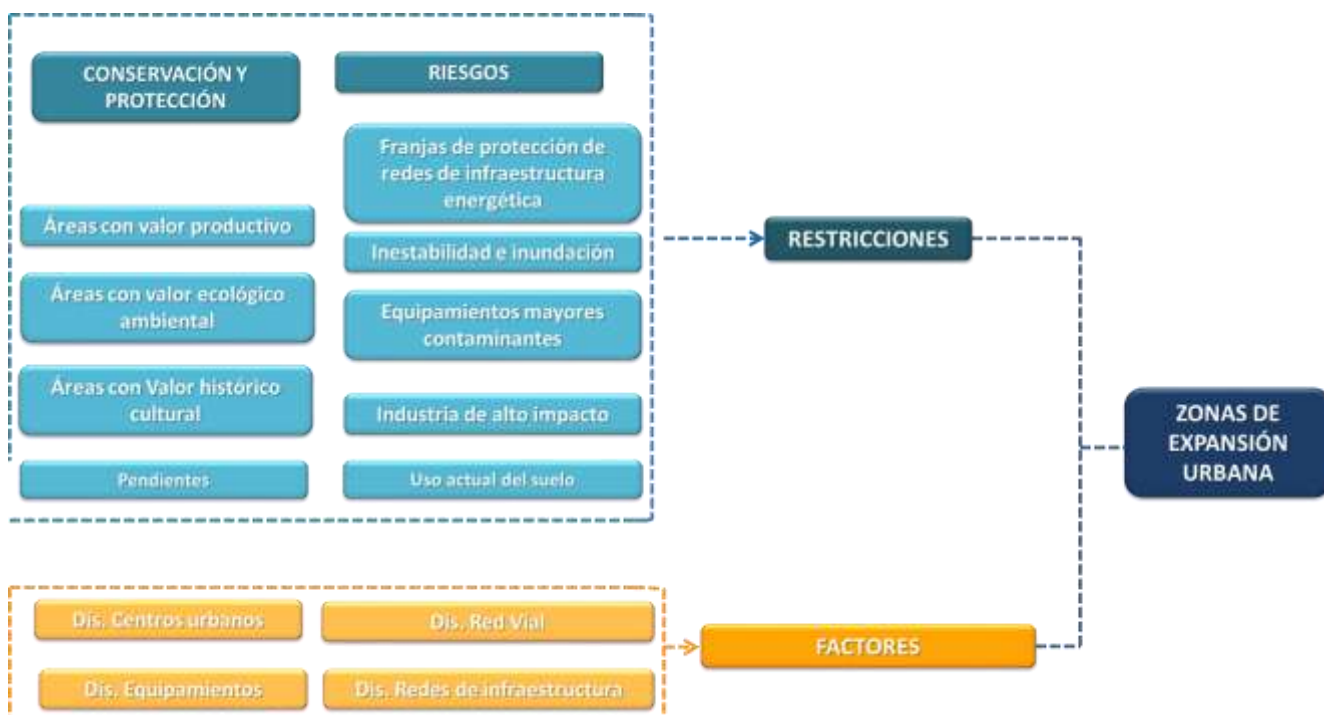


En este contexto, se considerarán los criterios como beneficio en el caso de que la peor puntuación de un factor será 0 y la mejor 1, sin embargo, se puede dar el caso de que cuanto mayor sea el valor de un factor, peor será la aptitud del suelo, en este caso se considerara a este criterio como costo.

Por ejemplo en el caso de las pendientes, cuando mayor es la pendiente, menor es la probabilidad de que el suelo presente condiciones para la urbanización o la distancia a las vías, red de agua potable, alcantarillado y electricidad, cuanto mayor sea la distancia, menor será la probabilidad de que sea factible determinar esos territorios con aptitud para el uso urbano, por el costo que representaría la dotación de la infraestructura. En el caso de las variables que tiene valor agrícola, ecológico o histórico, cuanto mayor sea el valor, menor será la probabilidad de que sean seleccionadas para el uso urbano.

Para las variables cualitativas como los usos de suelo, será necesario asignar una puntuación entre 0 y 1 a cada uno de los valores de la variable, en función de su relación con el uso urbano, este método de estandarización utilizado para este tipo de variables se denomina escalas subjetivas (Malczewski, 2004) ya que las variables se clasifican de acuerdo al criterio del planificador. El Grafico No. 2.4, muestra el árbol de criterios que se ha diseñado con la intención de relacionar las restricciones y los factores.

Grafico No. 2.4: Relación entre restricciones y factores.



Fuente: Barredo, 1996.

Elaboración: Propia, 2015.



2.1.1.2.3. PONDERACIÓN DE FACTORES.

Uno de los problemas y críticas en la utilización de técnicas multicriterio es la necesidad de asignar pesos a los criterios, en este caso, estarán en función de la importancia relativa del criterio y su incidencia en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano.

Los pesos asignados a los criterios no pueden ser negativos y la sumatoria de todos los pesos asignados a los criterios de evaluación debe ser igual a uno. Existen una gran variedad de aproximaciones para llevar a cabo dicha asignación (Malczewski, 1999). A continuación se describen dos métodos de asignación de pesos a las variables, uno de carácter subjetivo denominado Método Directo y otro cuantitativo denominado Método de Pares.

a) MÉTODO DIRECTO.

Consiste en la asignación natural de pesos a los factores, en este proceso, el usuario estima la importancia relativa de cada factor en función de los objetivos que se pretenda conseguir, en este caso será determinar la aptitud del suelo para receptor usos urbanos.

En este método los pesos son automáticamente normalizados, ya que se debe estimar que la sumatoria de estos debe ser igual uno. En el Cuadro No. 2.3., se han determinado los pesos a los criterios que intervienen en la evaluación de la aptitud del suelo para el uso urbano. Cabe mencionar que esta asignación de los pesos, también dependerá de los criterios del planificador y de los objetivos que se deseen conseguir en el Plan de Ordenamiento Territorial, sin embargo, esta estimación que se muestra a continuación, se la ha realizado en base a los objetivos de orden superior que persigue esta metodología mismos que se detallan en el numeral 2.1 de este Capítulo y que se propone se puedan recoger como algunos de los objetivos que debería considerarse en la planificación a nivel cantonal.

De esta manera, en la asignación de pesos, por el método directo, se han considerado a las restricciones como: áreas con potencial agrícola, áreas con valor ecológico y ambiental y zonas con valor histórico y cultural, con una puntuación asignada que equivale al 30% (mayor porcentaje y ponderación asignada), siendo estas variables las que tendrían una mayor influencia en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, ya que precisamente se ha creído oportuno proteger las áreas con valor ambiental, paisajístico, ecológico, científico y cultural y destinarlas a los usos de suelo que mejor se adapten a estos valores, con criterios de sostenibilidad, respeto a la capacidad de asimilación y renovación.



(Constitución. Art. 71, 73, 404, 405, 406, 407, 408, 264 Numeral 1, 2, 8, 10, 11, 12; y, 276 Numeral 4) y preservar el suelo con aptitud agrícola, con la finalidad de precautelar la soberanía alimentaria. (Constitución. Art. 13, 409; y, 264. Numeral 1 y 2).

Las variables que hacen referencia a la dotación y disponibilidad de servicios básicos como agua potable, red de saneamiento y energía eléctrica, se han considerado también con una ponderación importante y que determina la aptitud del suelo para el uso urbano, ya que precisamente estos factores permiten generar las condiciones necesarias para la urbanización.

Las pendientes, el uso actual del suelo y la vialidad, se han considerado como variables que también deben mantener una relevancia en la determinación de la aptitud antes mencionada, ya que en el primer caso estas definirán la viabilidad de permitir asentamientos de población, en el segundo caso, dependerá del tipo de uso del suelo que se tenga en el territorio para tomar decisiones respecto a si preservarlo o cambiarlo en función de la vocación de uso que presente el suelo y en el tercer caso, la vialidad se vuelve importante porque permite conectar a los asentamientos y por ende las actividades que en estos lugares se realizan.

Las restricciones relacionadas con zonas de riesgo por inundación e inestabilidad, equipamientos mayores incompatibles, las áreas destinadas para el desarrollo de industria, zonas de acuíferos subterráneos, márgenes de protección de ríos y quebradas y proximidad a centros urbanos, se han establecido con una ponderación del 10%, misma que tiene una injerencia media en la determinación de suelo con aptitud para el uso urbano, ya que si bien estas variables permiten prevenir la propagación de los asentamientos de población en zonas de riesgos geológicos o con susceptibilidad a inundación. (Constitución. Art. 30, 375, 389; y, 264. Numeral 1 y 2), prevenir los potenciales riesgos a la salud e integridad de la población y preservar las áreas donde existe agua subterránea, se pueden establecer medidas de mitigación, protección y corrección que permitan evitar estas actuaciones, por lo que no se consideran tan relevantes como las variables anteriormente citadas.

En relación a las franjas de protección de redes de alta tensión y la proximidad a equipamientos de salud y educación, estos tienen los menores puntajes ya que si bien se consideran como restricciones y factores de localización y su establecimiento es importante en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, no influyen drásticamente como es el caso de las variables consideradas anteriormente. A continuación



en el Cuadro No. 2.3, se muestra la ponderación de los criterios de evaluación que se ha asignado mediante la aplicación del método Directo y que recoge todas las reflexiones que se han explicado anteriormente.

Cuadro No. 2.3: Ponderación de criterios de evaluación para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano – Método Directo

Factores de Evaluación	Variables	Porcentaje que influye en la aptitud del suelo para el uso urbano	Pesos
Restricciones	Áreas con valor productivo	35%	0,1
	Áreas con valor ecológico y ambiental		0,15
	Zonas con valor histórico y cultural		0,1
	Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	10%	0,1
	Franjas de protección de redes infraestructura energética	3%	0,03
	Equipamientos mayores incompatibles	10%	0,05
	Áreas destinadas para el desarrollo de industria		0,05
	Pendientes		15%
	Uso actual del suelo	0,05	
Factores	Vialidad		
	Proximidad a centros urbanos	5%	0,05
	Proximidad a equipamientos	2%	0,02
	Dotación de agua potable	20%	0,067
	Dotación de energía eléctrica		0,067
	Dotación de alcantarillado		0,067
	Sumatoria de los pesos		1

Fuente y elaboración: Propia, 2015.

Como se puede observar las áreas con valor productivo, valor ecológico, ambiental y valor histórico o cultural, zonas de riesgo por inundación e inestabilidad la proximidad a otros centros urbanos, dotación de servicios básicos, se han estimado más influyentes en la determinación de la aptitud para suelo para el uso urbano, por lo que suman el 70%, pendientes, uso actual del suelo, proximidad a equipamientos y vialidad son variables que se han estimado en un segundo plano y que en total representan el 17%; y, las variables relacionadas con las franjas de protección de redes infraestructura energética, la proximidad a equipamientos contaminantes, zonas industriales son variables importantes pero no tan relevantes en la determinación del suelo con aptitud para el uso urbano, por lo que representan el 13% en el cálculo de los pesos.

b) MÉTODO DE COMPARACIÓN DE PARES.

Es conocido también como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), y consiste en la comparación entre pares de factores e indicar cuál es el más importante en términos cualitativos, este



método convierte esta comparación cualitativa en pesos cuantitativos para cada factor y permite establecer juicios de valor (Saaty, 1996).

Esta comparación puede realizarse por medio de una escala de medidas, en el rango 1 a 9 y consiste en la comparación de dos elementos que cuando son igualmente preferidos o importantes el decisor le asigna al par de elementos un «1»; si es moderadamente preferido se representa por «3», en el caso de fuertemente preferido por «5» y extremadamente preferido por «9». Los números pares se utilizan para expresar situaciones intermedias. Todos los valores asignados son sintetizados para determinar el orden de preferencia de los criterios en términos de valores numéricos que equivalen a los pesos de los criterios. A continuación se muestra el Cuadro No. 2.4, con las escalas de valores.

Cuadro No. 2.4: Escala de valores en el rango del 1 al 9 para la comparación de elementos

Valores	Significado
9	Extrema
7	Fuerte
5	Moderada
3	Sencilla
1	Igual
1/3	Sencilla
1/5	Moderada
1/7	Fuerte
1/9	Extrema

Fuente y elaboración: Propia, 2015.

El objetivo de aplicar este método en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, es calcular la prioridad de cada elemento, tal como la define Saaty “Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia”. El resultado de las comparaciones que se han efectuado entre las variables, es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada Matriz de comparaciones pareadas⁵, donde cada uno de sus componentes refleja la intensidad de preferencia de una variable frente a otra al momento de determinar la aptitud del suelo para la expansión urbana, para lo cual se ha procedido a codificarlas según las letras del alfabeto (Ver Cuadro No. 2.5) y a establecer juicios de valor en el rango del 1 al 9 tal y como se muestra en el Cuadro 2.7.

Cuadro No. 2.5: Codificación de las variables para el análisis del proceso analítico jerárquico

⁵ Saaty , T. L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York 1980

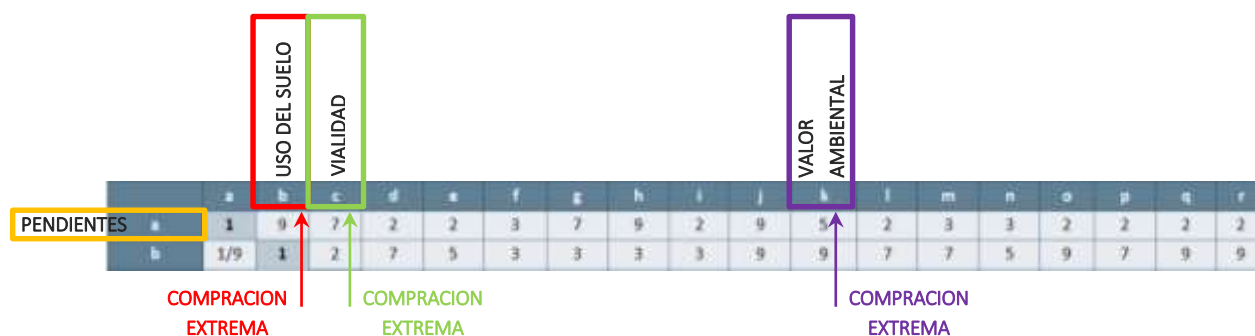


Variables	Código
pendiente	a
uso actual del suelo	b
vialidad	c
proximidad a centros urbanos	d
proximidad a equipamientos	e
distancia a carreteras	f
distancia a la red de agua	g
distancia a la red de alcantarillado	h
distancia a la red eléctrica	i
valor productivo	j
valor ecológico y ambiental	k
valor histórico	l
zonas de inundación e inestabilidad	n
acuíferos subterráneos	o
franjas de protección de redes de infraestructura energética	p
equipamientos mayores incompatibles	q
distancia a zonas de industria	r

Fuente y elaboración: Propia, 2015.

Por ejemplo en el caso de la pendiente (a) y el uso actual del suelo (b), al definir la comparación entre estas dos variables se ha determinado que tienen una relación extrema, es decir valor 9, ya que en función de la pendiente que tiene el territorio, se podría establecer un juicio de valor para determinar el uso de suelo que debe ser asignado. Asimismo en el caso de comparar la vialidad (c) con la pendiente (a), se tiene una relación fuerte es decir 7, ya que la pendiente es un factor que influye en la factibilidad del trazado de la vialidad. Al comparar la pendiente (a) con el valor ambiental (k), se ha determinado que existe una relación moderada, es decir valor 5, ya que si bien en muchos casos las zonas con mayor valor ambiental se encuentran en zonas de fuertes pendientes, esta condición no siempre se cumple ya que existen otros factores como la vegetación, la fauna, y los recursos naturales como el agua los que también influyen en el valor ambiental que puede tener un territorio. (Ver Gráfico No. 2.6.)

Gráfico No. 2.6: Explicación del cuadro de comparación de pares.



Fuente y elaboración: Propia, 2015.

Con estas reflexiones, se han ido realizando las comparaciones entre pares de variables, proceso que se muestra en el Cuadro No. 2.7.



Cuadro No. 2.7: Matriz de comparaciones pareadas para la definición de la aptitud del suelo para el uso urbano

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	n	o	p	q	r
a	1	9	7	2	2	3	7	9	2	9	5	2	3	2	2	2	2
b	1/9	1	2	7	5	3	3	3	3	9	9	7	5	9	7	9	9
c	1/7	1/2	1	9	9	2	7	7	7	5	2	4	2	7	7	7	7
d	1/2	1/7	1/9	1	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	9	5	5
e	1/2	1/5	1/9	1/9	1	7	7	7	7	9	9	5	9	5	9	9	9
f	1/3	1/3	1/2	1/9	1/7	1	2	2	2	7	3	3	7	7	9	3	3
g	1/7	1/3	1/7	1/9	1/7	1/2	1	2	2	7	3	3	7	7	9	3	3
h	1/9	1/3	1/7	1/9	1/7	1/2	1/2	1	2	7	3	3	7	7	9	3	3
i	1/2	1/3	1/7	1/9	1/7	1/2	1/2	1/2	1	5	3	3	3	3	2	5	7
j	1/9	1/9	1/5	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1/5	1	7	7	5	7	9	9	9
k	1/5	1/9	1/2	1/9	1/9	1/3	1/3	1/3	1/3	1/7	1	2	9	9	7	9	9
l	1/2	1/7	1/55	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/7	1/2	1	7	3	3	9	9
n	1/3	1/5	1/2	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1/3	1/5	1/9	1/7	1	2	7	7	7
o	1/2	1/9	1/7	1/9	1/5	1/7	1/7	1/7	1/3	1/7	1/9	1/3	1/2	1	2	2	2
p	1/2	1/7	1/7	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/2	1/9	1/7	1/3	1/7	1/2	1	5	9
q	1/2	1/9	1/7	1/5	1/9	1/3	1/3	1/3	1/5	1/9	1/9	1/9	1/7	1/2	1/5	1	7
r	1/2	1/9	1/7	1/5	1/9	1/3	1/3	1/3	1/7	1/9	1/9	1/9	1/7	1/2	1/9	1/7	1
Total	6,82	13,4	13,7	20,98	27,77	28,69	39,19	42,69	37,70	69,15	55,2	44,22	76,92	81,5	99,31	97,14	110
1/Total	0,1	0,1	0,1	1,145	0,036	0,034	0,025	0,023	0,026	0,01	0,02	0,02	0,013	0,01	0,010	0,010	0,01

Fuente y elaboración: Propia

Luego de comparar las variables que influyen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano mediante la matriz y asignados los juicios de valor entre pares de las variables, es necesario realizar el cálculo de peso (w) para cada uno de los criterios, mismo que ayuda a describir en forma precisa las características de los juicios de valor considerados en la determinación de la aptitud del suelo. Para ello se ha de calcular el vector de prioridades (VP), que valora la consistencia de la matriz de comparación de criterios. El procedimiento utilizado para obtener el VP, consiste en completar la matriz de comparación con los juicios de valor y se suma cada columna. El Cuadro No. 2.7, muestra la matriz con la sumatoria de las columnas y el valor inverso.

A partir de esta matriz, se ha generado una matriz auxiliar (Cuadro No. 2.8.), en la que cada celda corresponde al resultado de la división de cada valor de juicio, es decir a cada una de las celdas de la matriz de comparación de pares, para la sumatoria de la columna correspondiente, -por ejemplo el valor de la celda "a" del Cuadro No. 2.8., corresponde a la división del valor de la celda a del cuadro No. 2.7., para el valor de la sumatoria de cada



columna del cuadro No. 2.7-, el Vector de Prioridades es el resultado de la sumatoria de cada fila dividida para el numero de columnas de la matriz y este determina el cálculo del peso de las variables, tal y como se muestra en el Cuadro No. 2.8.

Aplicaciones empíricas sugieren que este método de comparación por pares es una de las técnicas más efectivas para la toma de decisiones espaciales basadas en la utilización de SIG (Eastman, 1993; Malczewskiet, 1997). Existen una gran cantidad de ejemplos bien documentados de la aplicación de este método con éxito (Banai, 1993; Banai-Kashani, 1989; Miller, 1998).

Cuadro No. 2.8: Matriz de auxiliar, cálculo de peso y vector de prioridades para la definición de la aptitud del suelo para el uso urbano

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	n	o	p	q	r	TOTAL	VECTOR DE PRIORIDADES
a	0,15425	0,68121	0,53188	0,09595	0,07	0,11	0,18	0,21	0,05	0,13	0,09	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	2,48	0,14
b	0,01714	0,07569	0,15197	0,33582	0,18	0,11	0,08	0,07	0,08	0,13	0,16	0,16	0,07	0,11	0,08	0,10	0,09	2,00	0,11
c	0,02204	0,04	0,07598	0,43177	0,33	0,07	0,18	0,17	0,19	0,07	0,04	0,09	0,03	0,09	0,08	0,08	0,07	2,04	0,11
d	0,07713	0,01	0,01	0,04797	0,33	0,32	0,23	0,21	0,24	0,13	0,16	0,07	0,12	0,11	0,10	0,06	0,05	2,27	0,13
e	0,07713	0,02	0,01	0,00533	0,04	0,25	0,18	0,17	0,19	0,13	0,16	0,11	0,12	0,06	0,10	0,10	0,09	1,80	0,10
f	0,05142	0,03	0,04	0,00533	0,01	0,04	0,05	0,05	0,05	0,10	0,05	0,07	0,09	0,09	0,10	0,03	0,03	0,88	0,05
g	0,0216	0,03	0,01	0,00533	0,01	0,02	0,03	0,05	0,05	0,10	0,05	0,07	0,09	0,09	0,10	0,03	0,03	0,78	0,04
h	0,01714	0,03	0,01	0,00533	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05	0,10	0,05	0,07	0,09	0,09	0,10	0,03	0,03	0,74	0,04
i	0,07713	0,03	0,01	0,00533	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,07	0,05	0,07	0,04	0,04	0,02	0,06	0,07	0,61	0,03
j	0,01714	0,01	0,02	0,00533	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,13	0,16	0,07	0,09	0,10	0,10	0,09	0,81	0,05
k	0,03085	0,01	0,04	0,00533	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,05	0,12	0,11	0,08	0,10	0,09	0,69	0,04
l	0,07713	0,01	0,02	0,01599	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,09	0,04	0,03	0,10	0,09	0,56	0,03
n	0,05142	0,02	0,04	0,00533	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,08	0,08	0,07	0,41	0,02
o	0,07713	0,01	0,01	0,00533	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,22	0,01
p	0,07713	0,01	0,01	0,00533	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,06	0,09	0,31	0,02
q	0,07713	0,01	0,01	0,00959	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,07	0,24	0,01
r	0,07713	0,01	0,01	0,00959	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,17	0,01

Fuente y elaboración: Propia, 2015

A continuación se muestra el Cuadro No. 2.9, en el que se han determinado los pesos para los criterios que influyen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, donde a partir de juicios de valor y comparaciones subjetivas, se ha establecido un peso cuantitativo a las variables mediante el Proceso Analítico Jerárquico o Comparación de Pares, cabe mencionar que los códigos utilizados en las celas (a, b, c, d, etc.), tiene correspondencia con las variables que se muestran en el Cuadro No. 2.5.



Cuadro No. 2.9: Ponderación de criterios de evaluación para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano – Método Analítico Jerárquico

Factores de Evaluación	Variables	Pesos
Restricciones	Áreas con valor productivo	0,05
	Áreas con valor ecológico y ambiental	0,05
	Zonas con valor histórico y cultural	0,03
	Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	0,02
	Franjas de protección de redes de infraestructura energética	0,02
	Equipamientos mayores incompatibles	0,01
	Áreas destinadas para el desarrollo de industria	0,01
	Pendientes	0,14
	Uso actual del suelo	0,11
Factores	Vialidad	0,16
	Proximidad a centros urbanos	0,13
	Proximidad a equipamientos	0,10
	Dotación de infraestructura básica (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado)	0,11

Fuente y elaboración: Propia, 2015

2.1.2. FASE DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

En esta segunda fase de la metodología, mediante el método multicriterio de Sumatoria Lineal Ponderada, se ha establecido la aptitud del suelo para el uso urbano, la principal ventaja de esta metodología, es su bajo grado de complejidad; es precisamente esta simplicidad, la que hace que la Sumatoria Lineal Ponderada sea una de las técnicas ampliamente utilizadas. (Eastman, 1997; Heywood et al., 2002; Janssen y Rietveld, 1990; Malczewski y Rinner, 2005).

Para su integración en un SIG, será necesario obtener todos las variables que constituyeron los criterios de decisión, estandarizadas y en archivos ráster independientes, adicionalmente se deberá contar con las ponderaciones a cada uno de estos criterios, para proceder con el análisis.

Una vez estandarizados los criterios en una escala común y ponderados, es necesario evaluar las alternativas, es decir, averiguar el grado de adecuación e impacto de cada alternativa en la determinación de la aptitud para el uso urbano, para este fin se ha optado por la aplicación de la Sumatoria Lineal Ponderada, técnica que permitirá el análisis en un Sistema de Información Geográfica y sobre todo permite en cada proceso involucrar las preferencias del planificador para la toma de decisiones, en función de los objetivos y metas que cada Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal y el Plan de Ordenación Urbanista hayan formulado.

Por tanto será necesario, la obtención del nivel de adecuación de cada alternativa para el uso urbano, esto se halla multiplicando los pesos asignados a las variables, por los criterios estandarizados, para luego sumar los puntajes por alternativa, su ecuación es:

$$a_i = \sum_{j=1}^J W_j X_{ij}$$

Dónde:

a_i es la aptitud i,

W_j es el peso asignado al factor j; y,

X_{ij} es el valor del factor j en i.

Para la aplicación de esta ecuación en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, se ha procedido a codificar cada una de las variables y sus pesos, a fin de presentar una ecuación general que permitirá la posterior demarcación de las posibles zonas de expansión urbana. A continuación se muestra el Cuadro No. 2.10., con la información codificada que se ha utilizado en la construcción de la ecuación antes mencionada, esta información también puede emplearse para denominar las capas ráster que se requieren para el análisis en SIG.

Cuadro No. 2.10: Codificación de las variables que intervienen de la ecuación para la determinación del suelo con aptitud para el uso urbano

Variables	Código	Código Pesos
Áreas con valor productivo	Potagri	W_1
Áreas con valor ecológico y ambiental	Valorecoamb	W_2
Zonas con valor histórico y cultural	Valorhistcul	W_3
Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	riesgo	W_5
Franjas de protección de redes de infraestructura energética	protaltaten	W_7
Equipamientos mayores incompatibles	equipcont	W_8
Áreas destinadas para el desarrollo de industria	industria	W_9
Pendientes	pendientes	W_{10}
Uso actual del suelo	usoactsuelo	W_{11}
Vialidad	distcarret	W_{12}
Proximidad a centros urbanos	discentrourb	W_{13}
Proximidad a equipamientos	disequipamientosurb	W_{14}
Dotación de infraestructura básica (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado)	disalumbrado	W_{15}
	disaguapot	W_{16}
	disalcant	W_{17}

Elaboración: Propia

Considerando W_n , como la ponderación que debería dársele a cada factor, la ecuación sería la siguiente:

$$\begin{aligned}
& [\text{potagri} * W_1] + [\text{valorecoamb} * W_2] + [\text{valorhistcul} * W_3] + [\text{riesgo} * W_5] + [\text{protaltaten} * W_7] \\
& + [\text{equipcont} * W_8] + [\text{industria} * W_9] + [\text{pendientes} * W_{10}] + [\text{usoactsuelo} * W_{11}] + [\text{distcarret} \\
& * W_{12}] + [\text{discentrourb} * W_{13}] + [\text{disequipamientosurb} * W_{14}] + [\text{disalumbrado} * W_{15}] + \\
& [\text{disaguapot} * W_{16}] + [\text{disalcant} * W_{17}].
\end{aligned}$$



2.1.3. FASE DE SELECCIÓN.

Luego de aplicar la ecuación en el Sistema de Información Geográfica, se podrá obtener un mapa resultante, con la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, a partir de este mapa se podrán seleccionar las alternativas óptimas de localización en función de las preferencias del planificador y de los objetivos que persiga el Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal y el Plan de Ordenación Urbanística, estas alternativas podrían convertirse en la demarcación de polígonos, donde se podrá establecer la categoría de ordenación de áreas de expansión urbana.

2.2. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE INFORMACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA.

Es importante determinar la información cartográfica necesaria para realizar el análisis multicriterio de Sumatoria Lineal Ponderada, cuya aplicación, se encuentra vinculada con los Sistemas de Información Geográfica (SIG); y, que permitirá determinar las zonas del territorio rural con aptitud para el uso urbano y que por consiguiente conformarán las futuras áreas hacia donde podrá expandirse la ciudad. En el planteamiento de esta metodología ha sido fundamental el papel que han desempeñado los sistemas de información geográfica, ya que se vuelven herramientas informáticas fundamentales, diseñadas para el manejo, gestión, análisis, representación y modelado de los fenómenos territoriales (Bosque, 1997).

La información cartográfica disponible, debe ajustarse lo mejor posible a las variables que se han establecido para el análisis, a continuación se procede a determinar la información disponible caracterizándola en función del tipo y escala que presentan, esta información en su gran mayoría se puede obtener del Sistema Nacional de Información (SNI) y en la cartografía y bases de datos de cada nivel de gobierno, así como en las empresas públicas que pueden encargarse de la dotación de servicios básicos en cada cantón. Cabe mencionar que en el análisis, será necesario transformar la información secundaria obtenida en formato vectorial a formato raster, ya que este tipo de archivos, permite dividir la superficie el estudio en una matriz de celdillas (pixels), generalmente cuadradas, donde cada una recibe un único valor que se considera representativo para toda la superficie abarcada por la misma.

Este formato, por tanto, cubre la totalidad del espacio, este hecho supone una ventaja fundamental ya que pueden obtenerse valores de forma inmediata para cualquier punto del mismo, de tal manera que para cada pixel se podrá evaluar su aptitud para la expansión urbana.



Cuadro No. 2.11: Información disponible y fuentes de consulta de datos

CRITERIOS Y FACTORES DE EVALUACIÓN	OBJETO	FUENTE	AÑO	TIPO DE ARCHIVO .SHP	DESCRIPCION	ESCALA
RESTRICCIONES O LIMITANTES						
Áreas con potencial agrícola	Aptitud agrícola	MAGAP	1978 - 1984	Polígono	Tipologías de aptitud agrícola	1:250.000
Áreas con valor ecológico y ambiental	Sistema Nacional de bosques y vegetación protectora	MAE	2013	Polígono	Identificación de áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Bosques Protectores y vegetación protectora	1:50.000
	Patrimonio forestal	MAE	2013	Polígono	Áreas de patrimonio forestal Sistema Nacional de	1:250.000
	SNAP	MAE	2008	Polígono	Áreas Protegidas	1:250.000
Zonas con valor histórico y cultural	Ciudad patrimonio	-	-	Punto	Localización de ciudades declaradas patrimonio	-
	Ruta Inca	INPC INPC	2011	Línea Línea	Trayecto imperial	
	Ruta Qhapaqnan				Trayecto y descripción del Kapac Nan	
Márgenes de protección de ríos y quebradas	Rio torrente	IGM	-	Línea	Red hídrica nombre, tipo	1:50.000
Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	Zona hidrológica Movimiento en masa	MAGAP	2005	Polígono	Identificación de rangos hidrológicos	1:100.000
		MAGAP - STGR	2003	Polígono	Susceptibilidad a movimiento en masa	1:250.000*
Acuíferos subterráneos	-	-	-	-	-	-
Franjas de protección de redes de alta tensión	Línea de distribución	CONELC	2009	Línea	Red de distribución eléctrica	1:50.000
Equipamientos mayores incompatibles	Equipamientos mayores	GAD'Cantonal	-	Punto	Localización de vertederos, centros de faenamiento, etc	-
Áreas destinadas para el desarrollo de industria	Industrias	GAD'Cantonal	-	Punto	Localización de industrias altamente contaminantes	-
FACTORES BIOFÍSICOS						
Pendientes	Curva de nivel	IGM	-	Línea	Representación del relieve	1:250.000*
Uso actual del suelo	Uso actual del suelo	SIGAGRO	2003	Polígono	Definición de áreas de uso	-
FACTORES DE LOCALIZACIÓN						
Vialidad	Vía - MTOP	MTOP	-	Línea	Red vial del Ecuador continental, tipo y categoría	-
Proximidad a centros urbanos	Localidades	INEC	2010	Punto	Localización, nombres	1:50.000
Proximidad a equipamientos	Centros educativos	Ministerio de educación	2013	Punto	Localización de centros educativos, nombre, tipo, especialidad	1:50.000
	Centros de salud	Ministerio de Salud	2012	Punto	Localización de centros salud, nombre, tipo, origen	1:50.000
Dotación de infraestructura básica agua potable alcantarillado energía eléctrica	Red de agua potable o para el consumo humano	GAD'Cantonal	-	Línea	Red de distribución de agua potable	-
	Red de alcantarillado	GAD'Cantonal	-	Línea	Red de distribución de agua potable	-
	Línea de distribución	CONELC	2009	Línea	Red de distribución eléctrica	1:50.000

*Se requieren escalas cartográficas menores



2.3. PROPUESTA DE CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA ELABORACION DEL MODELO TERRITORIAL OBJETIVO CANTONAL, CON RELACION A LA DETERMINACION DE SUELO DE EXPANSION URBANA COMO CATEGORIA DE ORDENACION TERRITORIAL.

Según Gómez Orea (2007), el modelo territorial es el instrumento necesario para racionalizar y controlar los usos de suelo y los aprovechamientos, constituye el marco en el que se inscriben el control del uso del suelo y las acciones necesarias para la consecución de los objetivos propuestos en la planificación. En este contexto y considerando que los elementos que configuran el modelo territorial objetivo son: i) las categorías de ordenación mismas que representan el carácter, uso y aprovechamientos del medio físico, ii) la distribución de los núcleos de población en el espacio con sus jerarquías e importancia en relación a su población, servicios que ofrece o localización de equipamientos o industria que determinan su importancia, iii) los canales de relación y las conexiones con el exterior; y, iv) la localización de actividades secundarias y terciarias; y que algunos de estos elementos tienen relación directa o indirecta con la determinación de las zonas de expansión urbana, a continuación se detallan algunos criterios, que se propone considerarse al momento de plantear el modelo territorial objetivo, en el proceso de la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal:

- **Determinación explícita de áreas destinadas a soportar urbanización**, mediante la incorporación de una categoría de ordenación denominada “zonas de expansión urbana”, situación que permitirá tomar medidas dirigidas a regular y controlar el uso del suelo.
- **Centros urbanos que crecen progresivamente** y van incorporando suelo de expansión en función de las demandas de suelo vacante.
- **Utilización racional del territorio rural**, preservando las áreas de interés ecológico, paisajístico, ambiental, científico, cultural y de producción.
- **Asentamientos humanos dotados de sistemas de infraestructura**, equipamientos y canales de relación, que no presentan elevados costos de inversión.
- Minimización de la especulación del costo del suelo y por consiguiente, disminución de la segregación socio espacial.
- Coherencia y articulación entre las determinaciones de la ordenación territorial cantonal y la ordenación urbanística.

The background of the page is a light blue map of a city grid. Overlaid on the map are two decorative patterns: a series of blue squares of varying sizes and a series of blue circles of varying sizes, both arranged in a grid-like fashion. The text is centered on the page.

CAPÍTULO III

VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL



VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL

La propuesta metodología diseñada para la determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, plantea la utilización de la evaluación multicriterio denominada Sumatoria Lineal Ponderada, como técnica de análisis espacial para determinar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano.

A partir de establecer esta capacidad de acogida, se ha podido determinar el suelo con aptitud para el uso urbano y por consiguiente las alternativas de localización de las zonas de expansión urbana.

La validación de la metodología se ha desarrollado mediante la aplicación a un territorio concreto, en este caso al cantón Cuenca, a continuación se presenta el procedimiento realizado para determinar la factibilidad de la utilización de esta metodología.

3.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE APLICACIÓN.

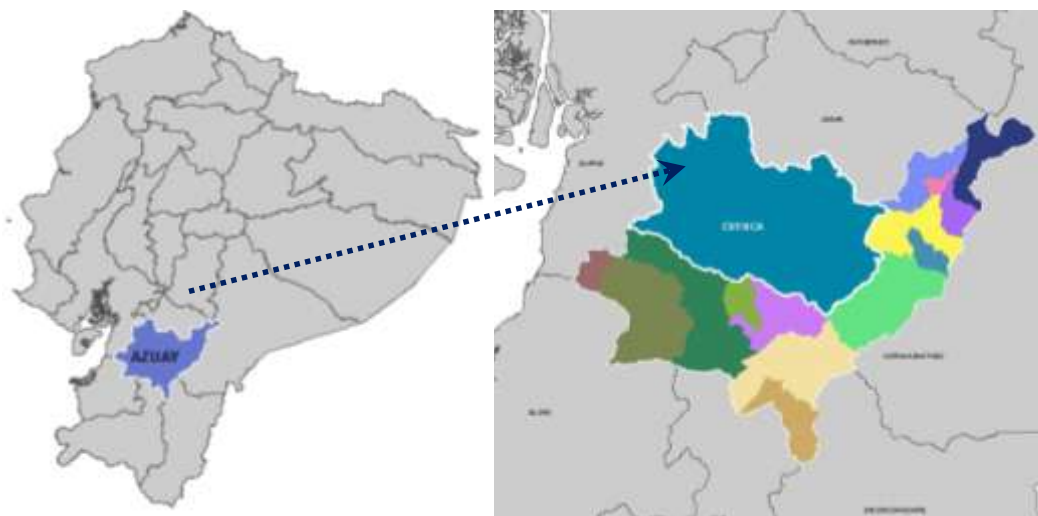
Con la finalidad de comprobar la aplicabilidad de la propuesta metodológica para la determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial que se ha formulado en el Capítulo anterior, es necesario definir el territorio cantonal que permita conseguir este propósito.

En este contexto y para cumplir con los objetivos de la investigación, se han establecido criterios de selección, que han permitido realizar una discriminación de los cantones del país, limitando en gran medida las opciones ya que se ha considerado fundamental definir como una condición de selección inicial, que el cantón objeto de aplicación de la propuesta metodológica corresponda a los que se inscriben en la Zona de Planificación 6; esta condicionante ha reducido, en primera instancia, de un grupo de posibilidades de 221 cantones que es el total en el país, a 34 cantones

que son los que pertenecen a la Zona de Planificación 6. Las posibles opciones de selección serían los siguientes cantones: Camilo Ponce Enríquez, Cuenca, Chordeleg, El Pan, Girón, Gualaceo, Guachapala, Nabón, Pucará, Paute, Oña, San Fernando, Santa Isabel, Sevilla de Oro, Sigsig, Azogues, Biblián, Cañar, Suscal, La Troncal, El Tambo, Deleg, Gualaquiza, Huamboya, Limón Indanza, Logroño, Morona, Pablo Sexto, Palora, San Juan Bosco, Santiago, Sucúa, Taisha, Tiwintza.

En virtud de que el crecimiento urbano es más representativo en las ciudades capital de provincia, y considerando únicamente a las que constituyen la Zona de Planificación 6, como Cuenca, Azogues y Macas, y que a su vez son las capitales de los cantones que llevan el mismo nombre, se ha estimado que la selección del área de aplicación, se podría escoger de estos territorios; concluyéndose que el cantón Cuenca representa una opción acertada ya que su capital, es decir, la ciudad de Cuenca constituye el polo de desarrollo de la Región 6 del país y presenta tendencias de crecimiento demográfico, espacial y económico; por consiguiente presiones de expansión urbana; constituyéndose en una muestra representativa y didáctica, a la hora de evaluar la aplicabilidad de esta propuesta; sin perjuicio de que pueda aplicarse en cualquier territorio cantonal como un apoyo en el proceso de ordenación territorial cantonal.

Grafico No. 3.1: Ubicación del cantón Cuenca en el Ecuador.



Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

3.2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO DEL CANTÓN CUENCA.

3.2.1. UBICACIÓN.

El cantón Cuenca pertenece a la provincia del Azuay y se ubica en el Austro del país, en la “Zona de Planificación 6”, tiene una superficie de 366.533 Ha, que representa el 42% de la superficie

de la provincia del Azuay. Limita al Norte con la Provincia de Cañar, al Este con el Cantón Paute y Gualaceo, al Sur con el cantón Girón y al Oeste con la Provincia del Guayas.

El cantón tiene 15 parroquias que conforman en área urbana y 21 parroquias rurales, que se dividen de la siguiente manera: Molleturo, Ricaurte, Chaucha, Sayausí, Paccha, Chiquintad, Nulti, Checa, Turi, San Joaquín, El Valle, Baños, Santa Ana, Sinincay, Tarqui, Octavio Cordero Palacios, Victoria del Portete, Sidcay, Cumbe, Llacao y Quingeo.¹ (Ver Gráfico No. 3.2)

Gráfico No. 3.2: División político administrativa del cantón Cuenca.



Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

Su territorio se extiende entre la cordillera occidental y el valle interandino de los Andes, entre una altitud de 20 a 4560 msnm. presentando paisajes de alta montaña como el páramo y de fondo de valle, siendo el principal en donde se asienta la ciudad de Cuenca que está a una altitud aproximada de 2500 msnm.

A continuación se procede a describir aspectos relevantes relacionados con el medio físico, población, actividades económicas, equipamientos e infraestructuras, mismos que han sido

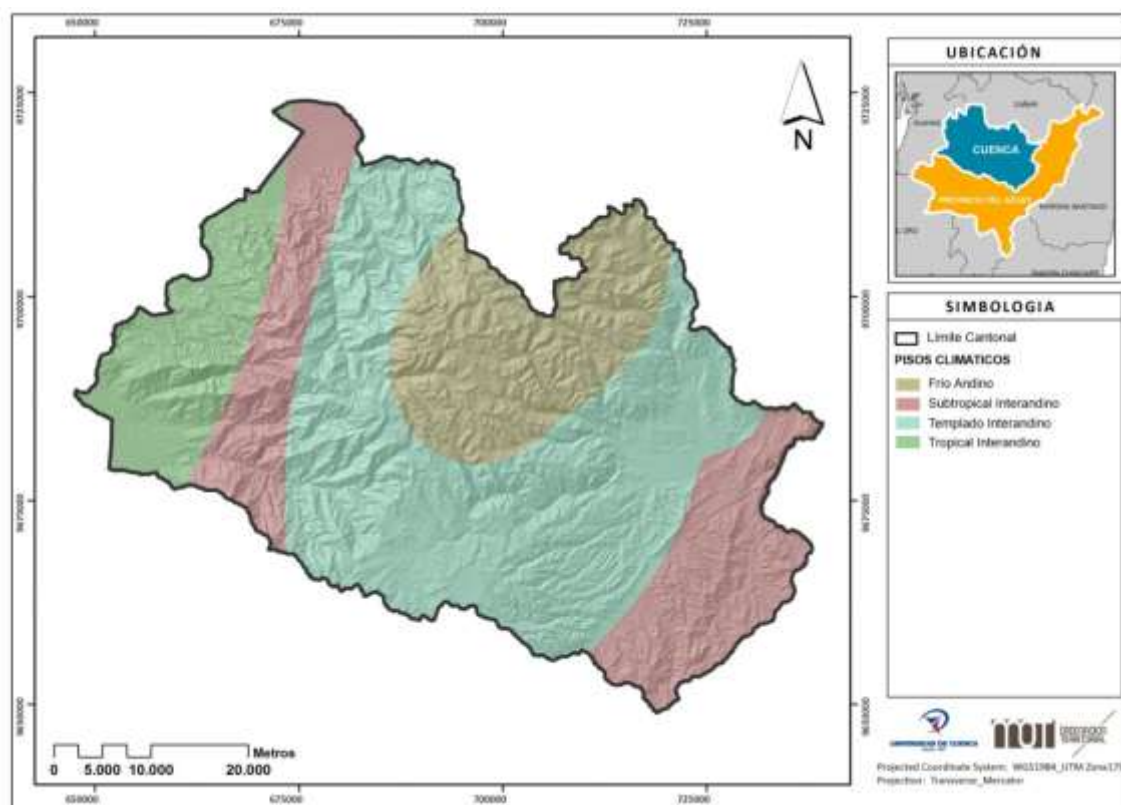
¹ División Política del Cantón Cuenca, I. Municipalidad de Cuenca (2011)

extraídos de la información contenida en los estudios del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca del año 2015.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO.

En el cantón Cuenca está presente el clima ecuatorial mesotérmico semihumedo, ecuatorial de alta montaña, tropical megatérmico semihumedo, tropical megatérmico húmedo, nival y tropical megatermico seco. Los tipos de climas que predominan son el ecuatorial mesotérmico semihumedo que ocupa el 52% de la superficie del territorio del Cantón y el ecuatorial de alta montaña que abarca el 34,4 %. (Atlas Geográfico del Ecuador, 2013). En el Gráfico No. 3.3, se muestra la información relacionada al clima del cantón cuenca.

Grafico No. 3.3: Clima del cantón Cuenca.



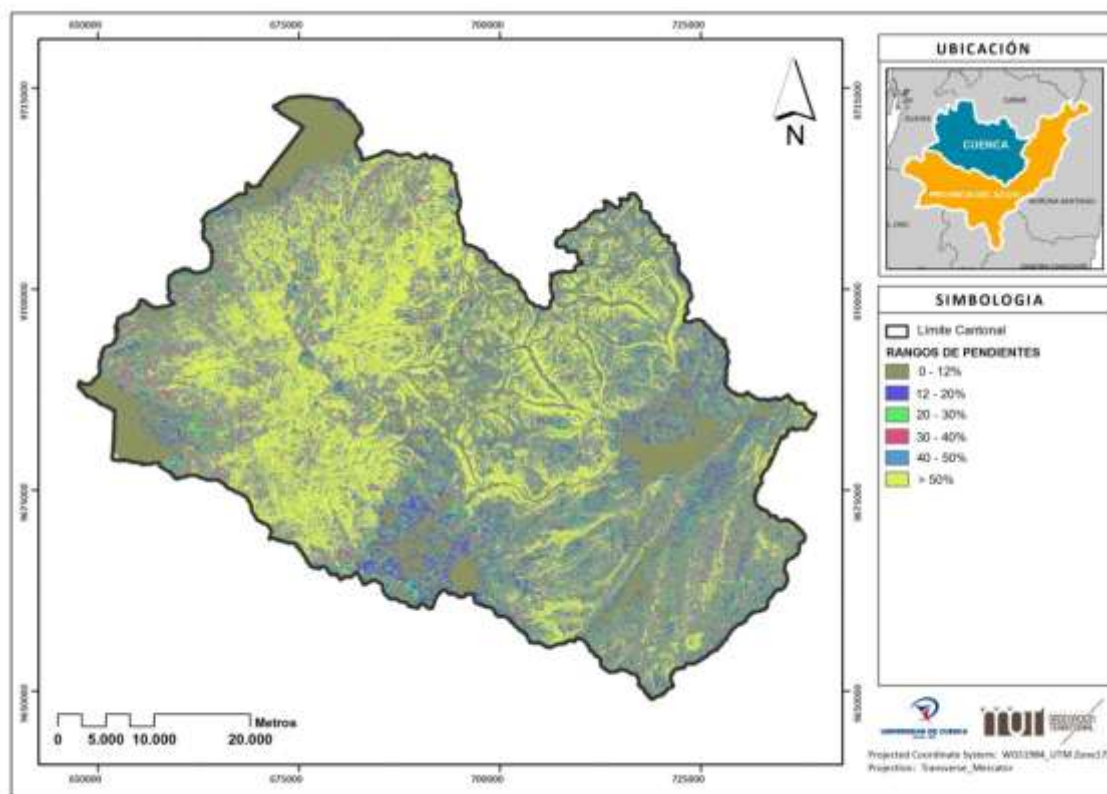
Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

En relación al relieve del territorio se tiene un predominio de las pendientes entre 30% a 50%, con el 44,08% de la superficie cantonal, le siguen las áreas en donde predominan las pendientes mayores al 50%, que representan el 28,17%, las superficies con pendientes entre 0 a 12%, representan el 17,86% y finalmente se encuentran las áreas en donde prevalecen las pendientes entre 12 a 30% que representan el 9,89% del territorio cantonal, lo que significa que el cantón dispone de escasa superficie entre plana a ligeramente inclinada (0 - 12% y 12 - 30%)

para el desarrollo de las actividades agropecuarias y para la urbanización; esto sumado a que un importante porcentaje de este tipo de territorios se encuentran en las áreas de páramo, nos da como resultado reducidas áreas donde podrían asentarse la ciudad. El 72,25% del territorio, tiene una pendiente mayor al 30%, lo que dificulta e impide el desarrollo de estas actividades. En el Grafico No. 3.4., se presenta el análisis de pendientes para el cantón Cuenca.

Grafico No. 3.4: Clasificación de las pendientes del cantón Cuenca.



Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

Se encuentra atravesado de Norte a Sur por la cordillera de los Andes, cuya línea de cumbre divide a la red hidrográfica en dos vertientes oceánicas, Pacífica y Atlántica, identificándose 12 subcuencas hidrográficas. (Ver Gráfico No. 3.5)

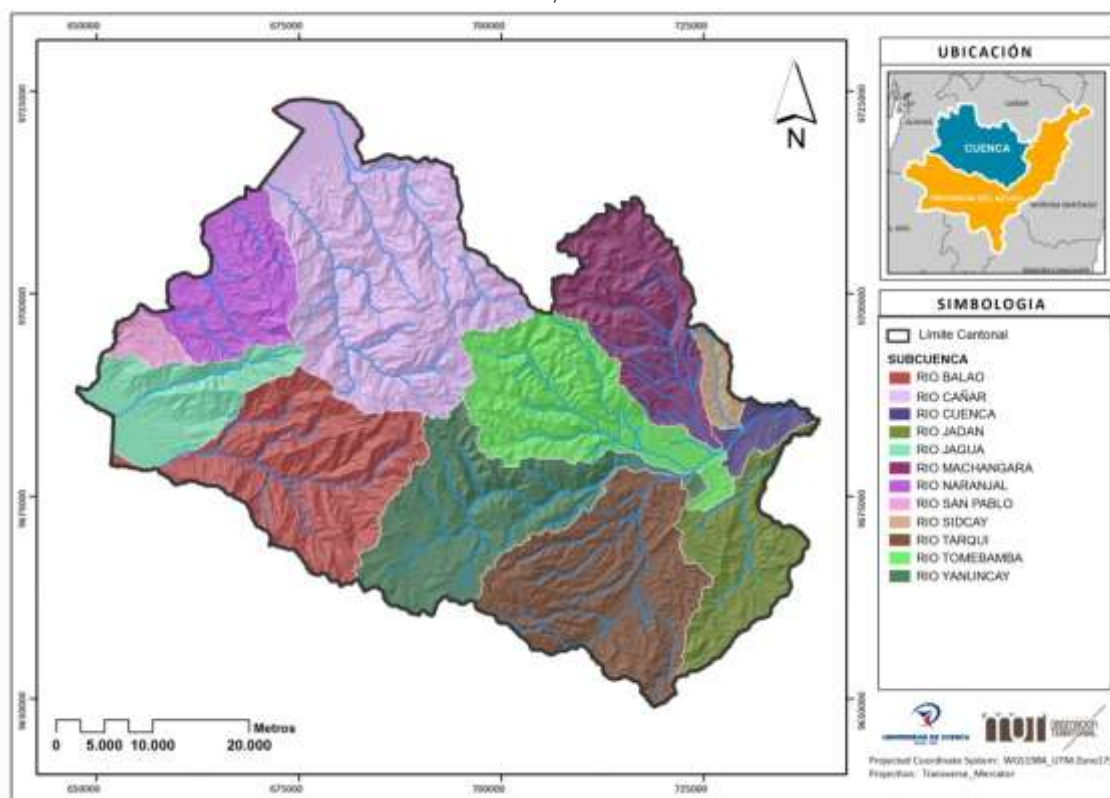
Existen cuatro zonas geomorfológicas, de características similares en cada uno de sus territorios, pero diferenciables entre sí por su clima, cobertura vegetal, estas son: el Valle interandino, zona donde se concentran la mayor parte de la población y las actividades económicas, Cima fría de la cordillera occidental, zona de páramo de mayor valor ecológico, vertiente de la cordillera occidental, es el área de descenso hacia la costa del Pacífico y se caracteriza porque sus terrenos presentan fuertes pendientes, Piedemonte, es el área que está al pie de la cordillera occidental, conocida también como el área costanera del cantón, en esta zona podemos encontrar grandes extensiones de plantaciones de cacao y huertos con otros productos agrícolas de clima cálido. Las

áreas protegidas del cantón tienen una extensión total de 566533 has, las Áreas de Bosque y Vegetación Protectora, representan un 49,6%.

Si se considera el Parque Nacional Cajas de 29389,37has y el Área de Recreación Quimsacocha de 3217,15 has tenemos un total de 313821,02 has, lo que presenta que el 55,3% del territorio está bajo alguna categoría de protección del Ministerio del Ambiente.

En cuanto a la cobertura del suelo, de manera general se distinguen 2 tipos, las áreas con vegetación nativa (páramo, bosques y de arbustos o matorrales) que su superficie representa el 60% del cantón y las áreas intervenidas integradas por zonas agropecuarias y de vivienda y las cabeceras parroquiales y la ciudad de Cuenca que representan el 40 % de la superficie cantonal. (Ver Gráfico No. 3.6)

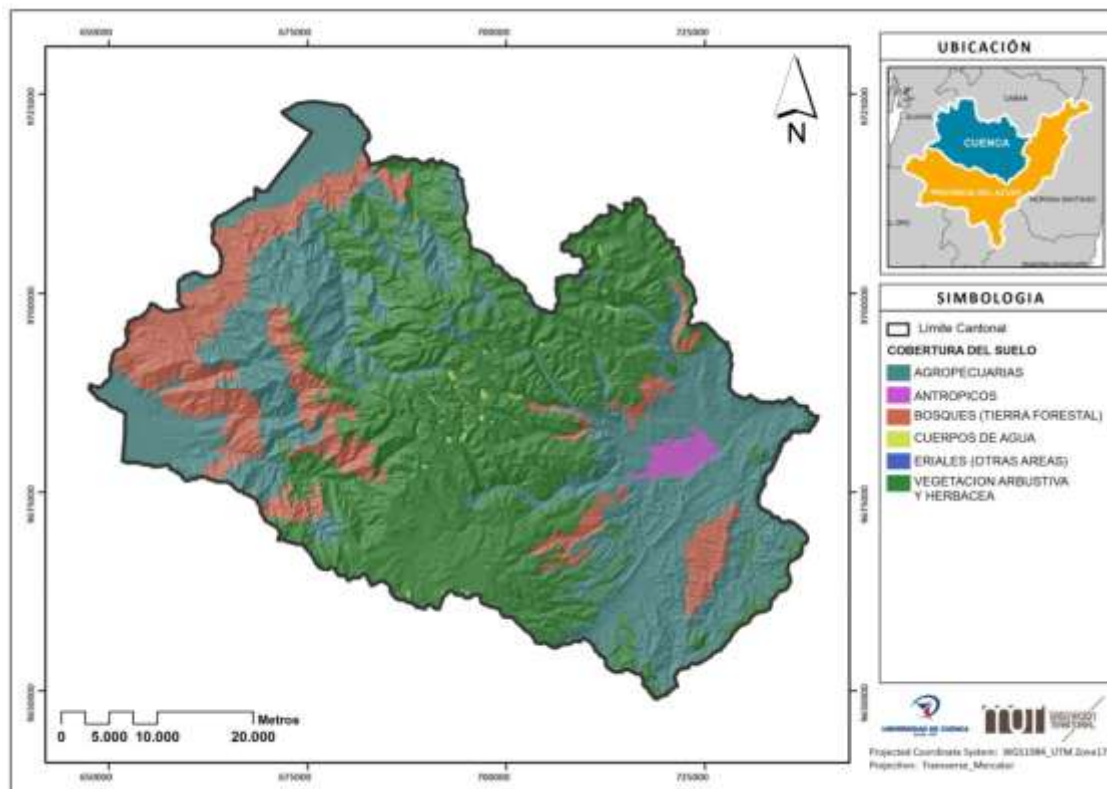
Gráfico No. 3.5: Subcuencas y red hídrica del cantón Cuenca.



Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

Grafico No. 3.6: Cobertura del suelo del cantón Cuenca.



Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

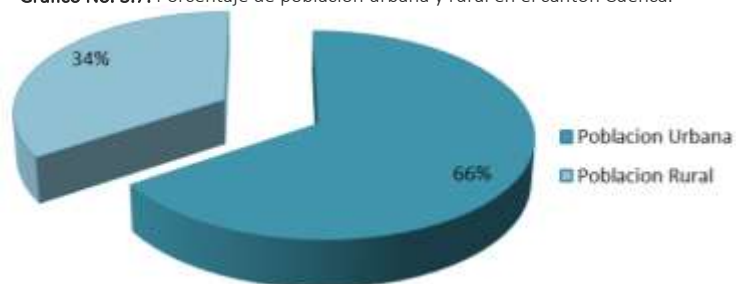
Las amenazas naturales que genera mayor preocupación en el cantón son los deslizamientos. La Secretaria Nacional de Gestión del Riesgo ha generado un modelo para el país que determina este tipo de riesgos, (integra variables de geología, pendientes usos, precipitación, etc.) para el caso del Cantón Cuenca, este análisis define que el 23,86% presenta riesgo muy alto y solo un 6,48%, no presenta riesgo. Las zonas con alto y muy alto riesgo corresponden a zonas con capas geológicas de suelos de poca resistencia, geomorfología muy irregular, y con precipitaciones elevadas.

3.2.3. POBLACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS.

El cantón Cuenca, según el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEC en el año 2010, cuenta con una población de 505.585 habitantes, el 65% reside en el área urbana y el 35% en el área rural. (Ver Cuadro No. 3.7.).

El 98% de la población reside en el valle interandino, escogido, por su topografía menos accidentada y por su clima benigno.

Grafico No. 3.7: Porcentaje de población urbana y rural en el cantón Cuenca.



Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

Cuadro No. 3.1: Población por sexo en el cantón Cuenca

Parroquia	Hombres	% Hombres	Mujeres	% Mujeres	Total	% Población
Cuenca	158365	66,12%	173523	65,21%	331888	65,64%
El Valle	11489	4,80%	12825	4,82%	24314	4,81%
Ricaurte	9247	3,86%	10114	3,80%	19361	3,83%
Baños	7868	3,29%	8983	3,38%	16851	3,33%
Sinincay	7277	3,04%	8582	3,23%	15859	3,14%
Tarqui	4833	2,02%	5657	2,13%	10490	2,07%
Turi	4177	1,74%	4787	1,80%	8964	1,77%
Sayausí	3943	1,65%	4449	1,67%	8392	1,66%
San Joaquín	3522	1,47%	3933	1,48%	7455	1,47%
Quingeo	3421	1,43%	4029	1,51%	7450	1,47%
Molleturo	3681	1,54%	3485	1,31%	7166	1,42%
Paccha	2961	1,24%	3506	1,32%	6467	1,28%
Cumbe	2480	1,04%	3066	1,15%	5546	1,10%
Santa Ana	2472	1,03%	2894	1,09%	5366	1,06%
Llacao	2487	1,04%	2855	1,07%	5342	1,06%
Victoria del Portete	2391	1,00%	2860	1,07%	5251	1,04%
Chiquintad	2251	0,94%	2575	0,97%	4826	0,95%
Nulti	2107	0,88%	2217	0,83%	4324	0,86%
Sidcay	1743	0,73%	2221	0,83%	3964	0,78%
Checa	1182	0,49%	1559	0,59%	2741	0,54%
Octavio Cordero	983	0,41%	1288	0,48%	2271	0,45%
Chaucha	617	0,26%	680	0,26%	1297	0,26%
Total cantonal	239497	100,00%	266088	100,00%	505585	100%

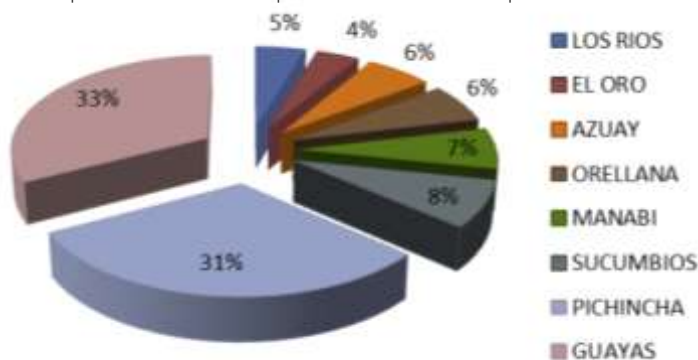
Fuente: INEC, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

Tal como lo muestra el Grafico No. 3.8., el aporte económico de la provincia del Azuay representa el 7,11% de la producción nacional, siendo la tercera provincia en importancia productiva, luego de Guayas y Pichincha.

El cantón Cuenca a su vez, aporta con el 4,69% a la producción nacional.

Grafico No. 3.8: Aporte Económico de las provincias del Ecuador a la producción nacional.



Fuente: Banco Central del Ecuador, 2010.

Elaboración: Propia, 2015.

Históricamente la ciudad de Cuenca es el centro administrativo y de intercambio de bienes y servicios en el contexto de su micro región, tanto su posición geográfica, como la limitada capacidad agrícola de buena parte del territorio cantonal, han contribuido al desarrollo de los sectores secundarios y terciarios en su estructura económica. En la actualidad la ciudad de Cuenca concentra alrededor del 97% de la actividad económica provincial y existe un importante número de empresas en las ramas de comercio, transporte, servicios, industria manufacturera, servicios personales y construcción. La población económicamente activa (PEA) del cantón es de 231.072 habitantes, que representa 45,7% de la población total del cantón.

3.2.4. EQUIPAMIENTOS E INFRAESTRUCTURAS

Los equipamientos de educación, tienen un déficit de aproximadamente del 60%, siendo las parroquias de Chaucha, San Joaquín, Sidcay, El Valle, Tarqui, Victoria del Portete, Cumbe, Ricaurte, Llacao, Sinincay, Checa, Octavio Cordero Palacios y Paccha, las que presentan mayores niveles. En cuanto a los equipamientos de salud, se ha determinado que la parroquia que mayor déficit presenta es El Valle con el 81,92%, las parroquias de Sinincay, Ricaurte, Nulti y Baños presentan un déficit entre el 60% y el 80%. Según datos del Censo de Población y Vivienda (INEC, 2010) el área mejor dotada en cuanto a las redes de servicios básicos es la ciudad de Cuenca, con el 89,26% de viviendas, el área urbana cuenta con todos los servicios básicos, esto es agua potable, alcantarillado, recolección de basura, electricidad y telefonía fija. En el área rural es en donde se presentan el mayor déficit en cuanto a la disponibilidad de estos servicios. De las 21 parroquias rurales la mejor servida es Ricaurte en donde el 84.18% de las viviendas cuenta con todos los servicios, seguida por la parroquia de Baños con el 80,27%. Luego de la ciudad de Cuenca las parroquias mejor servidas son las parroquias que se encuentran en la periferia. En



tanto que las más alejadas como Santa Ana, Quingeo, Molleturo, Chaucha son las más desfavorecidas. De acuerdo con el Inventario Vial del Cantón Cuenca, la red vial cuenta aproximadamente con 3904Km. De los cuales aproximadamente el 10% se encuentra en buen estado, mientras que el 60% presenta un estado regular y malo. En este dato no se incluye la red viaria del área interna de la ciudad de Cuenca constituida por vías eminentemente urbanas, las cuales constituyen aproximadamente el 30% del total viario.

Cuadro No. 3.2: Déficit de Equipamientos en el cantón Cuenca por parroquia

Ubicación	Educación	Salud	Bienestar Social	Seguridad	Recreación	Cultura	Aprovisionamiento	Gestión y Administración	Promedio
El Valle	52,87	23,15	23,87	25,8	67,55	77,4	29,57	41,92	42,77
Ricaurte	56,77	0	22,04	23,48	55,45	35,22	23,48	40	32,06
Baños	36,62	0	25	26,22	53,49	28,66	26,22	60	32,03
Llacao	26,92	0	20,66	33,33	57,14	6,63	33,33	60	29,75
Tarqui	37,32	0	9,95	33,33	65,6	24,5	24,83	40	29,44
Sinincay	49,46	0	22,72	16,67	53,23	27,2	25,73	40	29,38
Paccha	34,31	0	20,89	19,64	54,8	8,93	33,33	60	28,99
Turi	43,26	0	0	22,53	53,44	17,59	33,33	60	28,77
Chiquintad	26,67	0	25	16,67	53,39	0	33,33	60	26,88
Chaucha	25	0	12,5	16,67	33,47	50	33,33	40	26,37
San Joaquín	32,94	0	25	16,67	40,04	0,68	33,33	60	26,08
Nulti	24,57	0	16,07	33,33	52,04	5,33	33,33	40	25,58
Victoria del Portete	30,79	0	19,4	16,67	58,63	0	33,33	40	24,85
Sayausí	32,34	0	1,07	16,67	54,97	11,9	20,63	60	24,7
Molleturo	0	0	12,5	16,67	57,81	52,33	17,44	40	24,59
Cuenca	36,47	0	23,92	18,87	27,94	27,8	27,23	32,88	24,39
Quingeo	22,07	0	0	33,33	61,33	11,61	18,6	40	23,37
Sidcay	25	0	12,5	16,67	52,43	0	33,33	40	22,49
Santa Ana	30,37	0	0	16,67	57,14	1,87	33,33	40	22,42
Cumbe	33,26	0	25	16,67	39,93	0	16,67	40	21,44
Octavio Cordero	0	0	25	16,67	42,86	0	16,67	40	17,65
Checa	10,19	0	14	16,67	36,57	0	16,67	40	16,76
Promedio Cantonal									26,4

Fuente: PDOT del cantón Cuenca, 2015.

Elaboración: Propia, 2015.

3.3. VERIFICACIÓN DE APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.

En el proceso de verificación de la aplicabilidad de la metodología planteada será necesario definir la aptitud de suelo para receptor el uso urbano, para lo cual es indispensable identificar las variables que pueden influir en el cálculo de la aptitud y que ya han sido determinados en el Cuadro No. 2.1., del Capítulo anterior; para lo cual es indispensable realizar un análisis de la



información cartográfica disponible, que permitirá procesar las variables para el análisis multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada en un Sistema de Información Geográfica.

A partir de esta información podrá seleccionarse las áreas hacia donde podría permitirse la expansión de la ciudad, mismas que conformaran la Categoría de Ordenación de Suelo de Expansión y que se definirán en función de los objetivos que el Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal y el Plan de Ordenación Urbanística ha determinado en el proceso de planificación.

Para este propósito se ha previsto utilizar el Sistema de Información Geográfica conocido como ARC GIS, mismo que facilita el análisis de información tanto en formato vectorial como en formato ráster, mediante la utilización de comandos y herramientas de fácil manejo y comprensión.

En relación a la información que se ha utilizado para el análisis, se ha procedido a recopilarla del Sistema Nacional de Información (SNI), con la finalidad de que se demuestre que a partir de información temática básica, disponible para todo el país, se pueden realizar análisis que permiten adecuar las variables para el análisis multicriterio que se plantea en esta metodología.

3.3.1. CALCULO DE LA APTITUD DEL SUELO PARA RECEPTAR EL USO URBANO EN EL CANTÓN CUENCA.

Para el cálculo de la aptitud para receptar el uso urbano en el cantón Cuenca, se ha procedido a identificar las variables de las cuales se dispone información cartográfica del Cuadro No. 2.11, mismo que ha sido el resultado de un inventario de información realizado a partir de aquella disponible en el SNI.

Posteriormente se ha realizado un análisis de la información y adecuación de las variables, que ha permitido la codificación de la información alfanumérica y su conversión del formato vectorial (.shp), a formato ráster (.grid). Proceso que ha sido necesario considerarlo de este modo para que pueda relacionarse cada porción del territorio con una malla o retícula en función de lo cual se calculará la aptitud del suelo para cada punto del territorio, mediante el proceso de Análisis Multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada.

Como parte del cálculo es necesario estandarizar los factores, de tal manera que puedan ser utilizados en una sola unidad de medida, por lo que se ha utilizado los métodos descritos en el Cuadro No. 2.2., del Capítulo anterior, asimismo se han asignado los pesos que se han calculado por medio del Método Directo y el Método de Jerarquías Analíticas y que se han propuesto utilizar en el análisis de la aptitud del suelo para receptar el uso urbano, estos valores se detallan en el Cuadro No. 2.3 y 2.9.



3.3.1.1. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS Y VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LA APTITUD DEL SUELO PARA EL USO URBANO EN EL CANTÓN CUENCA.

Las variables que intervienen en el cálculo de la aptitud del suelo para el uso urbano, y que se han considerado como restricciones son las siguientes: áreas con valor productivo, áreas con valor ecológico y ambiental, zonas con valor histórico y cultural, zonas de riesgo por inundación e inestabilidad, franjas de protección de redes de infraestructura energética, equipamientos mayores incompatibles, áreas destinadas para el desarrollo de industria, las pendientes, uso actual del suelo. Como factores se han considerado a: la vialidad, proximidad a centros urbanos, proximidad a equipamientos, dotación de infraestructura básica como agua potable, energía eléctrica, alcantarillado.

Se ha revisado el Cuadro No. 2.11, encontrando que la información disponible para el cantón Cuenca y que tiene relación con estas variables son: áreas con valor productivo, áreas con valor ecológico y ambiental, red hidrográfica del cantón y redes de alta tensión, de la cual se podría obtener mediante un análisis espacial las márgenes de protección de ríos y quebradas y que constituyen zonas con valor ecológico y ambiental y de protección y franjas de protección de redes de alta tensión, zonas de riesgo por inundación e inestabilidad, pendientes, uso actual del suelo, la red vial, y la proximidad a equipamientos.

En la información secundaria del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca, se pudo obtener información relacionada con las zonas con valor histórico y cultural, Proximidad a centros urbanos y Dotación de infraestructura básica como agua potable, alcantarillado y localización de medidores de energía eléctrica. No se pudo registrar información relacionada con acuíferos subterráneos, equipamientos mayores incompatibles, otras redes de infraestructura energética como el Poliducto Pacuales - Cuenca y áreas destinadas para el desarrollo de industria.

Por tanto se puede concluir que se ha podido recopilar un total del 82% de la información necesaria para el análisis, siendo este un factor que permitiría evaluar y obtener resultados satisfactorios en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca.

A continuación en el Cuadro No. 3.3, se muestra la información disponible, descripción y escala cabe mencionar que esta información se encuentra en formato vectorial.

**Cuadro No. 3.3:** Información cartográfica disponible para el cantón Cuenca

Variables	Descripción	Fuente	Escala
Áreas con valor productivo	Aptitud agrícola	MAGAP	1:250.000
Áreas con valor ecológico y ambiental	Sistema de áreas protegida y humedales Ríos principales y lagunas	MAE GAD Cuenca IGM	1:50.000
Zonas con valor histórico y cultural	Área de protección del patrimonio	GAD Cuenca	-
Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	Inundación, inestabilidad, movimientos en masa	MAGAP	1:100.000
Franjas de protección de redes de alta tensión	Línea de transmisión y subtransmisión eléctrica	CONELC	1:50.000
Pendientes	Curvas de nivel cada 25m y 50m	IGM	1:250.000
Uso actual del suelo	Cobertura del Suelo	SIGAGRO	-
Vialidad	Jerarquización vial	MTOP	1:50.000
Proximidad a centros urbanos	Límite urbano, cabeceras parroquiales	GAD Cuenca	1:50.000
Proximidad a equipamientos	Equipamientos de salud y educación	Ministerio de Educación Ministerio de Salud	1:50.000
Dotación de infraestructura básica (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado)	agua, alcantarillado, medidores	GAD Cuenca	1:50.000

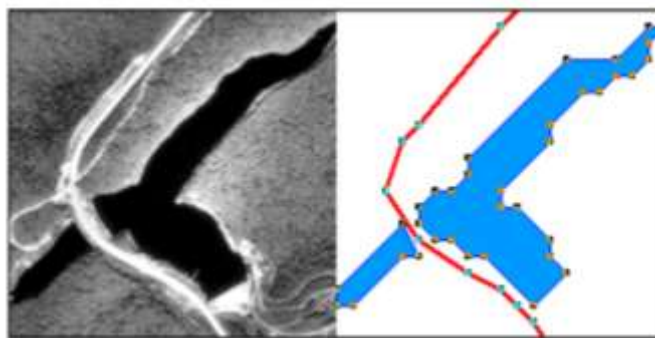
Fuente y elaboración: Propia, 2015.

3.3.1.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE Y ADECUACIÓN DE VARIABLES

Como se puede notar en el Cuadro No. 3.3., la información disponible se encuentra en su totalidad en formato vectorial, siendo estas puntos, líneas y polígonos; sin embargo para realizar la Sumatoria Lineal Ponderada como método de análisis multicriterio que permita determinar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, será necesario considerar al territorio como una malla, es decir como una matriz de celdas, donde para cada celda se deberá calcular la aptitud para el uso urbano. Cabe mencionar que este proceso podría utilizarse para definir la aptitud del suelo para cualquier tipo de uso, siempre y cuando se establezcan las variables que influyen en cada análisis.

Para una mayor comprensión de las cualidades, diferencias y utilidades que tienen el formato vectorial y ráster, a continuación se procede a explicar en qué consiste cada uno de estos elementos: En el modelo vectorial que se muestra en el Gráfico No. 3.9., los datos se registran por medio de las fronteras de la entidad geográfica, las cuales se delimitan a través de líneas generadas entre puntos, cuyas coordenadas están referidas a un determinado sistema. (Ochoa, 2008).

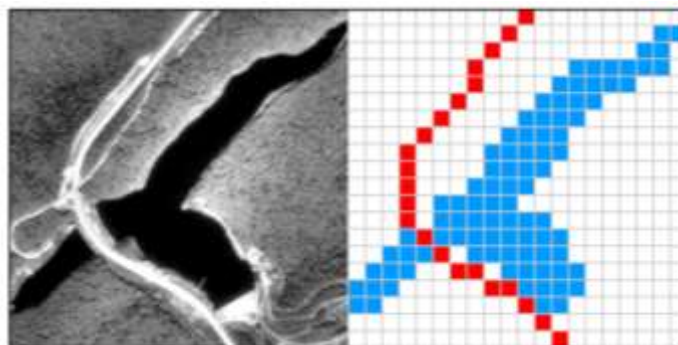
Grafico No. 3.9: Representación del mundo real por medio de un gráfico vectorial
(Delimitación de contornos a partir de puntos, líneas y polígonos)



Fuente y Elaboración: Ochoa, 2008

En el modelo ráster que se observa en el Grafico No. 3.10., lo que se registra no son las fronteras de los objetos espaciales sino su contenido, quedando sus límites implícitamente representados; para ello se divide el área requerida en una malla regular de celdas, normalmente cuadradas, asignando a cada celda un valor numérico que representa el atributo que está registrando, cada una de las celdas se denomina “píxel”. La georeferenciación de cualquier punto viene definida por la posición de la celda con respecto a un sistema de coordenadas. (Ochoa, 2008).

Grafico No. 3.10: Representación del mundo real por medio de un modelo ráster (celdas)



Fuente y Elaboración: Ochoa, 2008

La representación vectorial es adecuada para la realización de gráficos y mapas precisos, es más compacta en cuanto al volumen de almacenamiento que necesita y más exhaustiva la información disponible, ya que la topología está descrita más completa y explícitamente. Ciertas operaciones y análisis espacial son más sencillos y rápidos de realizar con la organización vectorial, pero estas ventajas se consiguen a partir de una organización de los datos compleja y que determina cálculos largos, muy laboriosos de realizar para actualizar la base de datos, cualquier cambio determina la necesidad de modificar muchos elementos.

El modelo ráster tiene, por su parte, una organización muy simple de los datos, que permite realizar con gran facilidad procesos de análisis. Por ejemplo, la superposición de mapas es muy



sencilla y fácil de programar mediante operaciones con matrices. Su principal inconveniente es el gran volumen de almacenamiento que requiere, en especial si es necesario disponer de una representación muy precisa, lo que exige disminuir el tamaño del pixel y, en consecuencia, aumentar el número de filas y columnas del mapa.

Con este antecedente a continuación se ha muestran los resultados de preparar cada una de las variables que intervienen en el cálculo de la aptitud para receptor el uso urbano, para lo cual se ha determinado que el tamaño de celda que se empleará en el análisis es de 30x30.

a) ÁREAS CON POTENCIAL AGRÍCOLA

De la información disponible del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), se ha podido obtener información relacionada con la aptitud del suelo para el uso agrícola en el cantón Cuenca, determinándose que el 97% del territorio cantonal pertenece a la clasificación de suelo forestal, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural, limitaciones importantes, y que tan solo el 0,1% representa suelo apto para fines agrícolas, perteneciendo estos sectores en la parte baja del cantón en territorios próximos al cantón Guayas.

En relación al territorio próximo a la zona urbana del cantón Cuenca, específicamente en el Área de Influencia Inmediata de la ciudad de Cuenca, presenta una aptitud para forestación, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural, limitaciones importantes, es decir zonas de bosque; zonas marginales para la agricultura, mejoramiento de pastos naturales existentes, limitaciones importantes, es decir aptitud para zonas de pastos; agricultura con limitaciones muy importantes, (pendiente) mecanización especializada y riego difícil a imposible, agricultura con limitaciones importantes, (pendiente) mecanización difícil y riego difícil a imposible y agricultura con limitaciones importantes, (textura) mecanización especializada y riego difícil, mismas que se catalogan con aptitud para cultivo.

A continuación se presenta el Cuadro No. 3.4, en el que se identifica la clasificación de la aptitud del suelo y el área que representa en el cantón en valores absolutos y relativos, así como también el Grafico No. 3.11., donde se muestra para el territorio cantonal, la aptitud del suelo para el uso agrícola.

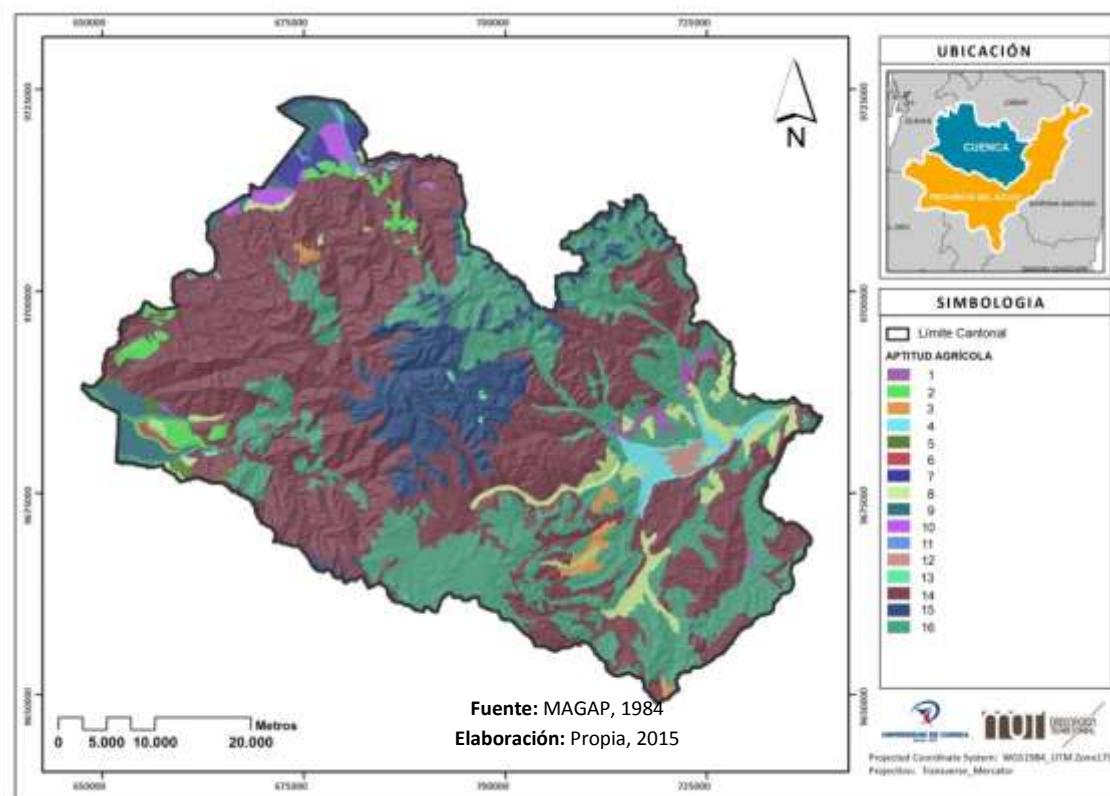
Cuadro No. 3.4: Aptitud del suelo para el uso agrícola en el cantón Cuenca.

Descripción	Aptitud	Área (Ha)	%	Código
Forestación, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural, limitaciones importantes	Bosque	10030379,27	96,55	14
Agricultura sin limitaciones, mecanización y riego muy fáciles	Cultivos	915,28	0,01	11
Agricultura con limitaciones ligeras, mecanización y riego muy fáciles	Cultivos	3865,66	0,04	6
Agricultura con limitaciones ligeras, (textura) mecanización y riego muy fáciles	Cultivos	434,29	0,00	7
Agricultura con limitaciones muy importantes, (textura) mecanización y riego difíciles	Cultivos	2596,61	0,02	10
Agricultura con limitaciones importantes, (textura) mecanización especializada y riego difícil	Cultivos	5424,12	0,05	4
Agricultura con limitaciones importantes, (pendiente) mecanización difícil y riego difícil a imposible	Cultivos	2663,47	0,03	1
Agricultura con limitaciones muy importantes, (pendiente) mecanización especializada y riego difícil a imposible	Cultivos	18651,72	0,18	8
Agricultura con limitaciones importantes, (pendiente), mecanización y riego imposible	Cultivos	2653,26	0,03	3
Agricultura con limitaciones ligeras, (pendiente) mecanización especializada y riego difícil a imposible	Cultivos	1546,52	0,01	5
Agricultura con limitaciones importantes, (pendiente) medidas de protección, explotación aconsejada	Cultivos	6985,00	0,07	2
Agricultura con limitaciones muy importantes, (pendiente), medidas de protección aconsejadas	Cultivos	33793,91	0,33	9
Zonas marginales para la agricultura, mejoramiento de pastos naturales existentes, limitaciones importantes	Pastos	234899,20	2,26	16
Sin uso agropecuario	Sin Uso Agropecuario	40819,10	0,39	15
Área urbana	Área Urbana	1358,77	0,01	12
Cuerpos de agua	Cuerpos de Agua	1424,17	0,01	13

Fuente: MAGAP, 1984

Elaboración: Propia, 2015

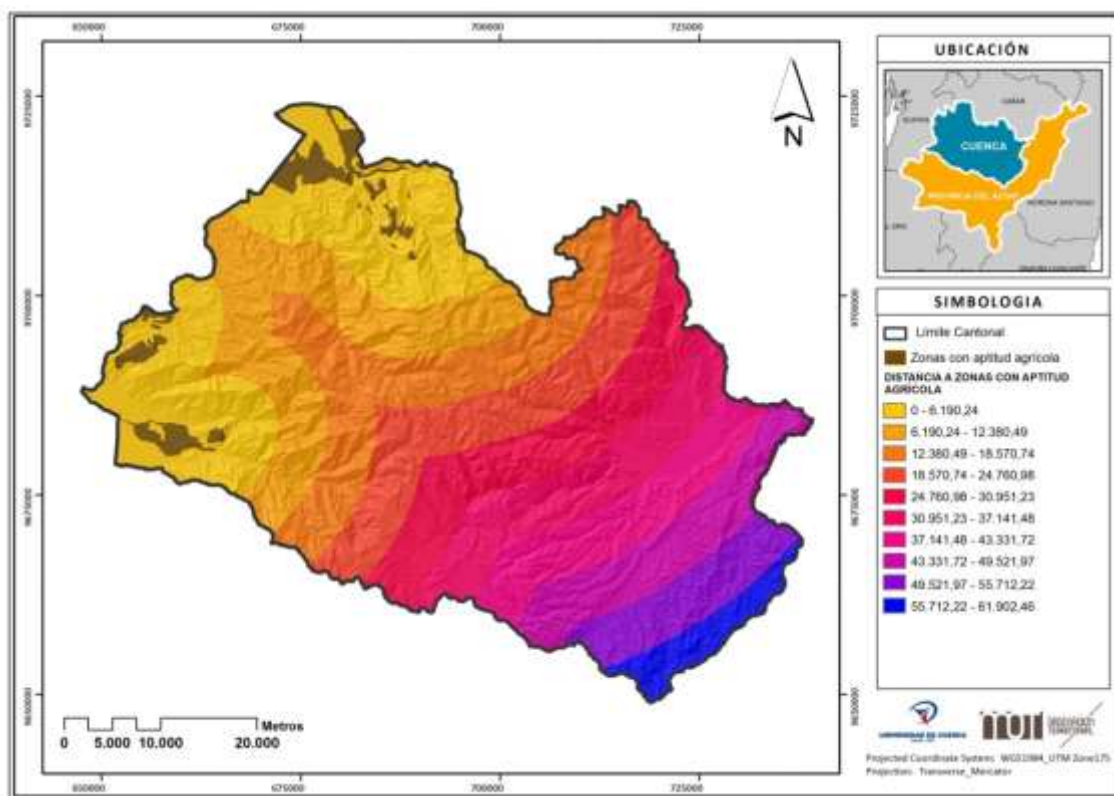
Grafico No. 3.11: Aptitud del suelo para el uso agrícola en el cantón Cuenca



Se ha considerado como áreas con potencial agrícola y que por consiguiente son restricciones al momento de calcular la aptitud del suelo para el uso urbano a aquellas cuya actividad es la agricultura sin limitaciones o con limitaciones ligeras, pero que presentan facilidad de riego, esta información cartográfica en formato vectorial, ha sido convertida en un archivo de tipo ráster, con un tamaño de celda de 30X30, donde se ha calculado la distancia euclidiana² hacia estas zonas de interés agropecuario, esto con la intención de construir el criterio de selección que permita cumplir los objetivos de la determinación del suelo con aptitud para resecutar el uso urbano y que detallan en el Capítulo I de este documento y que se resume en que la mejor aptitud del suelo para el uso urbano será en aquellos lugares donde sea menor la aptitud para el uso agrícola.

A continuación se presenta el Grafico No. 3.12, donde se muestra las áreas con potencial agrícola y en el que se ha determinado que la mayor distancia hacia estas zonas es de 61.902,46 píxeles.

Grafico No. 3.12: Distancia a zonas con aptitud del suelo para el uso agrícola en el cantón Cuenca



Fuente: MAGAP, 1984

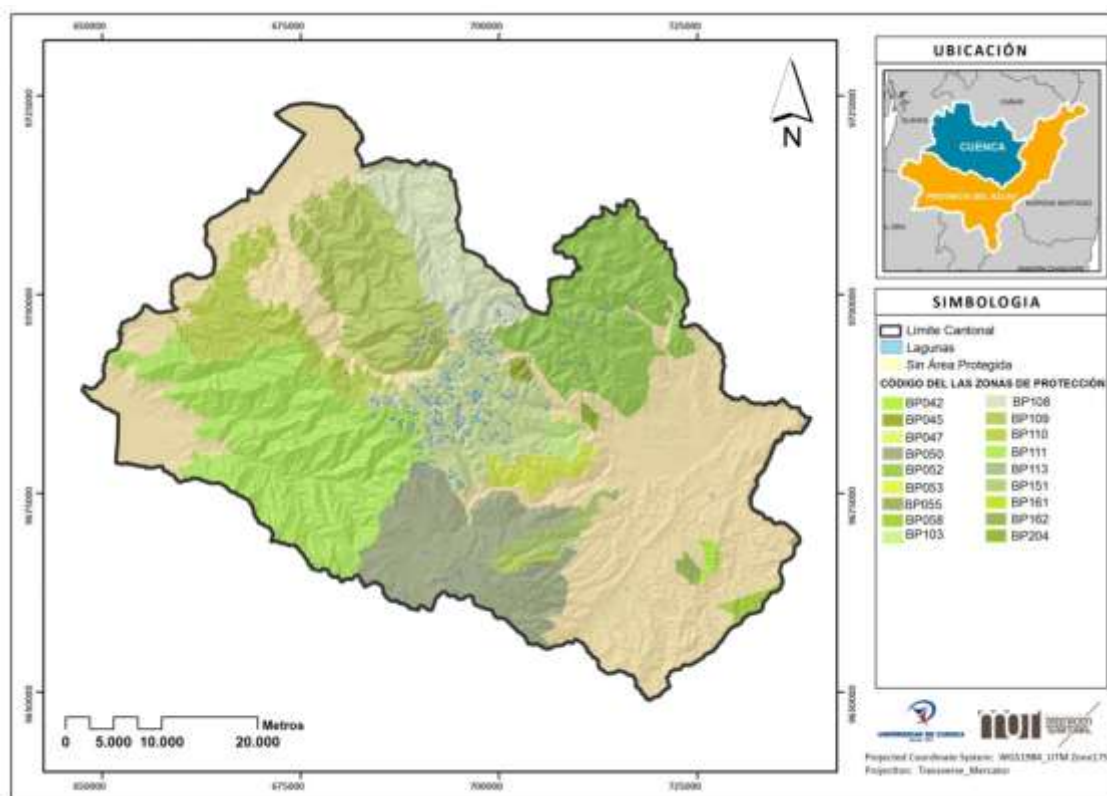
Elaboración: Propia, 2015

² Distancia euclidiana o euclídea, es la distancia que se mediría con una regla entre dos puntos de un espacio euclídeo, la cual se deduce a partir del teorema de Pitágoras.

b) ÁREAS CON VALOR ECOLÓGICO Y AMBIENTAL.

Se ha tomado como información base la del Ministerio del Ambiente (MAE) y del GAD Cuenca para las zonas consideradas como áreas protegidas por su valor ecológico y ambiental, determinándose que se tiene un total de 205081.50 Ha, que representan el 55% del territorio cantonal y que pertenecen a zonas catalogadas como de protección. En el Grafico No. 3.13, se muestran estas zonas, según la codificación del MAE; y, en el Cuadro No. 3.5, se observa en detalle las áreas que corresponden a esta categoría.

Grafico No. 3.13: Zonas de protección ambiental en el cantón Cuenca



Fuente: MAE, 2013

Elaboración: Propia, 2015

En el territorio próximo a la zona urbana del cantón Cuenca, es decir en el Área de Influencia Inmediata, se tiene hacia el Noroeste el área de bosque y vegetación protectora BP052, Cuenca del río Paute - Subcuenca Machangara Tomebamba, y hacia el Oeste el BP053 Cuenca del río Paute - Subcuenca del río Yunguilla y el BP103 Mazan, por lo que hacia estas zonas del territorio cantonal debería restringirse la urbanización.

Con estas consideraciones las zonas que presentan mayor factibilidad para receptor el uso urbano se consideran a aquellas que no tienen restricción de uso por zonas de protección. Para el cálculo de la aptitud del suelo para el uso urbano, se ha procedido a convertir la cartografía en archivo de tipo ráster, con un tamaño de celda de 30X30, donde se ha calculado

la distancia euclidiana hacia estas zonas con valor ecológico y ambiental, esto con la intensión de construir el criterio de selección que permita cumplir los objetivos del análisis. El Grafico No. 3.14, donde se muestra las zonas del territorio cantonal, consideradas con valor ecológico ambiental y en el que se ha determinado que la mayor distancia hacia estas zonas es de 14.958,21 pixeles.

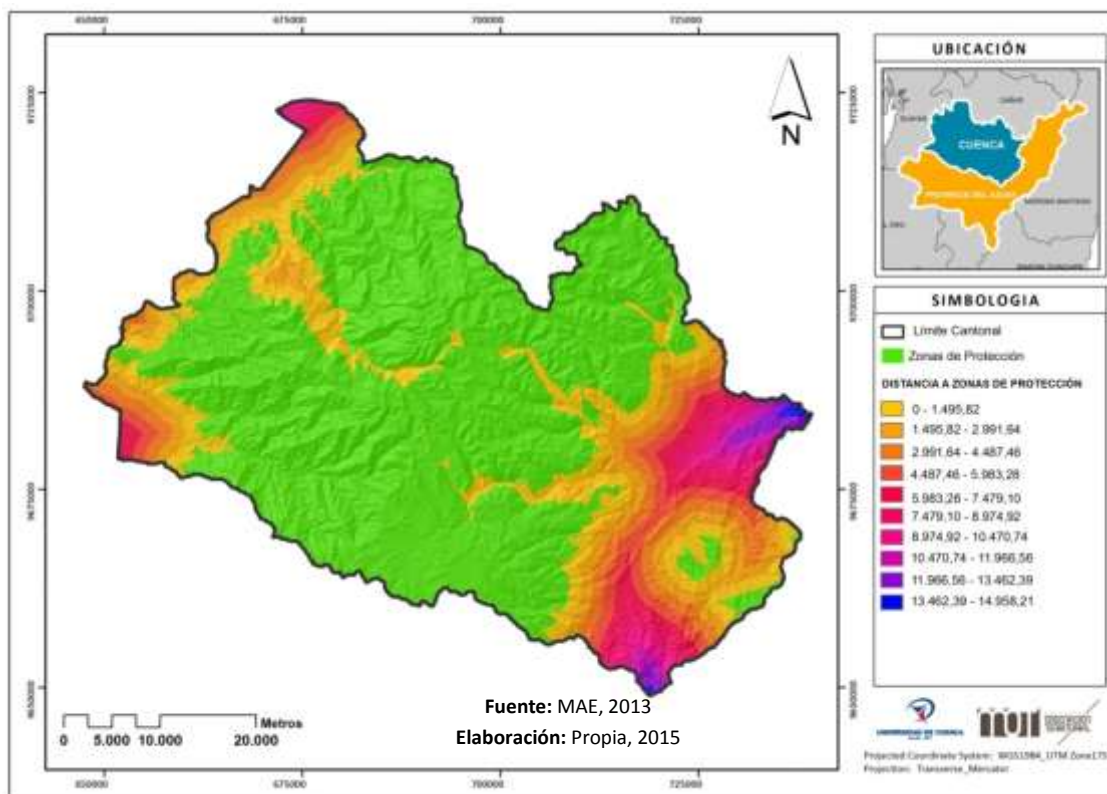
Cuadro No. 3.5: Áreas con valor ecológico ambiental en el cantón Cuenca.

Código	Nombre	Área (Ha)	Código
BP042	BP042 (B.P. Cuenca del rio Paute - Microcuenca de la Quebrada Yunga)	851,48	1
BP045	BP045 (B.P. Cuenca del rio Paute Cerro Cuabidula)	699,24	1
BP047	BP047 (B.P. Cuenca del rio Paute - Cerro Fierroloma)	225,61	1
BP050	BP050 (B.P. Cuenca del rio Paute - Microcuenca del rio Yanuncay e Irquis)	33497,90	1
BP052	BP052 (B.P. Cuenca del rio Paute - Subcuenca Machangara Tomebamba)	31821,36	1
BP053	BP053 (B.P. Cuenca del rio Paute - Subcuenca del rio Yunguilla)	4451,36	1
BP055	BP055 (B.P. Cuenca del rio Paute - Subcuenca de la Quebrada de Aguarongo)	149,96	1
BP058	BP058 (B.P. Cuenca del rio Paute Quebrada Guarango)	1406,63	1
BP103	BP103 (B.P. MAZAN)	1964,48	1
BP108	BP108 (B.P. Molleturo y Mollepungo Area 1	20689,65	1
BP109	BP109 (B.P. Molleturo y Mollepungo Area 2	28197,56	1
BP110	BP110 (B.P. Molleturo y Mollepungo Area 3	17507,81	1
BP111	BP111 (B.P. Molleturo y Mollepungo Area 4	57475,87	1
BP113	BP113 (B.P. Molleturo y Mollepungo Area 6	7,47	1
BP151	BP151 (B.P. Sunsun Yanasacha)	4421,39	1
BP161	BP161 (B.P. Totoracocha)	411,35	1
BP162	BP162 (B.P. Totorillas)	770,89	1
BP204	BP204 (B.P. Subcuenca del rio Dudahuaycu)	531,49	1

Fuente: MAE, 2013

Elaboración: Propia, 2015

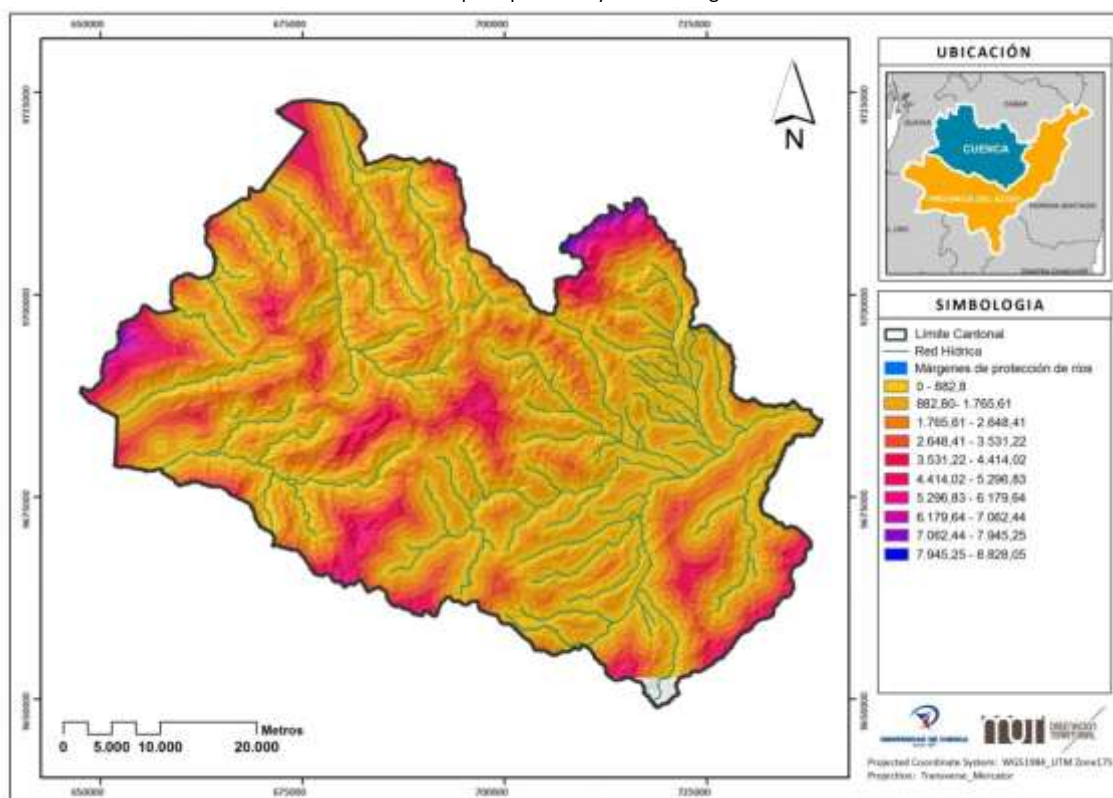
Grafico No. 3.14: Distancia a zonas de protección ambiental en el cantón Cuenca



- **MÁRGENES DE PROTECCIÓN DE RÍOS Y QUEBRADAS.**

Se ha utilizado para el análisis la cartografía del Instituto Geográfico Militar, en la que se detallan los principales cursos de agua del cantón Cuenca, para el establecimiento del área de margen de protección de estos cursos se consideró como una media 30m, dando como resultado que como zonas de protección de ríos y quebradas se tiene un total de 9412.63 Ha, mismas que representan el 2.56% del territorio cantonal. Se han calculado la distancia euclidiana hacia las márgenes de protección, resultando que la mayor distancia es de 8.792,20 pixels. En el Grafico No. 3.15, se muestran gráficamente los principales cursos de agua, márgenes de protección establecidas para el análisis y el cálculo de las distancias.

Grafico No. 3.15: Distancia a principales ríos y cursos de agua en el cantón Cuenca



Fuente: Instituto Geográfico Militar

Elaboración: Propia, 2015

c) ZONAS CON VALOR HISTÓRICO Y CULTURAL.

La información utilizada para determinar las zonas con valor histórico cultural del cantón Cuenca, ha sido tomada de la cartografía del GAD Cuenca, en el que se tiene un total de 11844,58 Ha, mismas que representan el 3% del territorio cantonal. En el Grafico No. 3.16, se muestran estas zonas, donde se ha determinado que la mayor distancia euclídea es de 61119,54 pixels y en el Cuadro No. 3.6, se observa en detalle las áreas que corresponden a

esta categoría. Asimismo se ha determinado que las zonas que presentan mayor factibilidad para receptor el uso urbano serían aquellas que no tienen restricción de uso por ser zonas de interés patrimonial o cultural.

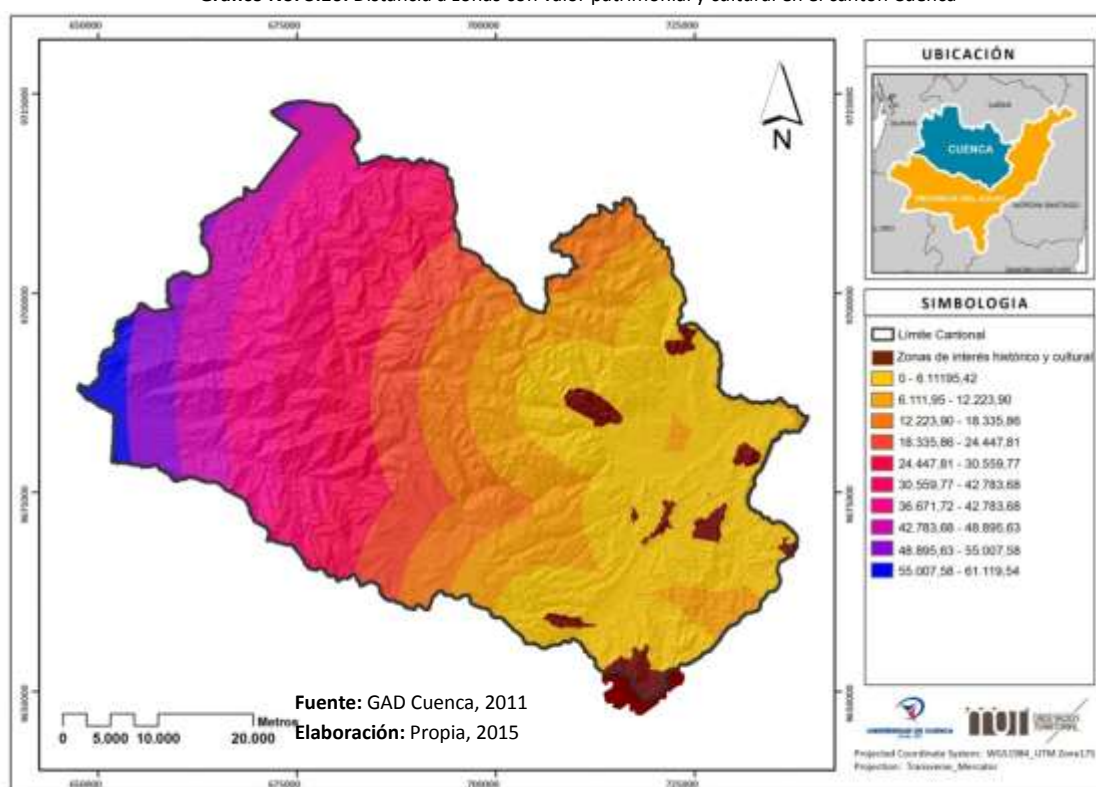
Cuadro No. 3.6: Áreas con valor patrimonial y cultural en el cantón Cuenca.

Nombre	Área (Ha)	Código
El Boquerón - Turi - Tarqui	632,34	1
Cochapamba 2 - El Valle	2,76	1
Cochapamba 1 - El Valle	5,68	1
Illapamba - San Andrés - Octavio Cordero Palacios - Checa	851,39	1
El Chonta - Sidcay	136,83	1
Guagualzhumi - Paccha	732,13	1
Minas - Sayausi	2011,80	1
La Libertad - Santa Ana	342,19	1
Maluay - El Valle	1185,25	1
Mapacucha - Turi - Tarqui	112,82	1
Gañadel - Cumbe	5130,38	1
Q. Santo Tomas - Victoria Portete	701,00	1
TOTAL DE ÁREAS CON INTERÉS CULTURAL Y PATRIMONIAL	11844,58	

Fuente: GAD Cuenca, 2011

Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.16: Distancia a zonas con valor patrimonial y cultural en el cantón Cuenca

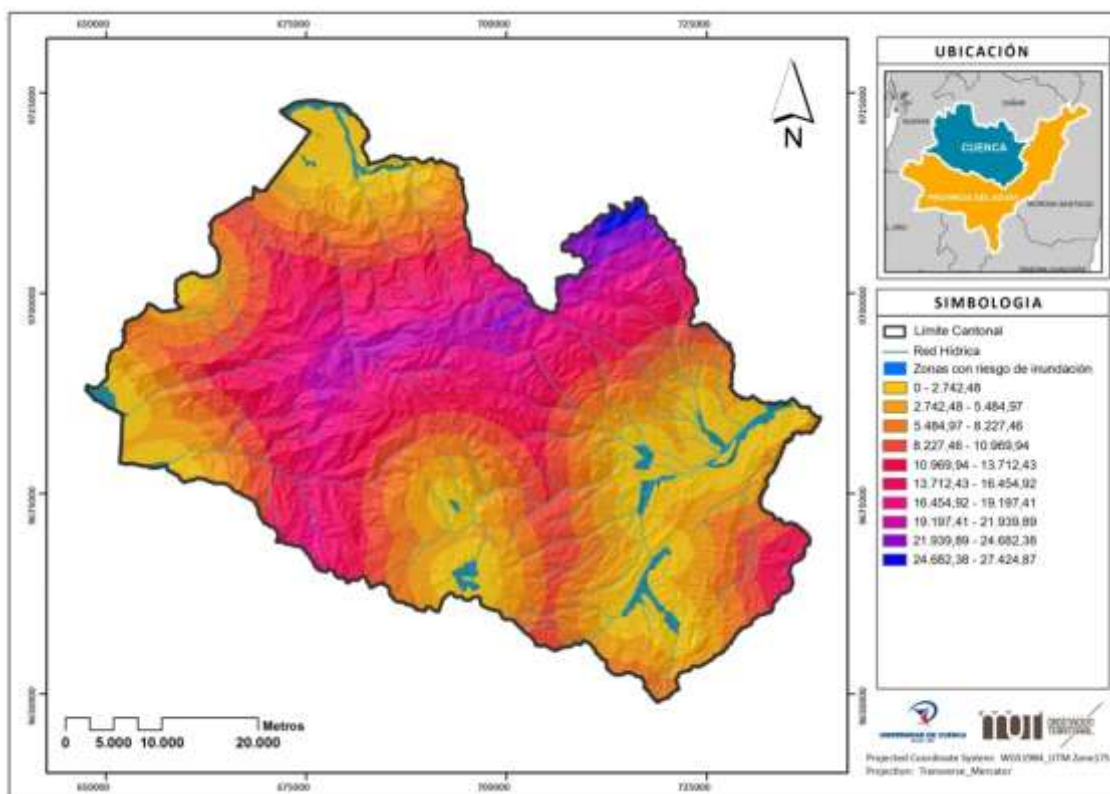


d) ZONAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN E INESTABILIDAD.

Se ha considerado la cartografía de MAGAP – STGR, referente a Identificación de rangos hidrológicos y Susceptibilidad a movimiento en masa, así como también la del GAD Cuenca, en la que se ha determinado las zonas de inundación que se muestran en el Grafico No. 3.17, mismas que representan 7831.56 Ha, es decir el 2,13%. Las zonas donde se presentan mayores

riesgos de inundación se localizan en el área urbana debido a las crecientes de los ríos Tarqui, Tomebamba, Yanuncay, Machángara y como consecuencia también del río Cuenca. Asimismo se evidencia zonas de inundación hacia el sur de en el valle de Tarqui, por lo que estas zonas tienen una restricción de uso al momento de definir la aptitud del suelo para receptor el uso urbano. Del cálculo de la distancia euclidiana se ha determinado que la mayor distancia a las zonas de inundación es de 27.424,87 pixels.

Grafico No. 3.17: Distancia a zonas de inundación en el cantón Cuenca



Fuente: MAGAP, 2005

Elaboración: Propia, 2015

Un hecho que genera riesgo de inestabilidad, es la susceptibilidad a los movimientos en masa, es por esta razón que se ha considerado a este como un factor para el análisis de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, siendo que cuanto más susceptible sea el territorio, menor será la probabilidad de que presente aptitud para el uso urbano. En este contexto se ha determinado que el 70% del territorio cantonal, presenta riesgo de moderada y alta susceptibilidad a movimientos en masa, por lo que hacía estas zonas se debería restringir la expansión urbana. En el Grafico No. 3.18 y Cuadro No. 3.7, se detallan las áreas y valores asignados a cada categoría.

Siendo que para utilizarlo en el análisis multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada, deberá establecerse este en formato ráster, por lo que el campo de “VALOR”, del Cuadro No. 3.7, son los códigos que se han utilizado para la clasificación.

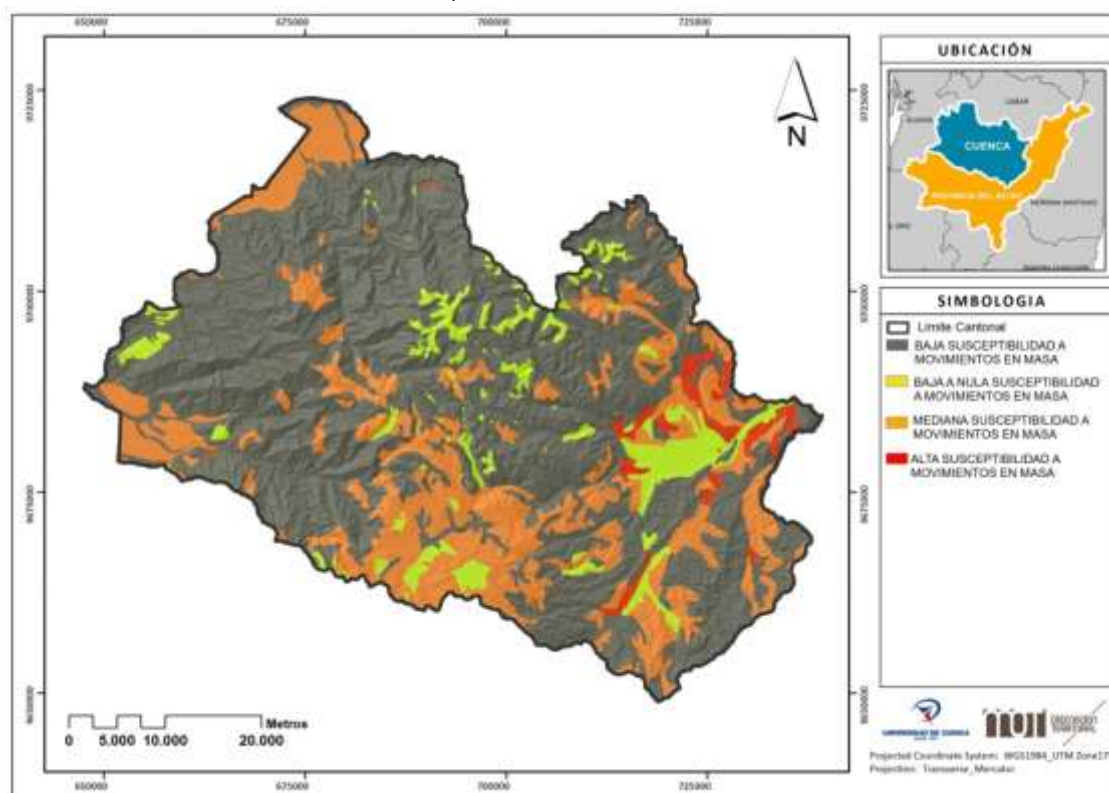
Cuadro No. 3.7: Susceptibilidad a movimientos en masa en el cantón Cuenca

Descripción	Área (Ha)	Código
Alta susceptibilidad a movimientos en masa	245365,11	1
Baja a nula susceptibilidad a movimientos en masa	25125,75	2
Mediana susceptibilidad a movimientos en masa	88028,56	3
Moderada susceptibilidad a movimientos en masa	8013,55	4
TOTAL	366532,96	

Fuente: MAGAP, 2005

Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.18: Susceptibilidad a movimientos en masa en el cantón Cuenca



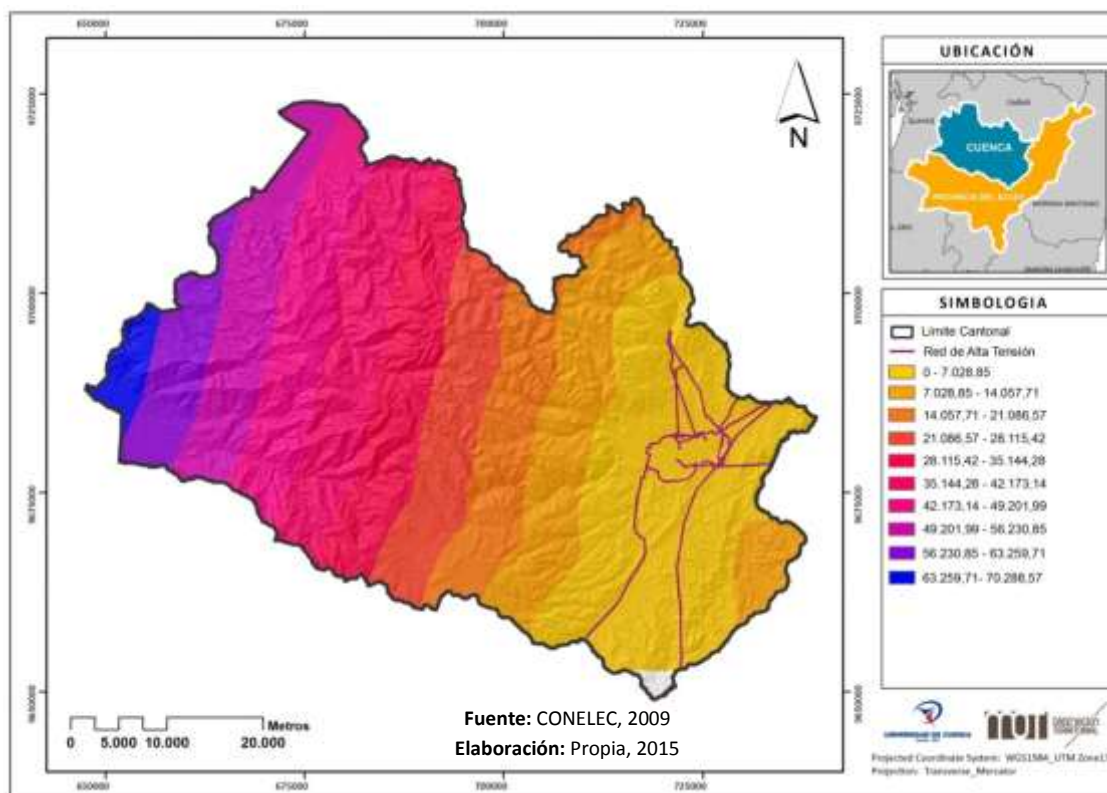
Fuente: MAGAP, 2005

Elaboración: Propia, 2015

e) FRANJAS DE PROTECCIÓN DE REDES DE ALTA TENSIÓN.

Para obtener información del trazado de las redes de alta tensión en el territorio del cantón Cuenca, se ha utilizado la información de CONELEC, de la que se deriva que existen aproximadamente 200Km de red, en el Grafico No. 3.19, se muestra el trazado de la red y las distancias euclidianas calculadas, siendo que la mayor es 70.288,57 pixels.

Gráfico No. 3.19: Distancia a red de alta tensión en el cantón Cuenca



f) PENDIENTES.

Para el análisis de pendientes, se ha utilizado la cartografía del Instituto Geográfico Militar, en escala 1:200000, y se han dividido los rangos según la clasificación que establece la FAO y que se muestra en el Cuadro No. 3.8, de esta información se desprende que el 44,08% del territorio cantonal presenta pendientes superiores al 30%, considerándose a estas zonas como no aptas para receptor el uso urbano o no urbanizables. Para el manejo de la información en formato ráster se ha procedido a asignar el tamaño de celda de 30X30, y a asignar los códigos que se muestran en el siguiente Cuadro. (Ver Gráfico No. 3.20)

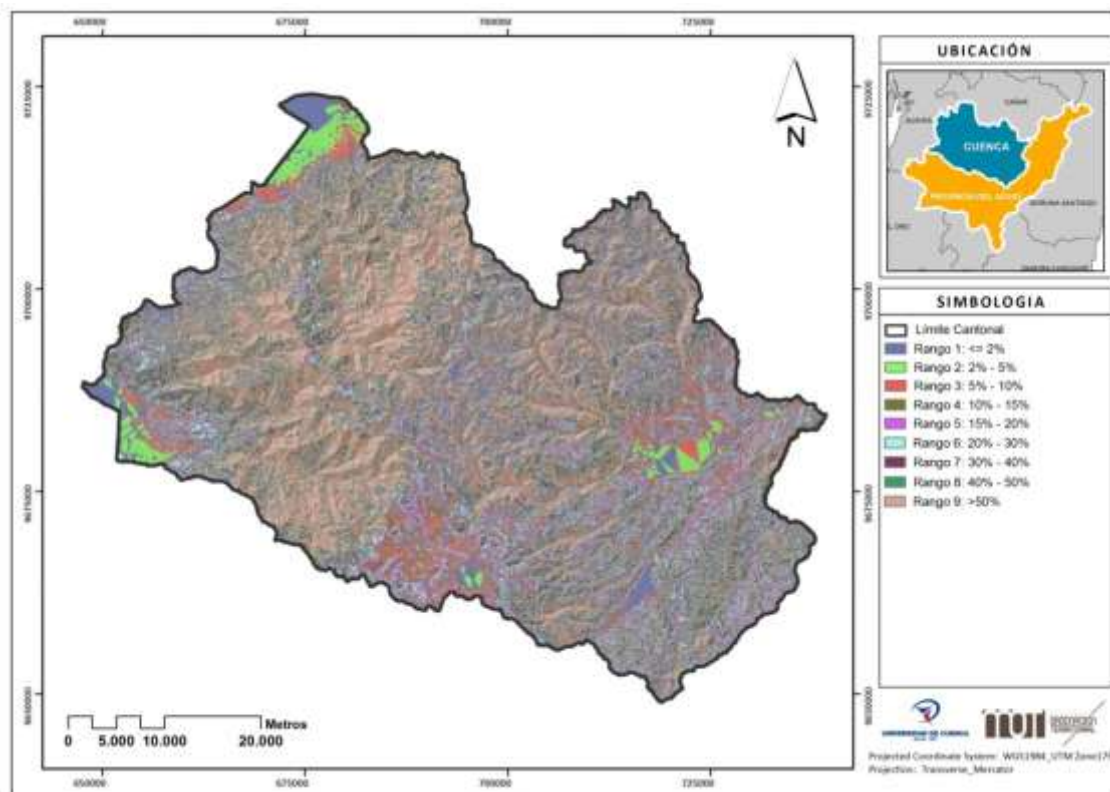
Cuadro No. 3.8: Rangos de pendientes.

Rango de Pendiente	Área (Ha)	Código
Menor o igual a 2%	24117,73	1
2% a 5%	14626,60	2
5% a 10%	18997,02	3
10% a 15%	21615,26	4
15% a 20%	23592,09	5
20% a 30%	53426,20	6
30% a 40%	53621,89	7
40% a 50%	47137,26	8
Mayor al 50%	109218,43	9

Fuente: IGM

Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.20: Análisis de Rangos de pendientes en el cantón Cuenca



Fuente y elaboración: Propia, 2015

g) USO ACTUAL DEL SUELO.

La información que se ha utilizado como base para el análisis del uso del suelo en el cantón Cuenca, corresponde a SIGAGRO, y se determina que el mayor porcentaje, es decir el 55% corresponde a la categoría de Conservación y protección ya que representa a coberturas relacionadas con bosques, paramos y vegetación arbustiva y herbácea principalmente. Otros usos relevantes son los relacionados con el agrícola y el agropecuario mixto, que representan el 12% del territorio cantonal cada uno. En este sentido y para cumplir con los objetivos asignados en el Capítulo 1, se deberán considerar únicamente las zonas donde se tenga la categoría de "tierras improductivas", mismo que tiene el porcentaje más bajo. En el Cuadro No. 3.9., y el Grafico No.3.21, se presentan los datos relacionados con el uso de suelo en el cantón Cuenca.

Para el manejo de la información en formato ráster se ha procedido a asignar el tamaño de celda de 30X30, y los códigos que se muestran en el siguiente Cuadro.

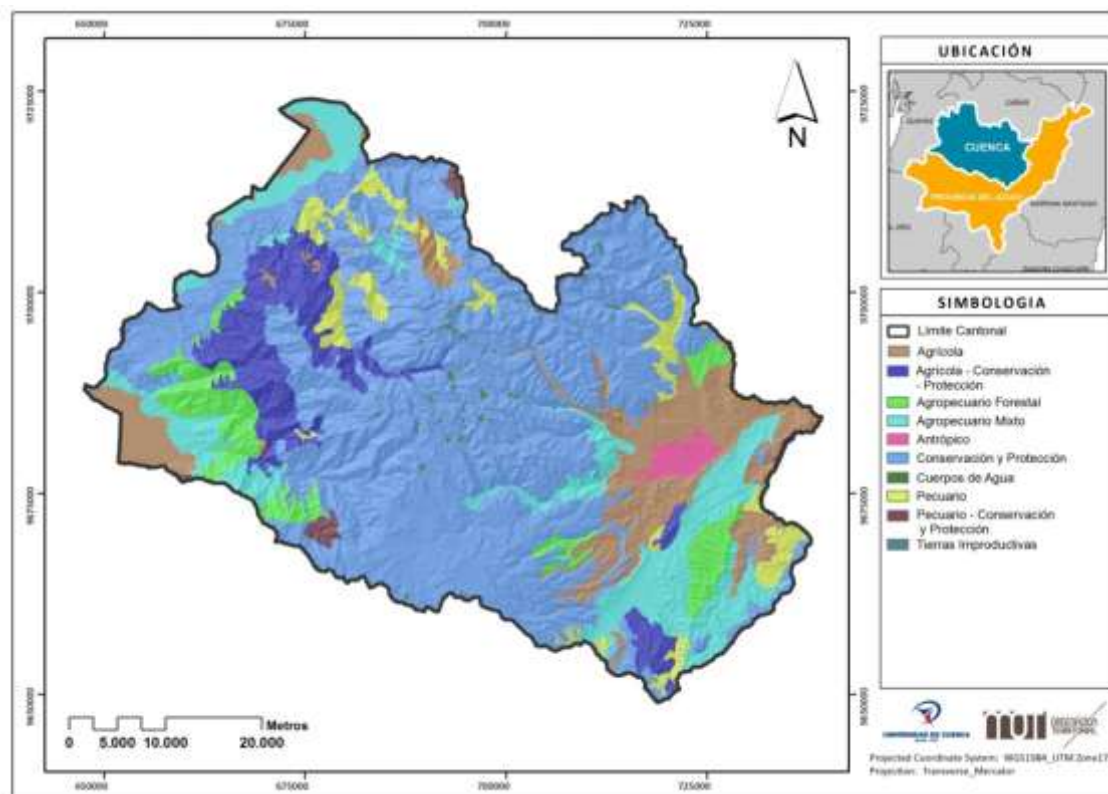
Cuadro No. 3.9: Usos de suelo en el cantón Cuenca.

Uso	Área (Ha)	%	Valor
Agrícola	44176,70	12,05	1
Agrícola - Conservación y Protección	30595,50	8,35	2
Agropecuario Forestal	20631,73	5,63	3
Agropecuario Mixto	45877,14	12,52	4
Antrópico	3612,37	0,99	5
Conservación y Protección	200820,97	54,79	6
Cuerpo De Agua	1016,18	0,28	7
Pecuario	17009,66	4,64	8
Pecuario - Conservación y Protección	2085,58	0,57	9
Tierras Improductivas	707,14	0,19	10

Fuente: SIGAGRO, 2003

Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.21: Usos de suelo en el cantón Cuenca



Fuente: SIGAGRO, 2003

Elaboración: Propia, 2015

h) VIALIDAD.

La información relacionada con la vialidad se ha considerado del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO), donde se ha podido establecer que el cantón Cuenca, cuenta con un total de 346Km de vías, en el Cuadro No. 3.10, se detalla la categoría de la vialidad. Para el análisis se requiere obtener la distancia euclidiana a las carreteras existentes, ya que se considera como un factor importante para determinar la aptitud del suelo para el uso urbano

a aquellas zonas que presentan más cercanía a la red vial. El Grafico No. 3.22, muestra la red vial existente y las distancias calculadas, siendo la mayor distancia 27.826,62 pixels.

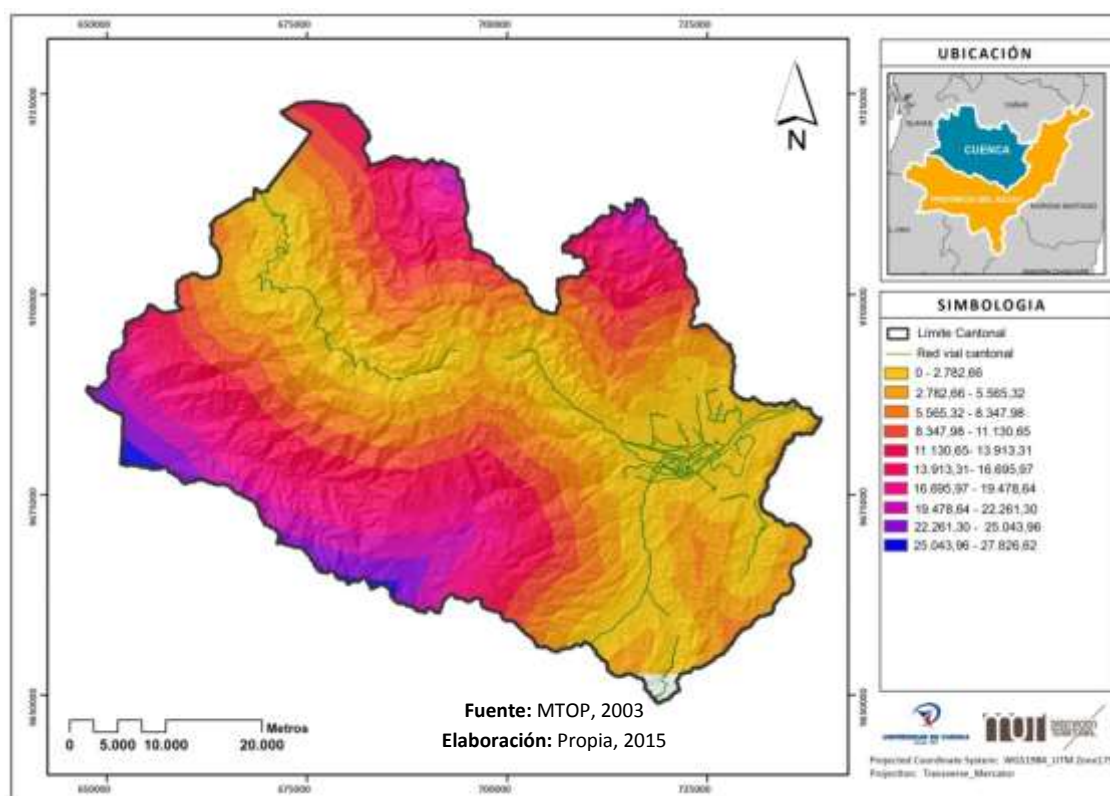
Cuadro No. 3.10: Clasificación de la red vial en el cantón Cuenca

Jerarquía	Longitud (Km)
ARTERIAL	32,2803
COLECTORA	92,0804
EXPRESA	29,4582
INTERPARROQUIAL	61,0938
INTERPROVINCIAL	130,8831

Fuente: MTOP, 2003

Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.22: Distancia a la red vial en el cantón Cuenca



i) PROXIMIDAD A CENTROS URBANOS.

Se ha considerado como centros urbanos, al área urbana de la ciudad de Cuenca, cuya delimitación se encuentra establecida en el la "Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el plan de Ordenamiento territorial del Cantón Cuenca. Determinaciones de uso y ocupación de suelo urbano", vigente desde el año 2003 y las áreas urbanas de las 21 parroquias rurales, es decir la cabecera parroquial. (Ver Gráfico No. 3.23). En total se ha considerado 8996,47 Ha, que corresponde al 2.45% del territorio cantonal. Para el análisis se requiere obtener la distancia euclidiana a los centros urbanos, ya que se considera como un factor importante para determinar la aptitud del suelo para el uso urbano, por el aprovechamiento que se puede dar a las infraestructuras viales y a la

disponibilidad de servicios básicos. El Gráfico No. 3.23, muestra los centros urbanos existentes y las distancias calculadas, siendo la mayor distancia 29.213,31 pixels.

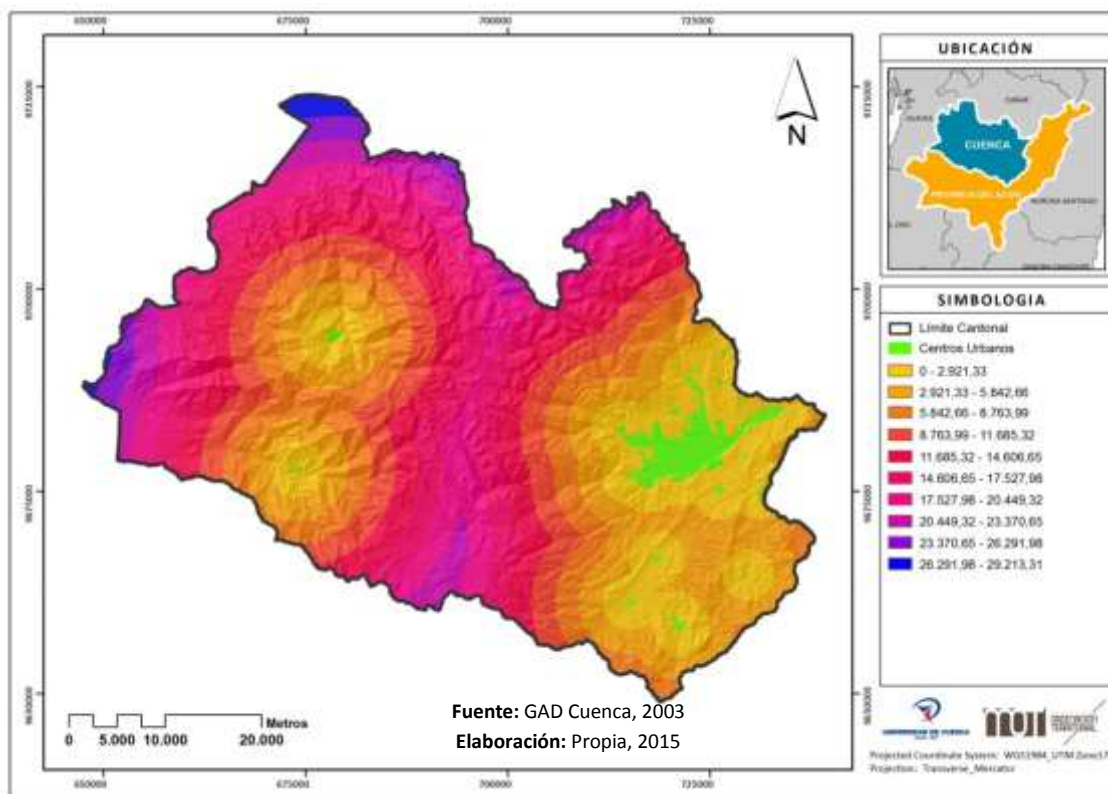
Cuadro No. 3.11: Centros Urbanos del cantón Cuenca

Nombre	Área (Ha)
San Joaquín	38,25
Baños	107,64
Tarqui	77,44
El Valle	88,20
Ricaurte	155,26
Turi	92,26
Molleturo	183,97
Cumbe	183,33
Victoria del Portete	72,55
Quingeo	20,33
Octavio Cordero Palacios	45,61
Checa	28,40
Sidcay	45,12
Nulti	26,38
Paccha	32,41
Chiquintad	167,48
Llacao	36,23
Chaucha	57,41
Sinincay	90,20
Santa Ana	51,66
Sayausí	95,15
Límite Urbano	7301,19

Fuente: GAD Cuenca, 2003

Elaboración: Propia, 2015

Gráfico No. 3.23: Distancia a centros urbanos en el cantón Cuenca



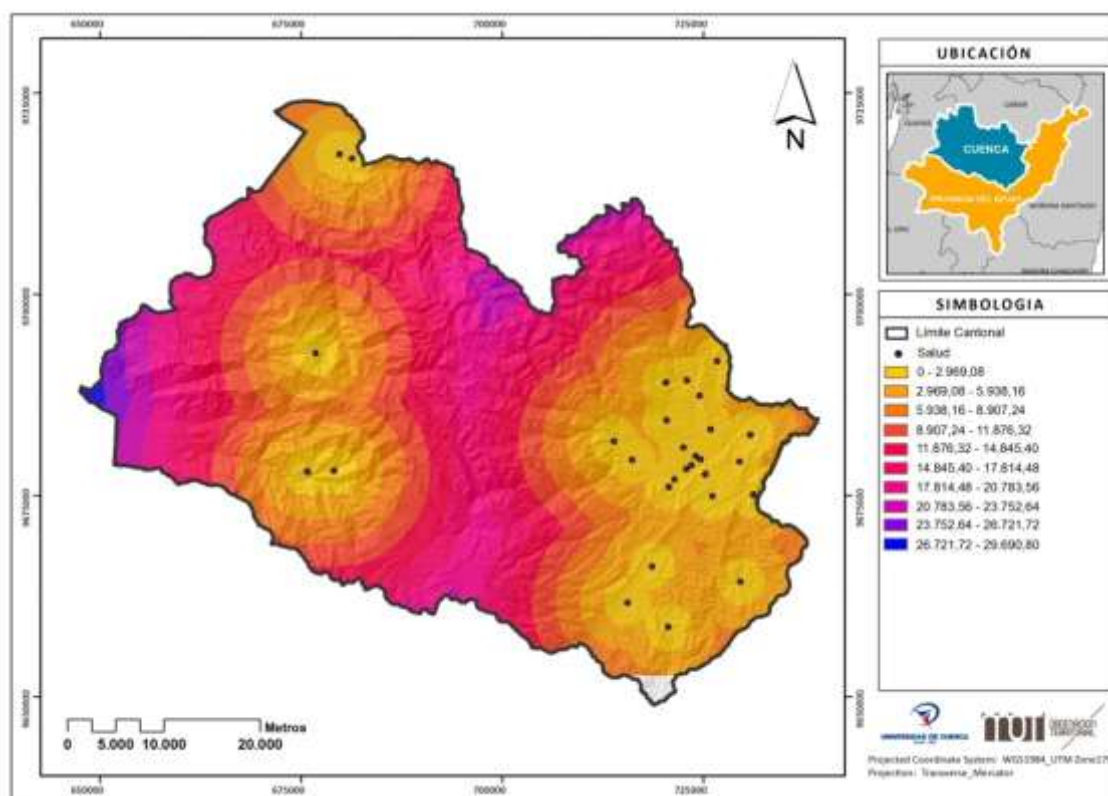
j) PROXIMIDAD A EQUIPAMIENTOS.

En relación a los equipamientos de salud se distinguen 31 unidades de salud entre centros y subcentros de salud, en cuanto a los equipamientos de educación se ha registrado un total de 553 establecimientos siendo estos fiscales y particulares, y en los diferentes niveles de educación.

Se ha considerado como áreas con aptitud para el uso urbano a aquellas que se encuentran cerca de los establecimientos educativos y de salud. La información cartográfica contenida en formato vectorial ha sido convertida en un archivo de tipo ráster, donde se ha calculado la distancia euclidiana hacia estas zonas, siendo que la mayor distancia para los equipamientos de salud es de 29.690,80 y para los de educación 20.378,15 pixels.

En los Gráficos No. 3.24 y 3.25, se muestra la ubicación de los equipamientos mencionados y las distancias calculadas.

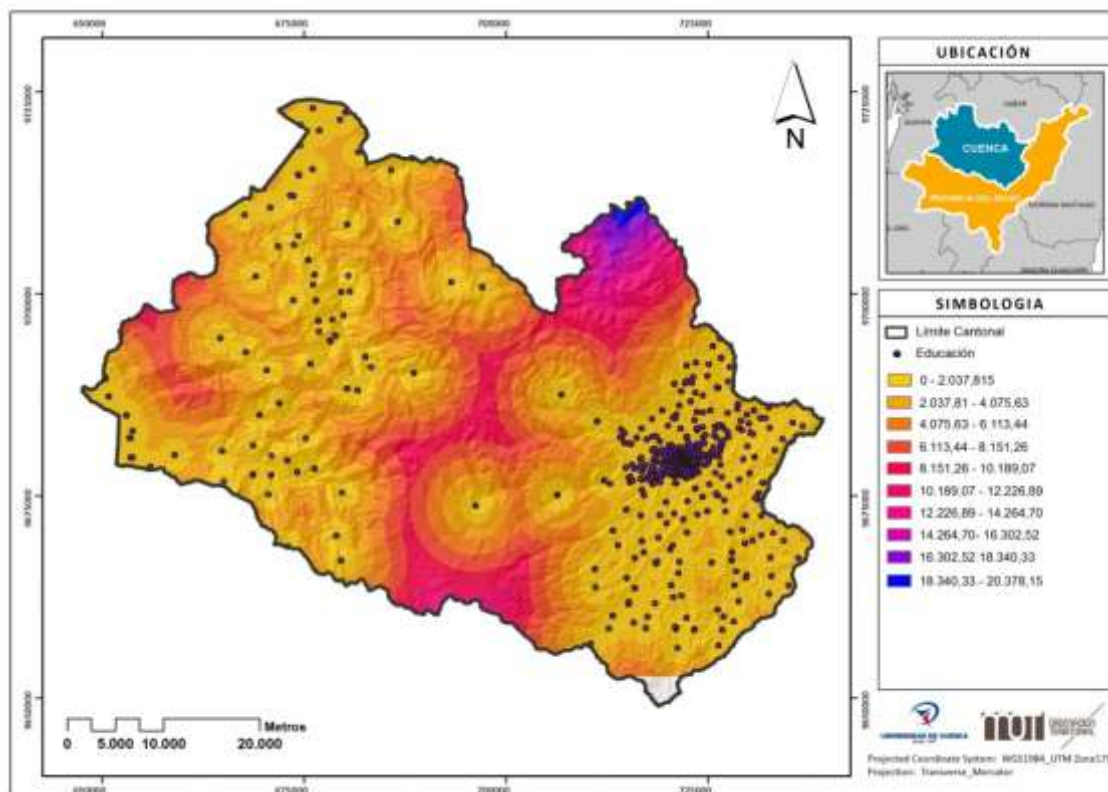
Gráfico No. 3.23: Distancia a equipamientos de salud en el cantón Cuenca



Fuente: Ministerio de Salud, 2012

Elaboración: Propia, 2015

Gráfico No. 3.25: Distancia a equipamientos de educación en el cantón Cuenca



Fuente: Ministerio de Educación, 2013

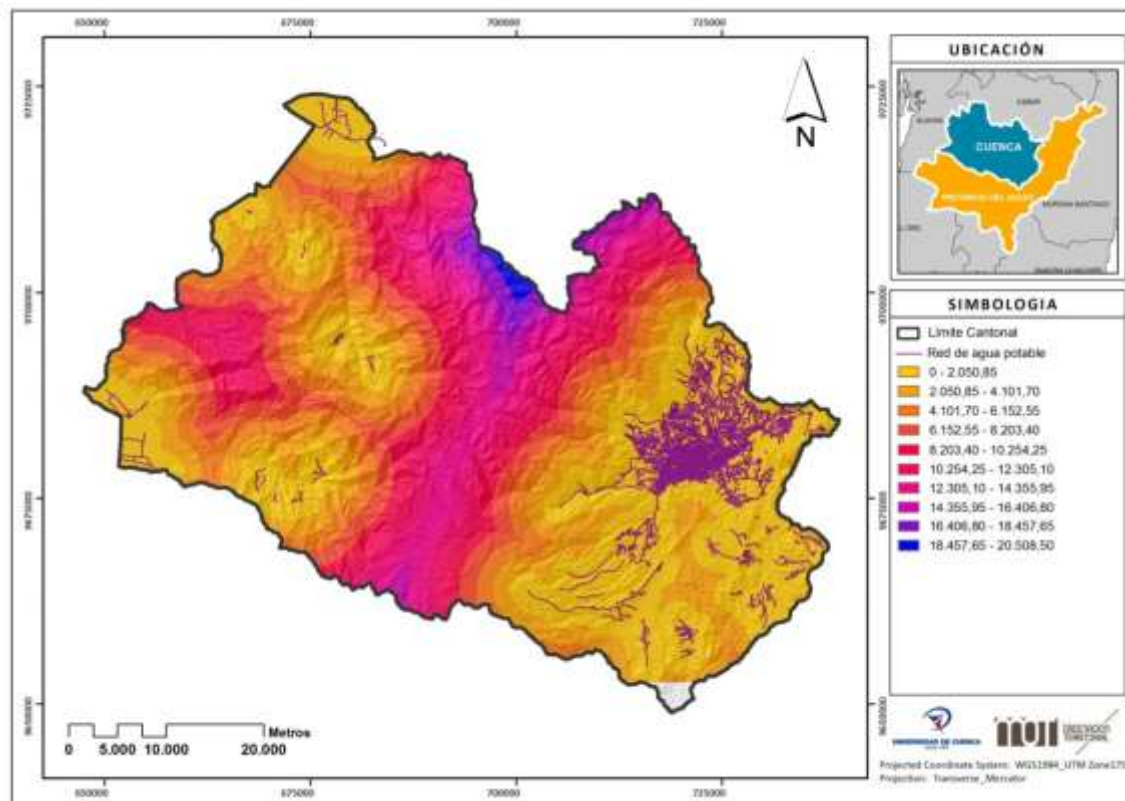
Elaboración: Propia, 2015

k) DOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA (AGUA POTABLE, ENERGÍA ELÉCTRICA, ALCANTARILLADO).

Se ha considerado como áreas con aptitud para el uso urbano a aquellas que se encuentran cerca de las redes de agua potable, energía eléctrica y alcantarillado. La información cartográfica contenida en formato vectorial ha sido convertida en un archivo de tipo ráster, donde se ha calculado la distancia euclidiana hacia estas zonas, siendo que la mayor distancia para la red de agua potable es de 20.508,50, a la red de energía eléctrica 15.977,19 y para la red de alcantarillado 30.367,06 pixels.

En los Gráficos No. 3.26, 3.27 y 3.28, se muestra la ubicación de las redes de servicios básicos y las distancias calculadas.

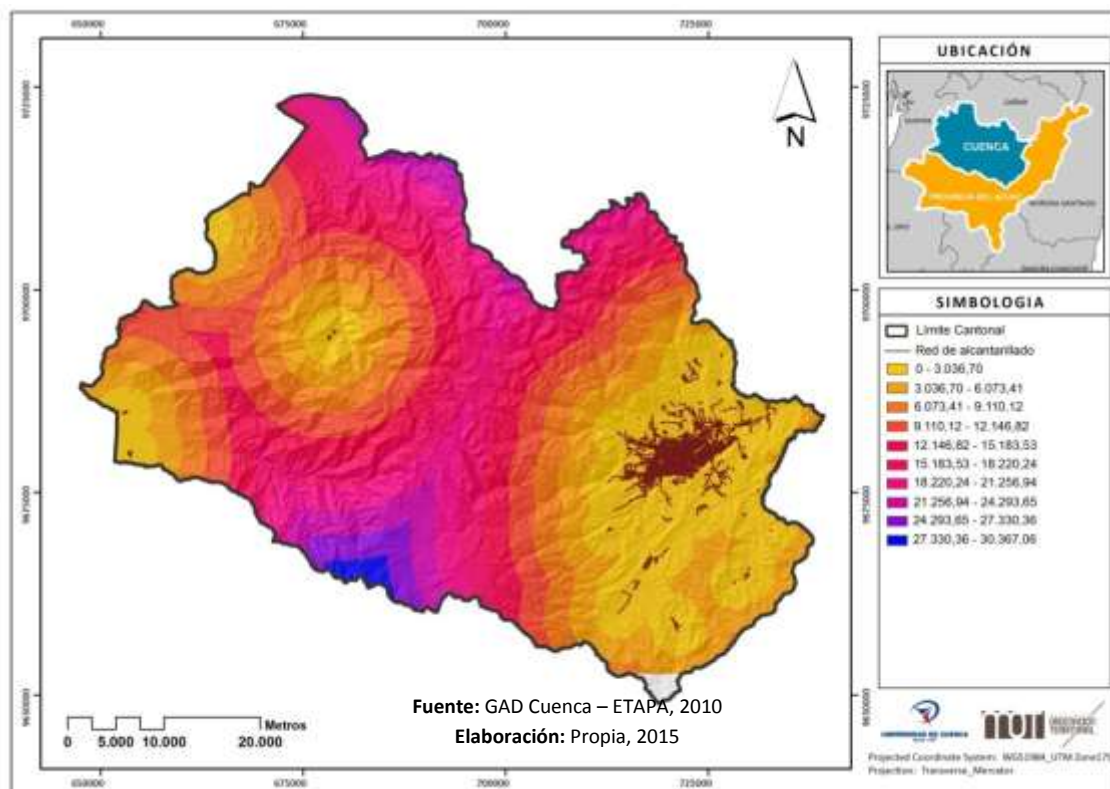
Gráfico No. 3.26: Distancia a red de agua potable en el cantón Cuenca



Fuente: GAD Cuenca – ETAPA, 2010

Elaboración: Propia, 2015

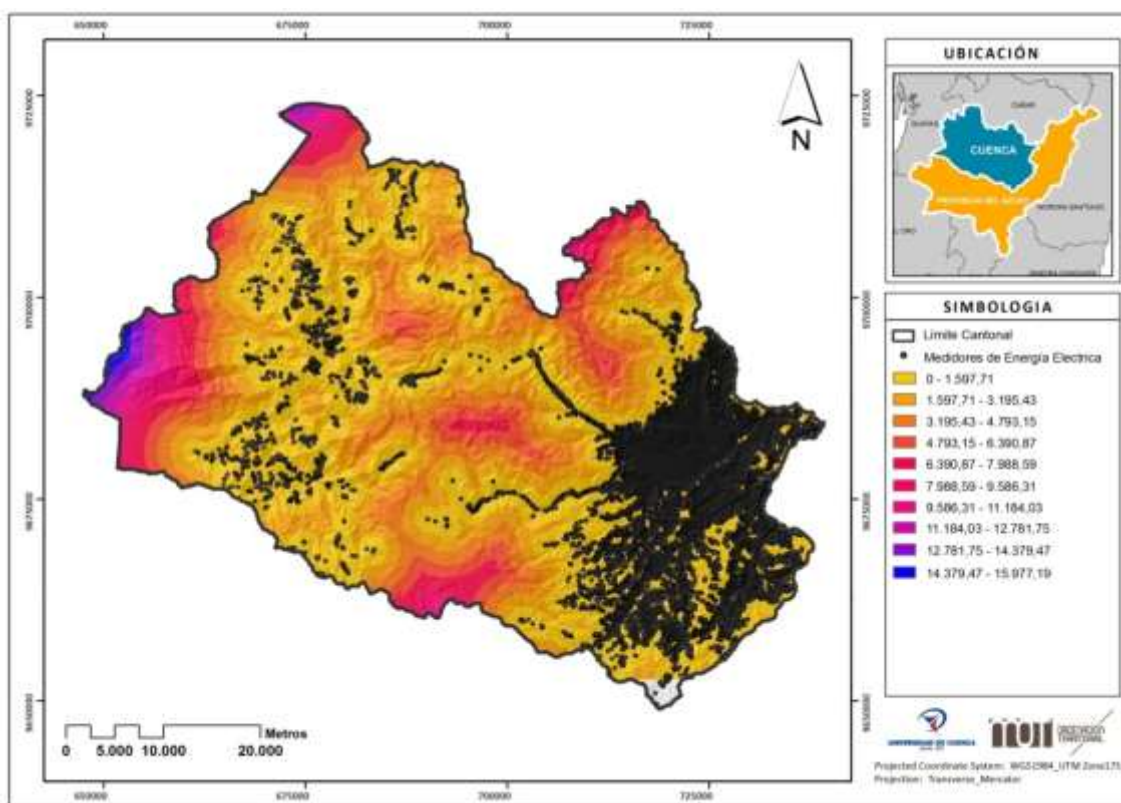
Gráfico No. 3.27: Distancia a red de saneamiento en el cantón Cuenca



Fuente: GAD Cuenca – ETAPA, 2010

Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.28: Distancia a red de energía eléctrica en el cantón Cuenca



Fuente: GAD Cuenca – ETAPA, 2010

Elaboración: Propia, 2015

3.3.1.3. ESTANDARIZACIÓN DE FACTORES.

Para utilizar la técnica multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada, es necesario que las variables sean estandarizadas, es decir sean transformadas en una sola unidad de medida, para que la información se presente en escalas comparables, esto con la finalidad de que puedan cotejarse y de asegurar que los pesos de los criterios reflejen apropiadamente su importancia. En este caso se ha utilizado la estandarización lineal, propuesta en el numeral 2.1.1.2.2., del Capítulo anterior, cuya fórmula de aplicación es la siguiente:

$$\text{Valor Estandarizado} = \frac{(\text{valor} - \text{valor mínimo})}{(\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})}$$

De esta manera, para el análisis de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, se ha considerado como la peor puntuación de un factor o criterio todos aquellos que se sean igual a el valor "0" o que se aproximen a este y la mejor puntuación el valor "1" o cercano a este.



Cuando se tenga un factor o criterio de análisis en el que cuanto mayor sea el valor de un factor, peor será la aptitud del suelo para receptor el uso urbano se tomara como valor estandarizado la siguiente formula:

$$\text{Valor Estandarizado} = 1 - \frac{(\text{valor} - \text{valor mínimo})}{(\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})}$$

Con este antecedente y con la intención de aplicar el proceso de estandarización de las variables que definirán la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca, se ha procedido a identificar aquellas variables que corresponden a distancias euclidianas, factores numéricos y cualitativos. A continuación en el Cuadro No. 3.12, se presenta las variables, según su tipo.

Cuadro No. 3.12: Variables para la determinación del suelo de expansión urbana en el cantón Cuenca, según tipo.

Distancias Euclidianas	Factores Numéricos	Factores Cualitativos
Distancia a zonas con aptitud agrícola	Pendientes	Usos de suelo Susceptibilidad a movimientos en masa
Distancia a ríos, quebradas y márgenes de protección		
Distancia a franjas de protección de alta tensión		
Distancia a zonas de inundación		
Distancia a zonas de interés cultural y patrimonial		
Distancia a zonas con valor ecológico y ambiental		
Distancia a red de agua potable		
Distancia a red de alcantarillado		
Distancia a red de energía eléctrica		
Distancia a equipamientos de salud		
Distancia a equipamientos de educación		
Distancia a centros urbanos		

Fuente y elaboración: Propia, 2015

a) VARIABLES ESTANDARIZADAS DE DISTANCIA EUCLÍDEA.

Para estandarizar este tipo de variables, se ha utilizado las ecuaciones que se describen anteriormente, considerando dos criterios: i) cuando el factor se considera como un beneficio, es decir; cuando menor es la distancia, mayor es la aptitud del suelo para receptor el uso urbano; y, ii) cuando el factor se considera como un costo, es decir; cuando mayor es la distancia, mayor es la aptitud del suelo para receptor el uso urbano.

En el Cuadro No. 3.13, se identifican las variables que se utilizan según sea el caso y las fórmulas que se ha aplicado.

**Cuadro No. 3.13:** Variables de distancias euclideas según tipo de criterio.

Distancias Euclideas	Formula de Estandarización	Puntuación Asignada
Distancia a zonas con aptitud agrícola	FACTOR COMO BENEFICIO Valor Estandarizado= (valor-valor mínimo)/(valor máximo-valor mínimo)	0 = menor distancia (peor puntuación)
Distancia a ríos, quebradas y márgenes de protección		1 = mayor distancia (mejor puntuación)
Distancia a franjas de protección de alta tensión		
Distancia a zonas de inundación		
Distancia a zonas de interés cultural y patrimonial		
Distancia a zonas con valor ecológico y ambiental	FACTOR COMO COSTO Valor Estandarizado= 1 - ((valor-valor mínimo)/((valor máximo-valor mínimo))	0 = mayor distancia (peor puntuación)
Distancia a red de agua potable		1 = menor distancia (mejor puntuación)
Distancia a red de alcantarillado		
Distancia a red de energía eléctrica		
Distancia a equipamientos de salud		
Distancia a equipamientos de educación		
Distancia a centros urbanos		

Fuente y elaboración: Propia, 2015

Para la aplicación de la formula se considera como el valor, a la variable que se está estandarizando, como valor mínimo "0" que sería la menor distancia euclidea y como mayor valor a la mayor distancia euclidea calculada. Estos valores han sido tomados del cálculo de las distancias que se ha realizado en el numeral anterior, en la fase de preparación de la información.

Las variables cartográficas convertidas en archivos ráster, han sido procesadas en el sistema de información geográfica (ArcGis), obteniéndose como resultado archivos ráster de distancia, estandarizados, mismos que se muestran en el Anexo No. 1.

b) VARIABLES ESTANDARIZADAS DE FACTORES NUMÉRICOS.

Al igual que las variables anteriores, aquellas que constituyen factores numéricos deben ser estandarizadas en una escala de valores comprendidos entre 0 y 1, para que puedan combinarse, en este caso se ha determinado a las pendientes como un factor numérico. Adicionalmente se ha considerado que a menor pendiente, mayor es la aptitud del suelo para receptor el uso urbano y cuanto mayor, peor será la aptitud. Se puede evidenciar que a esta variable se ha considerado como costo, por lo que la formula a utilizarse es:

$$\text{Valor Estandarizado} = 1 - \frac{(\text{valor} - \text{valor mínimo})}{(\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})}$$

Se ha de considerar como valor a la variable que se está estandarizando, en este caso al archivo ráster de pendientes reclasificado en los 8 rangos, como valor mínimo al primer rango, es decir "1" y que corresponde a las pendientes menores o iguales al 2%; y, al mayor valor al último rango, es decir "9", y que contiene a las pendientes mayores al 50%.



Las variables cartográficas convertidas en archivos ráster, han sido procesadas, obteniéndose como resultado el ráster de pendientes estandarizado, mismo que se muestran en el Anexo No. 1.

c) VARIABLES ESTANDARIZADAS DE FACTORES CUALITATIVOS.

En el caso de las variables cualitativas, como los usos de suelo y la susceptibilidad a los movimientos en masa, se ha asignado también valores comprendidos entre “0” y “1”, considerando cuánto influye este criterio en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano. Asimismo se ha de considerar el valor “0” como el peor valor asignado a un criterio y el valor “1”, como el mejor valor asignado a un criterio. A continuación en el Cuadro No. 3.14, se muestran los valores que se les ha asignado a los criterios.

Cuadro No. 3.14: Factores cualitativos estandarizados según su influencia en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano

Usos de Suelo	Código	Valores Estandarizados	Susceptibilidad a Movimientos en Masa	Código	Valores Estandarizados
Agrícola	1	0	Alta susceptibilidad	1	0
Agrícola – Conservación y protección	2	0,25	Baja susceptibilidad	2	1
Agropecuario – forestal	3	0,50	Media susceptibilidad	3	0,25
Agropecuario mixto	4	0,50	Moderada susceptibilidad	4	0
Antrópico	5	1			
Conservación y protección	6	0			
Cuerpos de agua	7	0			
Pecuario	8	0,75			
Pecuario – conservación y protección	9	0,50			
Tierras improductivas	10	1			

Fuente y elaboración: Propia, 2015

En el caso del factor uso actual del suelo se han asignado estas puntuaciones para cumplir con los objetivos que se persigue la determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial y que son: *“Proteger las áreas con valor ambiental, paisajístico, ecológico, científico y cultural y destinarlas a los usos de suelo que mejor se adapten a estos valores, con criterios de sostenibilidad, respeto a la capacidad de asimilación y renovación, preservar el suelo con aptitud agrícola, con la finalidad de precautelar la soberanía alimentaria; y, preservar el suelo con aptitud forestal y la vegetación existente, misma que puede potencializarse como zonas de recreación, amortiguamiento o transición entre la ciudad y el territorio rural”*.



Para el factor susceptibilidad a los movimientos en masa se ha considerado únicamente a las zonas donde se tiene baja y media susceptibilidad, esto para cumplir con el objetivo de prevenir la propagación de los asentamientos en zonas de riesgos geológicos. Las variables cartográficas convertidas en archivos ráster, han sido procesadas, obteniéndose como resultado el mapa ráster de uso actual del suelo y susceptibilidad a movimientos en masa estandarizado, mismo que se muestran en el Anexo No. 1.

3.3.1.4. ASIGNACIÓN DE PESOS.

La asignación de pesos a los criterios, se ha dado en función de la importancia relativa del criterio y su incidencia en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, misma que ha sido determinada por un método subjetivo y uno cuantitativo. Con la finalidad de comprobar la validez de los métodos de asignación de pesos que se han propuesto en el numeral 2.1.1.2.3., se ha procedido a asignar los pesos que se detallan en el Cuadro No. 2.3 y 2.9 del Capítulo anterior y que con fines de utilizarlos en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca, se resumen en el Cuadro No. 3.15.

Cuadro No. 3.15: Ponderación de criterios de evaluación para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano – Método Directo y Método de comparación de pares

Factores de Evaluación	Variables	Pesos Método Directo	Pesos Comparación de Pares
Restricciones	Áreas con valor productivo	0,1	0,05
	Áreas con valor ecológico y ambiental	0,15	0,05
	Zonas con valor histórico y cultural	0,1	0,03
	Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	0,1	0,02
	Franjas de protección de redes infraestructura energética	0,03	0,02
	Equipamientos mayores incompatibles	0,05	0,01
	Pendientes	0,05	0,14
	Uso actual del suelo	0,05	0,11
Factores	Vialidad	0,05	0,16
	Proximidad a centros urbanos	0,05	0,13
	Proximidad a equipamientos	0,02	0,10
	Dotación de agua potable	0,067	0,05
	Dotación de energía eléctrica	0,067	0,03
	Dotación de alcantarillado	0,067	0,03

Fuente y elaboración: Propia, 2015

3.3.1.5. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Para determinar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca, una vez que se dispone de las variables estandarizadas en una escala común, es decir en valores comprendidos entre 0 y 1, y luego de obtener los pesos para los criterios, se ha procedido a evaluar las alternativas, es decir, averiguar el grado de adecuación e impacto de cada alternativa



en la determinación de la aptitud para el uso urbano. Este proceso se ha realizado mediante la aplicación de la técnica de evaluación multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada, que se ha propuesto en el Capítulo anterior.

El proceso se ha llevado a cabo en el Sistema de Información Geográfica denominado ARCGIS, llevándolo a cabo mediante la operación y manipulación de archivos de tipo ráster en formato grid; mediante la utilización de la calculadora ráster se ha podido materializar la siguiente ecuación:

$$a_i = \sum_{j=1}^J W_j X_{ij}$$

Dónde:

a_i es la aptitud i ,

W_j es el peso asignado al factor j ; y,

X_{ij} es el valor del factor j en i .

Para identificar las variables al momento de plantear la ecuación, se ha procedido a codificarlas, según lo que se establece en el numeral 2.2.2., del Capítulo anterior y que se muestran en el Cuadro No. 3.16.

Cuadro No. 3.16: Codificación de las variables que intervienen de la ecuación para la determinación del suelo con aptitud para el uso urbano

Variables	Código
Áreas con valor productivo	Potagri
Áreas con valor ecológico y ambiental	Valorecoamb
Zonas con valor histórico y cultural	Valorhistcul
Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	riesgo
Franjas de protección de redes de infraestructura energética	protaltaten
Equipamientos mayores incompatibles	equipcont
Áreas destinadas para el desarrollo de industria	industria
Pendientes	pendientes
Uso actual del suelo	usoactsuelo
Vialidad	distcarret
Proximidad a centros urbanos	discentrourb
Proximidad a equipamientos	disequipamientosurb
Dotación de infraestructura básica (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado)	disalumbrado disaguapot disalcant

Fuente y elaboración: Propia, 2015



De acuerdo a la codificación que se ha dado a cada archivo ráster para el análisis, se han obtenido las siguientes ecuaciones:

a) ECUACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DEL SUELO PARA RECEPTAR EL USO URBANO, CON PESOS ASIGNADOS MEDIANTE EL METODO DIRECTO.

$$[\text{potagri} * 0,1] + [\text{valorecoamb} * 0,15] + [\text{valorhistcul} * 0,1] + [\text{riesgo} * 0,01] + [\text{protaltaten} * 0,03] + [\text{pendientes} * 0,05] + [\text{usoactsuelo} * 0,05] + [\text{distcarret} * 0,05] + [\text{discentrourb} * 0,05] + [\text{disequipamientosurb} * 0,02] + [\text{disalumbrado} * 0,067] + [\text{disaguapot} * 0,067] + [\text{disalcant} * 0,067].$$

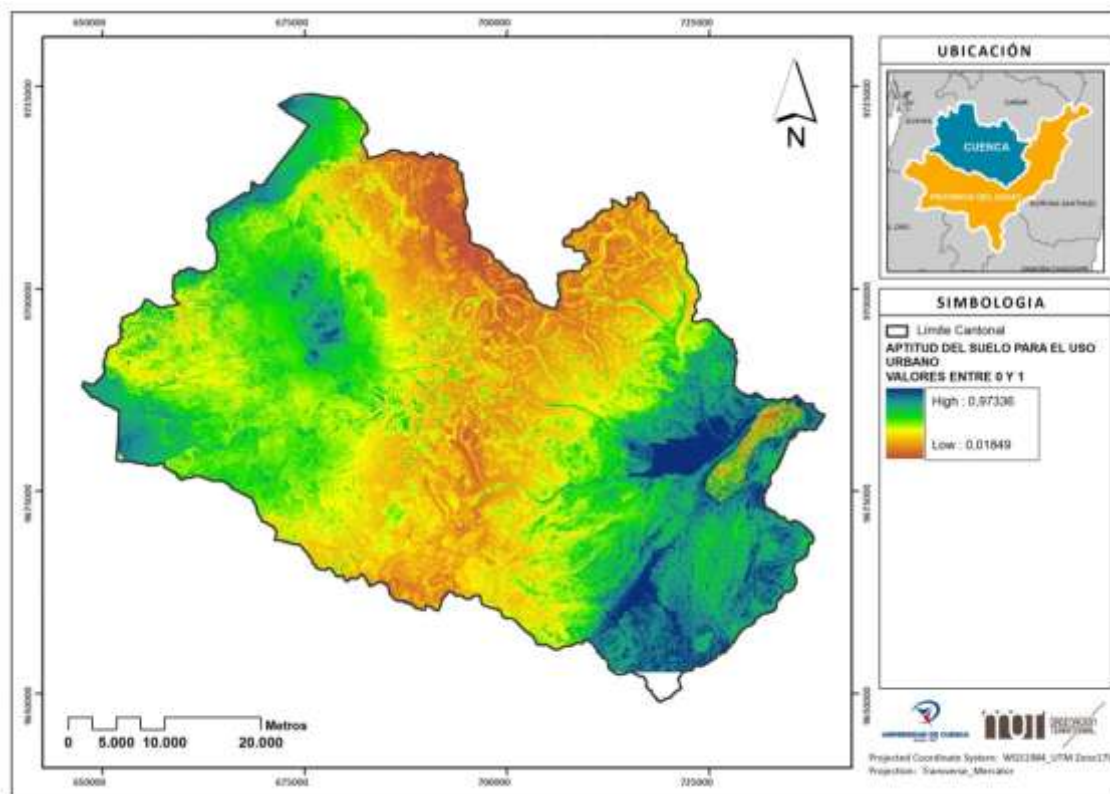
b) ECUACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DEL SUELO PARA RECEPTAR EL USO URBANO, CON PESOS ASIGNADOS MEDIANTE EL METODO DE COMPARACIÓN DE PARES.

$$[\text{potagri} * 0,05] + [\text{valorecoamb} * 0,05] + [\text{valorhistcul} * 0,03] + [\text{riesgo} * 0,02] + [\text{protaltaten} * 0,02] + [\text{pendientes} * 0,14] + [\text{usoactsuelo} * 0,11] + [\text{distcarret} * 0,16] + [\text{discentrourb} * 0,13] + [\text{disequipamientosurb} * 0,10] + [\text{disalumbrado} * 0,03] + [\text{disaguapot} * 0,05] + [\text{disalcant} * 0,03].$$

De este procedimiento se ha obtenido los Mapas de aptitud del suelo para receptar el uso urbano en el cantón Cuenca, con valores comprendidos entre 0 y 1, mismo que se muestran a continuación.

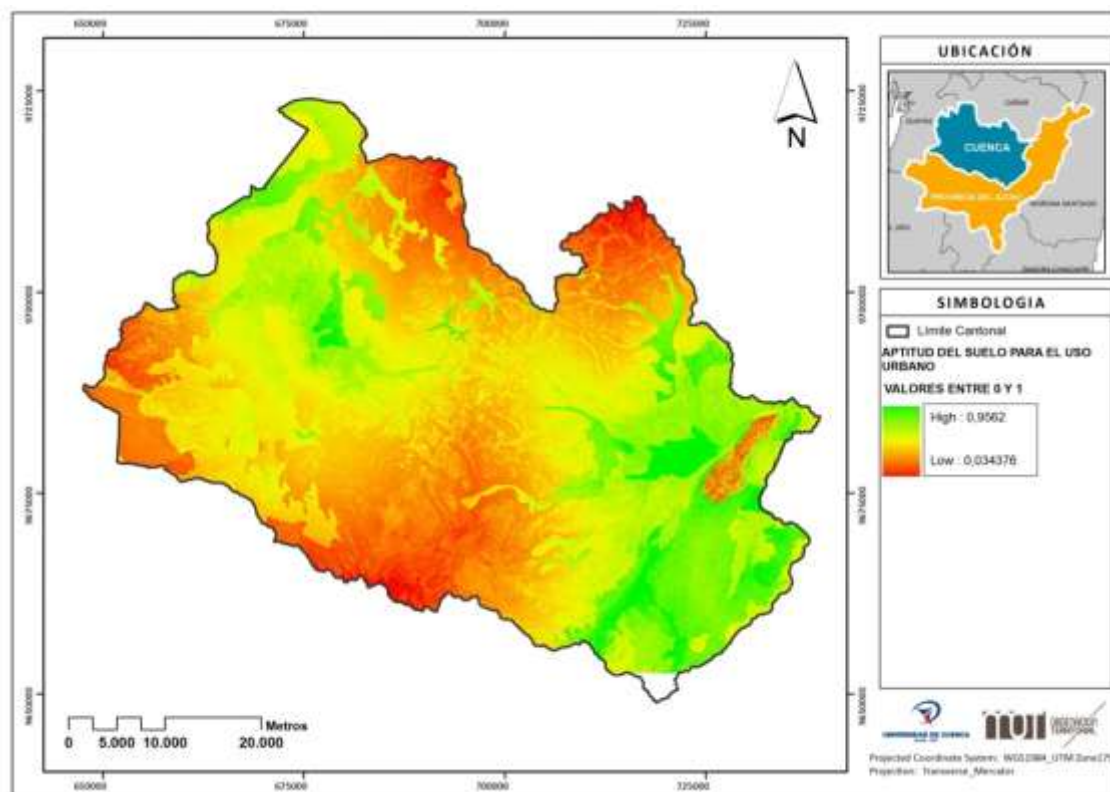
Cabe mencionar que estos difieren, debido a la ponderación que se ha dado a los factores, sin embargo como se puede apreciar, estas diferencias aparentemente no son significativas, ya que en ambos casos las áreas que tiene aptitud para el uso urbano se encuentran cerca de las zonas urbanas, donde existe mayor cobertura de servicios básicos e infraestructura vial y lejos de las zonas de riesgo y protección natural. (Ver Gráfico No. 3.29 y 3.30).

Grafico No. 3.29: Aptitud del suelo para el uso urbano en el cantón Cuenca, establecido por medio del Método Directo



Fuente y elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.30: Aptitud del suelo para el uso urbano en el cantón Cuenca, establecido por medio del Método de Comparación de Pares



Fuente y elaboración: Propia, 2015

3.3.1.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

Previo a la presentación de resultados de aquellas zonas aptas para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca, es necesario realizar un análisis de sensibilidad que consiste en ordenar las alternativas de la más deseable a la menos deseable, para en función de esto, realizar la selección final de aquellas zonas que representaran las áreas de expansión urbana; para lo cual se ha procedido a reclasificar los valores en cinco rangos que se detallan a continuación en el Cuadro No. 3.17. Los valores que pertenecen a cada rango se han establecido en función de los resultados del análisis multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada, donde ha primado el criterio subjetivo.

Cuadro No. 3.17: Reclasificación de los valores de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca

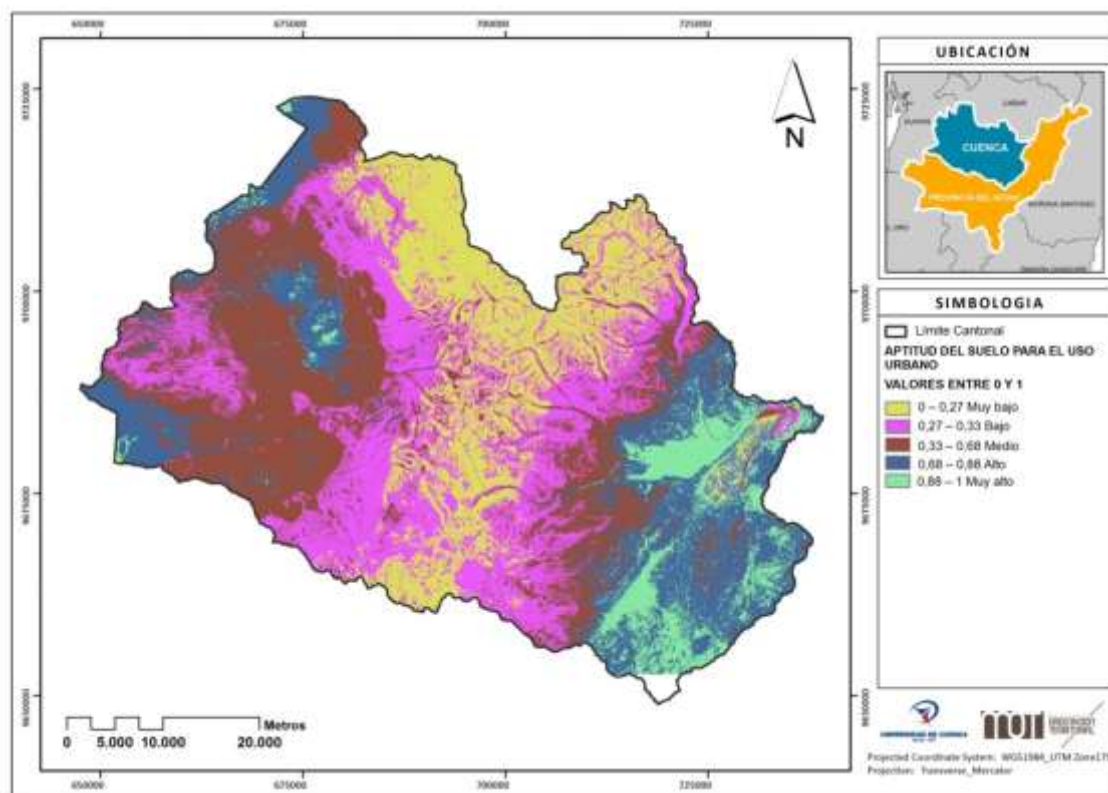
Método Directo		Método de Comparación de Pares	
Valores	Rango	Valores	Rango
0 – 0,27	Muy bajo	0 – 0,20	Muy bajo
0,27 – 0,33	Bajo	0,20 – 0,40	Bajo
0,33 – 0,68	Medio	0,40 – 0,60	Medio
0,68 – 0,88	Alto	0,60 – 0,80	Alto
0,88 – 1	Muy alto	0,80 – 1	Muy alto

Fuente y elaboración: Propia, 2015

Cabe mencionar que en la aplicación para la determinación de zonas de expansión urbana en el cantón Cuenca, se tienen dos resultados preliminares mismos que se diferencian por el método de asignación de pesos a las variables, sin embargo será necesario comprobar si los resultados varían significativamente o no, para en función de ello establecer cual método es el más idóneo para el cálculo.

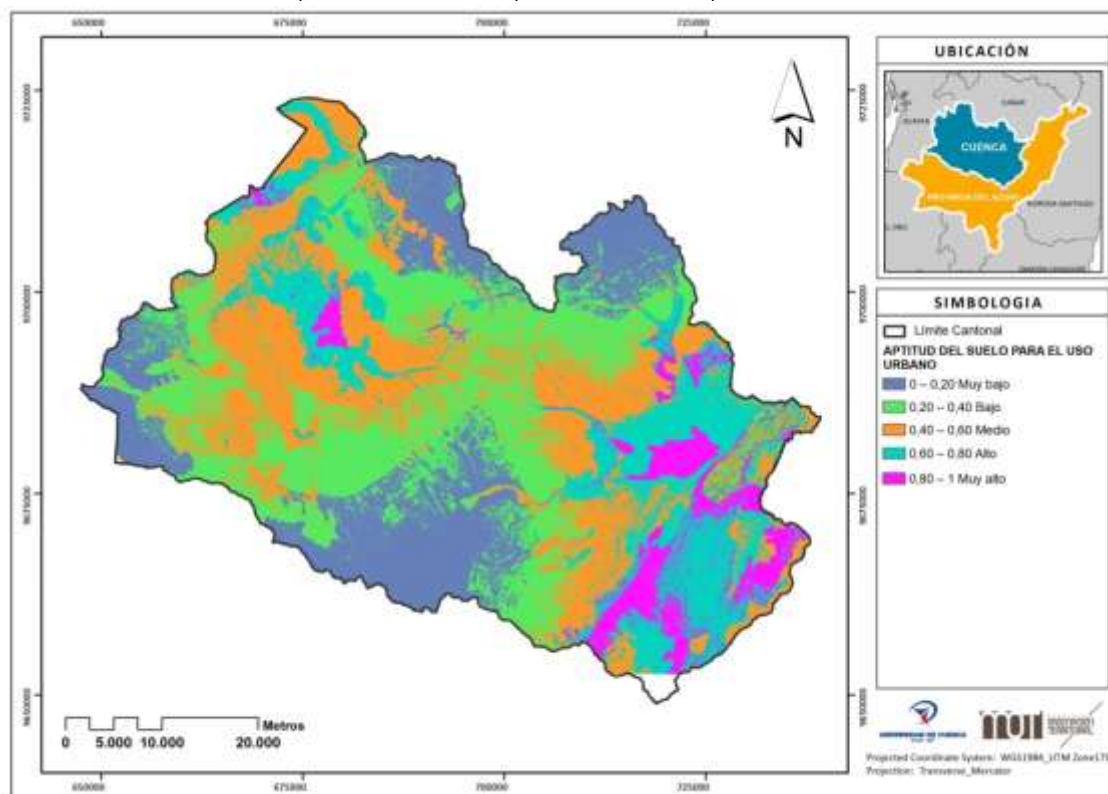
A continuación se muestran los Gráficos No. 3.31 y 3.32, con la reclasificación de los valores, donde se determina la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en función de los rangos asignados en el Cuadro No. 3.17, y que servirán como insumo básico para la determinación de las zonas de expansión urbana como categoría de ordenación territorial en el cantón Cuenca.

Grafico No. 3.31: Análisis de sensibilidad en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano en el cantón Cuenca, ponderación de factores por el Método Directo.



Fuente y elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3.32: Análisis de sensibilidad en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano en el cantón Cuenca, ponderación de factores por el Método de Comparación de Pares.



Fuente y elaboración: Propia, 2015



Al momento de reclasificar los Mapas, se puede observar que existen diferencias en el proceso de determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano, por lo que para validar cual es el más idóneo se ha procedido a colocar las capas de la información relacionada con la aptitud agrícola, las áreas de protección natural y de interés patrimonial, los centros urbanos, vialidad y el trazado de las redes de servicios básicos. De este cruce de información se ha obtenido los siguientes resultados:

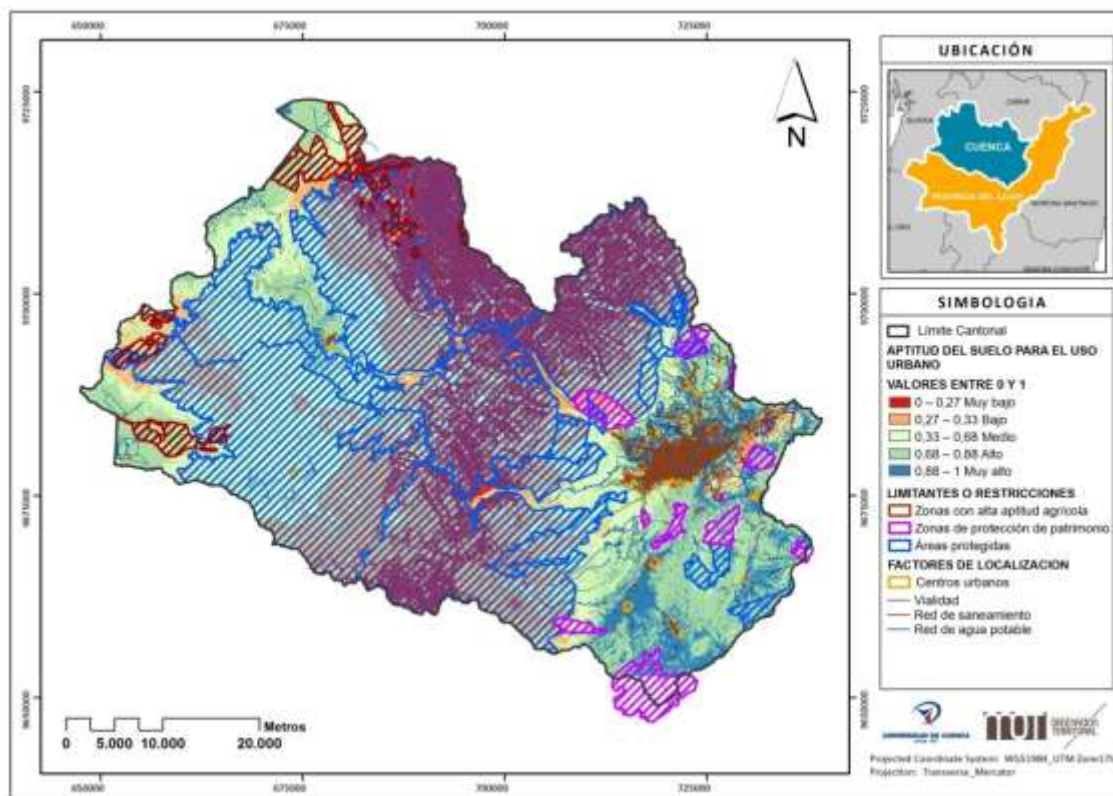
En el mapa de **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN LA DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DEL SUELO PARA EL USO URBANO EN EL CANTON CUENCA PONDERACION DE FACTORES POR EL MÉTODO DIRECTO**, se ha podido establecer que:

- Las áreas determinadas con aptitud para el uso urbano se difuminan en valores muy alto, alto y medio, generando cierta incertidumbre a la hora de demarcar las áreas que pueden destinarse a la expansión urbana.
- No considera totalmente las restricciones que se han formulado en los objetivos de la metodología, ya que incluye en las zonas con aptitud media, áreas que son de interés ecológico y ambiental y que deberían conservarse.
- Los pesos asignados a las variables hacen que factores como distancia a la red vial y a la red de saneamiento y agua potable, definan fuertemente la aptitud del suelo para el uso urbano.
- Las áreas cercanas a centros urbanos, es decir al área urbana del cantón cuenca y las áreas urbanas de las cabeceras parroquiales son un factor determinante en la aptitud del suelo para el uso urbano.

Con estos resultados se puede concluir que al utilizar el Método Directo en la asignación de los pesos a las variables que intervienen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, la subjetividad y el criterio técnico del planificador, influyen notablemente en el establecimiento de las ponderaciones, por lo que se recomienda que al emplear este método, se tenga totalmente claro los objetivos que persigue el Plan de Ordenamiento, ya que la experiencia del tomador de decisiones, permitirá hacer una adecuada ponderación de los factores.

En el Gráfico No. 3.33, se muestran las capas que constituyen los factores de localización y restricciones para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano y que han permitido realizar el análisis de sensibilidad para la lección del método idóneo de ponderación de factores.

Grafico No. 3.33: Análisis de sensibilidad en relación a factores de localización y restricciones para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano en el cantón Cuenca, ponderación de factores por el Método Directo.



Fuente y elaboración: Propia, 2015

En el mapa de **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN LA DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DEL SUELO PARA EL USO URBANO EN EL CANTÓN CUENCA PONDERACIÓN DE FACTORES POR EL MÉTODO DE COMPARACIÓN DE PARES**, se ha podido determinar que:

- Las áreas catalogadas como de muy alta aptitud para el uso urbano se minimizan notablemente, lo que permite definir con mayor precisión las zonas del territorio cantonal con aptitud muy alta y alta para el uso urbano.
- Define una mayor restricción hacia las zonas de conservación por su valor ecológico ambiental o por su interés patrimonial y cultural.
- La vialidad y pendientes son factores que influyen en la determinación de muy alta aptitud del suelo para el uso urbano.

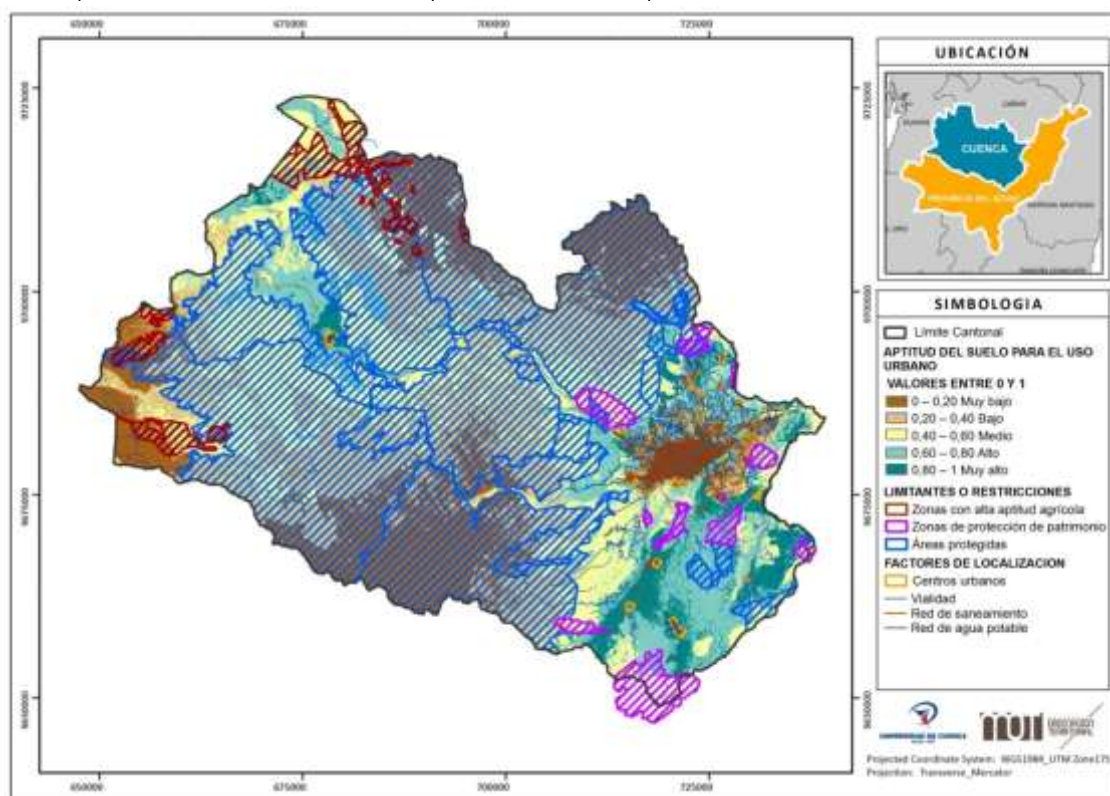
Con este análisis se puede concluir que al utilizar el Método de Comparación de Pares, en la ponderación a las variables que intervienen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, si bien la subjetividad en primera instancia ayuda a determinar la correlación existente en las variables, mediante un análisis matemático y hasta cierto punto científico, se puede llegar a determinar los pesos a las variables; por lo que se recomienda la utilización de este

método ya que la experiencia del planificador no interviene en los resultados y por consiguiente estos no estarían sesgados.

Cabe recalcar que la utilización de este método no dejaría de lado los objetivos que persigue el Plan de Ordenamiento, ya que al correlacionar las variables en los análisis previos, el criterio subjetivo permitirá ir cumpliendo con los objetivos previstos a la par de ir asignando pesos adecuados a las variables.

En el Grafico No. 3.34, se muestran las capas que constituyen los factores de localización y restricciones para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano y que han permitido realizar el análisis de sensibilidad para la lección del método idóneo de ponderación de factores.

Grafico No. 3.34: Análisis de sensibilidad en relación a factores de localización y restricciones para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano en el cantón Cuenca, ponderación de factores por el Método Directo.



Fuente y elaboración: Propia, 2015

Con este análisis y para la determinación de las zonas de expansión urbana, se ha considerado el archivo ráster resultante de la aplicación del método de análisis multicriterio de las Sumatoria Lineal Ponderada, en la que el peso de los factores y restricciones se ha realizado mediante el proceso de Comparación de Pares, sin perjuicio de que puedan usarse cualquiera de los dos métodos propuestos, ya que como se ha validado, estos son plenamente aplicables, siempre y



cuando se tenga claro los objetivos que tiene el Plan de Ordenamiento Territorial, respecto a la determinación de las zonas de expansión como categoría de ordenación territorial.

3.3.2. DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL.

Luego de obtener la aptitud del suelo para el uso urbano en el cantón Cuenca, se deberá determinar las áreas que pueden considerarse para la expansión urbana, y que puedan formar parte de una Categoría de Ordenación en el Plan de Ordenamiento Territorial, cuyo nivel de uso sea la expansión, para lo cual es necesario considerar tanto los objetivos del Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal como del Plan de Ordenación Urbanística.

3.4. CONCLUSIONES DE LA APLICACION

La propuesta metodología planteada para la determinación de suelo de expansión urbana como Categoría de Ordenación Territorial, plantea la utilización de la evaluación multicriterio denominada Sumatoria Lineal Ponderada, como técnica de análisis espacial para determinar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano. A partir de establecer esta capacidad de acogida, se plantea un análisis de sensibilidad que ha permitido determinar las alternativas de localización de las zonas de expansión urbana para finalmente mediante criterios de selección delimitar en polígonos que se convertirán en las áreas de suelo rural hacia donde podría expandirse la ciudad, para de esta manera incluirlos como una categoría de ordenación al momento de plantear las propuestas de ordenamiento territorial del medio físico en la planificación cantonal.

La aplicación de la propuesta metodológica se ha desarrollado en el cantón Cuenca, para lo cual se procedió a verificar la disponibilidad de la información; para este caso se contaba con el 82% de la información necesaria para el análisis, este un factor que permitió evaluar y obtener resultados satisfactorios en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca.

El análisis espacial se decidió realizarlo en un Sistema de Información Geográfica denominado ARCGIS, mismo que también se utilizó para la preparación de la información que consistió en la operación de comandos básicos y de fácil manejo.

Con la intención de verificar la validez de los métodos propuestos para la asignación de pesos y los pesos establecidos en el capítulo anterior a las variables que influyen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, se aplicaron ambos valores y se procedió a realizar el cálculo de la Sumatoria Lineal Ponderada, concluyéndose que los pesos asignados mediante el



Método de Comparación de Pares, permite tener una mayor certeza de las ponderaciones que se han establecido, pues si bien esta técnica parte de un análisis subjetivo, mediante un cálculo matemático, vuelve los criterios subjetivos en objetivos cuantitativos.

Con la aplicación de este método la incertidumbre a la hora de la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano se reduce, por lo que se recomienda la utilización de los pesos asignados mediante este proceso científico para el análisis de la aptitud del suelo.

Los mapas de aptitud que se obtuvieron en los análisis correspondientes fueron examinados detenidamente para establecer las posibles alternativas de las zonas de expansión urbana, finalmente luego de la aplicación de criterios se seleccionó demarcar las áreas aptas para la expansión urbana en el cantón Cuenca.

El método planteado, facilita el cumplimiento de los objetivos que se proponen en esta metodología, ya que no es necesario disponer de toda la información relacionada con las variables que influyen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, para obtener resultados satisfactorios.

Cabe mencionar que si se considera el Área de Influencia Inmediata de la ciudad de Cuenca (AII), establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca del año 1998, y las zonas que se presentan aptitud alta y muy alta para receptor el uso urbano, se puede evidenciar que no existe mayor diferencia, lo que de cierta forma garantiza la validez del proceso desarrollado. Cabe mencionar que en ningún caso se ha sesgado la información en la aplicación de la metodología, sino que por el contrario se ha tratado de trabajar con la cartografía general que se dispone en el Sistema Nacional de Información y que puede obtenerse para todo el país.

Con estas consideraciones se puede concluir que la propuesta metodología para la determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, es plenamente válida y aplicable, en la ordenación territorial cantonal, siempre que se disponga de la información relacionada con las variables que influyen en la determinación de capacidad del suelo para receptor el uso urbano.

The background features a light blue map of a city grid with various street patterns. Overlaid on this are decorative elements: a cluster of blue and white squares in the top-left corner, a vertical line of blue squares in the center-right, and a large, dense pattern of blue and white squares in the bottom-right corner. A subtle pattern of small blue circles is visible in the bottom-left area.

CAPÍTULO IV

FOMULACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA
DETERMINACIÓN DE SUELO DE EXPANSIÓN URBANA
COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL



FORMULACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SUELO DE EXPANSIÓN URBANA COMO CATEGORÍA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL

4.1. ANTECEDENTES.

Con la intención de que la propuesta metodológica sea aplicada eficazmente, se ha creído conveniente formular una guía de aplicación que permita al usuario desarrollar el Método de determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, de manera didáctica y sin generar complicaciones. Para que se pueda desarrollar este análisis, es importante contar con una herramienta de análisis espacial, en este caso se deberá utilizar un Sistema de Información Geográfica, que permite adecuar la información de tal manera que se puedan realizar los procesos requeridos para el cálculo de la aptitud del suelo para el uso urbano y posteriormente definir las zonas de expansión urbana. Se ha determinado que un software que permite este tipo de análisis, de manera simplificada, es ARCGIS, para el efecto se podrá usar las versiones 9.2, 9.3 o 10, además de que es ampliamente utilizado en el Ecuador para desarrollar los procesos de ordenación territorial. Para que el análisis sea sistemático, se ha procedido a dividirlo en tres partes: I) Cálculo de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano; y, II) Determinación de las alternativas y delimitación de las zonas de expansión urbana. A continuación se detallan las acciones, operaciones y comandos que se deben ejecutar para cumplir con tal propósito.

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA GUÍA METODOLÓGICA

CALCULO DE LA APTITUD DEL SUELO PARA RECEPTAR EL USO URBANO

Para el cálculo de la aptitud para receptor el uso urbano es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Identificar las variables de las cuales se dispone información cartográfica, para lo cual será útil la información del Cuadro No. 2.11, del Capítulo II y cuyo resumen se muestra a continuación. Generalmente esta información se encuentra en formato vectorial, por lo que estas variables, será necesario convertirlas en archivos ráster, identificando cuál de ellas debe calcularse la distancia, cuales son variables numéricas y cuales cualitativas. A



continuación se muestra el Cuadro No. 4.1, donde se detallan las características de cada factor o restricción para su tratamiento, previo a la conversión en archivos de tipo ráster.

Cuadro No. 4.1: Información necesaria para el análisis de la aptitud del suelo para el uso urbano

Crterios y Factores de Evaluación	Objeto	Variables a Obtener
Restricciones o Limitantes		
Áreas con potencial agrícola	Aptitud agrícola	Distancia a zonas con alta aptitud agrícola
Áreas con valor ecológico y ambiental	Sistema Nacional de bosques y vegetación protectora	Distancia a zonas con valor ecológico ambiental
	Patrimonio forestal	
	SNAP	
Zonas con valor histórico y cultural	Ciudad patrimonio	Distancia a zonas con valor histórico y cultural
	Ruta Inca	
	Ruta Qhapaqnan	
Márgenes de protección de ríos y quebradas	Rio torrente	Distancia a cursos de agua y márgenes de protección
Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	Zona hidrológica	Distancia a zonas de inundación
	Movimiento en masa	Archivo ráster con valores codificados: <u>Significado</u> <u>Valor</u> Alta susceptibilidad 1 Baja a nula susceptibilidad 2 Mediana susceptibilidad 3 Moderada susceptibilidad 4
Acuíferos subterráneos	No se dispone de información a nivel nacional	
Franjas de protección de redes de alta tensión	Línea de distribución	Distancia a Franjas de protección de redes de alta tensión
Equipamientos mayores incompatibles	Equipamientos mayores	Distancia a Equipamientos mayores incompatibles
Áreas destinadas para el desarrollo de industria	Industrias	Distancia a Áreas destinadas para el desarrollo de industria
Pendientes	Curva de nivel	Archivo ráster con valores codificados: <u>Significado</u> <u>Valor</u> <=2% 1 2-5% 2 5-10% 3 10-15% 4 15-20% 5 20-25% 6 25-35% 7 35-50% 8 >50% 9
Uso actual del suelo	Uso actual del suelo	Archivo ráster con valores codificados: <u>Significado</u> <u>Valor</u> Agrícola 1 Agrícola - Conservación y Protección 2 Agropecuario Forestal 3 Agropecuario Mixto 4 Antrópico 5 Conservación y Protección 6 Cuerpo De Agua 7 Pecuario 8 Pecuario - Conservación y Protección 9 Tierras Improductivas 10
Factores de Localización		
Vialidad	Vía - MTOP	Distancia a vías y carreteras
Proximidad a centros urbanos	Localidades, áreas urbanas	Distancia a centros urbanos
Proximidad a equipamientos	Centros educativos	Distancia a Centros educativos
	Centros de salud	Distancia a Centros educativos
Dotación de infraestructura básica agua potable alcantarillado energía eléctrica	Red de agua potable o para el consumo humano	Distancia a Red de agua potable
	Red de alcantarillado	Distancia a Red de alcantarillado
	Línea de distribución	Distancia a Línea de distribución

Fuente y elaboración: Propia, 2015

2. Adecuar las variables, codificando la información disponible tal como lo indica el siguiente Cuadro, y convertir el formato vectorial (.shp) a formato ráster (.grid). Proceso que ha sido



necesario considerarlo de este modo para que pueda relacionarse cada porción del territorio con una malla o retícula en función de lo cual se calculará la aptitud del suelo para cada punto del territorio, mediante el proceso de Análisis Multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada. A continuación se detalla el proceso a seguir para la adecuación de las variables en el software ARCGIS.

Cuadro No. 4.2.: Proceso a seguir para adecuación de variables en el software ARCGIS.

Proceso de Adecuación	Información para transformación a variables	Proceso en Arcgis
Calculo de distancia Euclídea	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas con potencial agrícola - Áreas con valor ecológico y ambiental - Zonas con valor histórico y cultural - Márgenes de protección de ríos y quebradas - Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad - Franjas de protección de redes de alta tensión - Equipamientos mayores incompatibles - Áreas destinadas para el desarrollo de industria - Vialidad - Proximidad a centros urbanos - Proximidad a equipamientos - Dotación de infraestructura básica agua potable, alcantarillado, energía eléctrica 	<ol style="list-style-type: none"> Seleccione en el Arctoolbox el comando Spatial Analyst Tools > Distance > Euclidean Distance. En el cuadro de diálogo Euclidean Distance introduzca como Input raster or feature source data el shapefile del que se quiere calcular la distancia, en el cuadro de texto Output distance raster escriba el nombre del archivo raster de salida, que contendrá la distancia de cada píxel a la carretera más próxima (distcarr) y como Output cell size introduzca 30. Para conseguir que la extensión del mapa ráster calculado sea igual a la de los otros mapas ráster disponibles, haga clic en la opción Environments. En el apartado General Settings, introduzca en el campo Extent la opción Same as layer, y escoja el límite del cantón del que se está haciendo el análisis. Haga clic en Ok.
Análisis de variables numéricas	<ul style="list-style-type: none"> - Pendientes 	<ol style="list-style-type: none"> En el menú principal, escoja Tools > Extensions y active la extensión 3D Analyst. Seleccione la opción 3D Analyst, > Create/Modify TIN > Create TIN from features, en la opción Layers escoja el archive SHP que contiene las curvas de nivel y en Height source, seleccione el campo de la tabla atributiva que contiene la altura de las curvas. Seleccione la opción 3D Analyst, > Convert > TIN to Raster, en la opción Input TIN, escoja el archivo TIN creado y asigne como tamaño de celda 30, guarde el archivo de salida. Seleccione la opción Spatial Analyst > Surface Analyst > Slope, en la opción Input Surface seleccione el archivo raster creado, escoja la opción porcentaje, el tamaño de celda debe ser 30 y guarde el archivo de salida. Seleccione la opción 3D Analyst > Reclassify, en la opción Input raster, seleccione el raster creado, utilice el botón Classify. Se despliega el cuadro de dialogo denominado Classification, introduzca el método utilizado que será Natural Breaks, en la opción Classes escoja el número de rangos en los que se desea clasificar y en la opción Break Values coloque los nuevos rangos que será los que se detallan en el cuadro No. 4.1.
Análisis de variables cualitativas	<ul style="list-style-type: none"> - Uso actual del suelo - Susceptibilidad a movimientos en masa 	<ol style="list-style-type: none"> Seleccione la opción Spatial Analyst > Convert > Features to raster. En la opción Input Features, seleccione el archive .SHP que desea convertir a raster, en la opción Field seleccione el campo que contiene los códigos de los valores y que se especifican en el cuadro No. 4.1. Escoja el tamaño de celda 30 y guarde el archivo de salida.

Fuente y elaboración: Propia, 2015

3. Estandarizar los factores, para que puedan ser utilizados en una sola unidad de medida y la información se presente en escalas comparables, esto con la finalidad de que puedan cotejarse y de asegurar que los pesos de los criterios reflejen apropiadamente su



importancia. Se ha utilizado la estandarización lineal, para lo cual deberá aplicar las siguientes formulas según sea el caso:

Cuadro No. 4.3.: Proceso a seguir para estandarización de variables en el software ARCGIS.

Tipo de variables	FACTOR COMO BENEFICIO	FACTOR COMO COSTO
	Valor Estandarizado = $(\text{valor} - \text{valor mínimo}) / (\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})$ 0 = menor distancia (peor puntuación) 1 = mayor distancia (mejor puntuación)	Valor Estandarizado = $1 - ((\text{valor} - \text{valor mínimo}) / (\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}))$ 0 = mayor distancia (peor puntuación) 1 = menor distancia (mejor puntuación)
Distancia Euclídea	<p>a) Seleccione en la barra de herramientas Spatial Analysis la opción Raster Calculator. En el cuadro de texto del formulario Raster Calculation introduzca la expresión</p> $(((\text{archivo raster}] - 0) / (\text{mayor valor de distancia} - 0))$ <p>b) El grid resultante estará constituido por valores comprendidos entre 0 (mayor distancia) y 1 (menor distancia). Haga clic con el botón derecho del ratón encima del nombre del ráster creado (Calculation) y seleccione la opción Data > Export Data y guárdelo.</p>	<p>a) Seleccione en la barra de herramientas Spatial Analysis la opción Raster Calculator. En el cuadro de texto del formulario Raster Calculation introduzca la expresión</p> $1 - (((\text{archivo raster}] - 0) / (\text{mayor valor de distancia} - 0))$ <p>b) El grid resultante estará constituido por valores comprendidos entre 0 (mayor distancia) y 1 (menor distancia). Haga clic con el botón derecho del ratón encima del nombre del ráster creado (Calculation) y seleccione la opción Data > Export Data y guárdelo.</p>
Variables Numéricas	-	<p>a) Seleccione en la barra de herramientas Spatial Analysis la opción Raster Calculator. En el cuadro de texto del formulario Raster Calculation introduzca la expresión</p> $1 - (((\text{Float}([\text{raster de pendientes}])) - \text{valor del primer rango}) / (\text{valor del mayor rango} - \text{valor del menor rango}))$ <p>b) El grid resultante estará constituido por valores comprendidos entre 0 (mayor distancia) y 1 (menor distancia). Haga clic con el botón derecho del ratón encima del nombre del ráster creado (Calculation) y seleccione la opción Data > Export Data y guárdelo.</p>
Variables Cualitativas	<p>FACTOR COMO BENEFICIO 0 = peor puntuación 1 = mejor puntuación</p> <p>Asignar una puntuación entre 0 y 1 a cada uno de los valores del factor en función del uso del suelo para el que se vaya a evaluar la aptitud.</p>	<p>a) En la barra de herramientas Spatial Analyst seleccione el menú Reclassify.</p> <p>b) En el cuadro de diálogo Reclassify introduzca como Input raster el grid usos y como Reclass field el campo VALUE.</p> <p>c) En Output raster deje el archivo temporal y en el marco Set values to reclassify establezca la siguiente reclasificación</p> <p>Cercano a 0 = peor puntuación Cercano a 1 = mejor puntuación</p>

Fuente y elaboración: Propia, 2015

- Ponderar las variables de acuerdo a los pesos establecidos en el Cuadro No. 2.3 y 2.9, del Capítulo II, preferentemente se deberá utilizar los pesos establecidos mediante el Método de Comparación de Pares. A continuación en el Cuadro No. 4.4, se resumen los pesos de las variables.



Cuadro No. 4.4.: Ponderación de criterios de evaluación para la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano – Método Directo y Método de comparación de pares.

Factores de Evaluación	Variables	Pesos	Pesos
		Método Directo	Comparación de Pares
RESTRICCIONES	Áreas con valor productivo	0,1	0,05
	Áreas con valor ecológico y ambiental	0,15	0,05
	Zonas con valor histórico y cultural	0,1	0,03
	Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	0,1	0,02
	Franjas de protección de redes de alta tensión	0,03	0,02
	Equipamientos mayores incompatibles	0,05	0,01
	Áreas destinadas para el desarrollo de industria	0,05	0,01
	Pendientes	0,05	0,14
	Uso actual del suelo	0,05	0,11
FACTORES DE LOCALIZACIÓN	Vialidad	0,05	0,16
	Proximidad a centros urbanos	0,05	0,13
	Proximidad a equipamientos	0,02	0,10
	Dotación de agua potable	0,067	0,05
	Dotación de energía eléctrica	0,067	0,03
	Dotación de alcantarillado	0,067	0,03

Fuente y elaboración: Propia, 2015

5. Calcular la aptitud del suelo para el uso urbano, para lo cual se deberá introducir en la calculadora ráster, la siguiente expresión. Se obtendrá un mapa de aptitud con valores comprendidos entre 0 y 1. Para guardarlo hacer clic con el botón derecho encima del nombre del tema creado en el paso anterior y selecciona **Data > Export Data**.

$$[\text{potagri} * 0,1] + [\text{valorecoamb} * 0,1] + [\text{valorhistcul} * 0,1] + [\text{riesgo} * 0,05] + [\text{protaltaten} * 0,03] + [\text{pendientes} * 0,05] + [\text{usoactsuelo} * 0,05] + [\text{distcarret} * 0,05] + [\text{discentrourb} * 0,05] + [\text{disequipamientosurb} * 0,02] + [\text{disalumbrado} * 0,02] + [\text{disaguapot} * 0,02] + [\text{disalcant} * 0,02].$$

Los nombres de los archivos ráster se muestran en el siguiente Cuadro.

Cuadro No. 4.5: Codificación de las variables que intervienen de la ecuación para la determinación del suelo con aptitud para el uso urbano

Variables	Código
Áreas con valor productivo	Potagri
Áreas con valor ecológico y ambiental	Valorecoamb
Zonas con valor histórico y cultural	Valorhistcul
Zonas de riesgo por inundación e inestabilidad	riesgo
Franjas de protección de redes de infraestructura energética	protaltaten
Equipamientos mayores incompatibles	equipcont
Áreas destinadas para el desarrollo de industria	industria
Pendientes	pendientes
Uso actual del suelo	usoactsuelo
Vialidad	distcarret
Proximidad a centros urbanos	discentrourb
Proximidad a equipamientos	disequipamientosurb
Dotación de infraestructura básica (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado)	disalumbrado disaguapot disalcant

Fuente y elaboración: Propia, 2015



6. Reclasificar los valores mediante rangos de aptitud, para lo cual debe seleccionarse el menú **Reclassify**. Como campo de reclasificación se seleccionaría **Value** y en la columna **Old values** se introducirían los rangos que se presentan en el siguiente Cuadro.

Cuadro No. 4.6: Reclasificación de los valores de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca

Método Directo		Método De Comparación De Pares	
Valores	Rango	Valores	Rango
0 – 0,27	Muy bajo	0 – 0,20	Muy bajo
0,27 – 0,33	Bajo	0,20 – 0,40	Bajo
0,33 – 0,68	Medio	0,40 – 0,60	Medio
0,68 – 0,88	Alto	0,60 – 0,80	Alto
0,88 – 1	Muy alto	0,80 – 1	Muy alto

Fuente y elaboración: Propia, 2015

The background features a light blue map of a city with a grid of streets. Overlaid on the map are several decorative patterns: a cluster of blue and white squares in the top-left corner, a series of blue dots in the bottom-left corner, and a pattern of blue and white squares in the bottom-right corner.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las tendencias de crecimiento de las ciudades, ejercen una fuerte presión hacia el territorio rural, las dinámicas de la urbanización, no consideran criterios de sostenibilidad, pues la necesidad de suelo para la expansión es incontrolada, La principal causa es el incremento poblacional, lo que genera la necesidad de espacio físico para albergar la población, especulación del costo del suelo, cambios drásticos de su renta, demanda de espacio para usos como la vivienda, industria y cierto tipo de servicios, asimismo la demanda de suelo rural se orienta hacia usos agrícolas, mineros, parques, reservas naturales, turismo e infraestructuras, en este contexto, se vuelve fundamental orientar y planificar el crecimiento de las ciudades, reconociendo las potenciales áreas rurales que podrán ser usadas para la expansión de urbana y las que presentan limitaciones por razones de protección, seguridad o aptitud agropecuaria y minera; es importante que estas zonas incluyan una reserva suficiente como para asegurar la operación de un mercado amplio de la tierra.

La ordenación territorial tiene como objetivo primordial la organización coherente, entre sí y con el medio de las actividades en el espacio, de acuerdo con un criterio de eficiencia; asimismo define la capacidad acogida del territorio como el grado de idoneidad o cabida que presenta el territorio para una actividad teniendo en cuenta a la vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio, por lo que se puede decir que los usos urbanos tendrán su óptima localización cuando estos sean asignados en un lugar que los pueda recibir sin que se degraden las características ambientales del territorio, de tal manera su integración en el medio y en el paisaje tiene la mayor aptitud y el menor impacto posible.

Sin embargo, aunque las decisiones en el uso del suelo se hicieran teniendo en cuenta criterios económicos, ecológicos y sociales, es necesario que toda utilización del territorio que se planee, especialmente en zonas en expansión, se dé especial atención a la conservación de los recursos naturales y los potenciales riesgos existentes.



El acelerado cambio de los usos de suelo están generando conflictos entre la aptitud que tiene el suelo y su destino, y ejerciendo una fuerte presión en el territorio rural, más aun cuando se trata del suelo que requieren las ciudades para su expansión, por tanto, es necesaria una adecuada política que prevea y oriente estos cambios a fin de mantener un equilibrio entre las necesidades de suelo para la expansión urbana y la conservación de los recursos naturales. En este sentido la planificación de los usos de suelo, es una herramienta eficaz para cumplir con este propósito.

Uno de los modelos de planificación que permite una adecuación de los intereses conceptuales que persigue el planteamiento de esta metodología para determinar las áreas de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, es la determinación de la capacidad de acogida o valoración de la aptitud del suelo, que se resume en un proceso que mide el grado de idoneidad que presenta el territorio para una actividad, considerando los requisitos de cada una y los efectos de esta sobre el medio.

Las técnicas de evaluación multicriterio, se vuelven una importante herramienta en la determinación de la capacidad de acogida pues en este método el modelo de evaluación de la aptitud del suelo no se construye sobre un proceso cerrado, cuyo inicio es la formulación del objeto de la valoración y su fin la obtención de una propuesta única, sino a través de posibles alternativas y según diversos escenarios. Los sistemas de información geográfica, en gran medida apoyan al proceso de evaluación multicriterio, mediante el análisis espacial de las variables y factores, de esta manera el método adquiere la máxima aplicabilidad posible, ya que las múltiples alternativas son evaluadas otorgándoles un peso y proporcionalidad adecuados en cada fase de la toma de decisiones.

En pleno conocimiento de los efectos que trae consigo la expansión de las ciudades en el territorio, es necesario controlar su crecimiento, mediante políticas que propicien la sostenibilidad de los sistemas urbanos, pero es aún más importante orientar este crecimiento de manera planificada para que este proceso natural y necesario, no cause un deterioro del medio rural y un agotamiento de los recursos no renovables, la determinación de zonas de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, visto desde la planificación a nivel cantonal, es factible y necesaria, pues permitirá sacar el mejor provecho posible al territorio y coadyuvará a que el sistema territorial mantenga un equilibrio armónico.



Sin embargo, es importante considerar desde el ordenamiento territorial, el territorio rural donde se tenga áreas de reserva agrícola, de protección ambiental, de conservación y recuperación paisajista y de preservación del patrimonio histórico, cultural y arquitectónico, y desde el ámbito urbano (ordenación urbanística), las zonas provistas de servicios básicos e infraestructura o aquellos sectores donde sea viable la provisión de estos servicios, al igual que su localización alejada de zonas altamente contaminantes o que puedan generar riesgos a la salud e integridad de la población.

Existe diversidad de metodologías para la evaluación de tierras, las cuales se abordaron en el Capítulo I, optándose para el planteamiento de la determinación de las zonas de expansión urbana, las Técnicas de Evaluación Multicriterio y el Análisis Espacial, mismas que integradas dan paso al proceso denominado Evaluación Espacial Multicriterio (EEM); y que se vuelve una herramienta aplicable en la determinación de la capacidad de acogida del territorio para diversas actividades. En este caso, se utilizará esta herramienta para evaluar la capacidad del territorio para receptor el uso urbano, pues las zonas de expansión urbana serán aquellos sectores donde inevitablemente se propiciará su ocupación con estos usos de suelo. La ventaja de este método, es que permite construir el modelo de evaluación de la aptitud del suelo para el uso urbano, sobre un proceso abierto, cuyo inicio es la formulación del objeto de la valoración (aptitud para el uso urbano), y su fin la obtención de una propuesta única (zonas de expansión urbana), a través de posibles alternativas y según diversos escenarios.

Se ha determinado que la Sumatoria Lineal Ponderada puede ser un método fácil y comprensible a la hora de determinar suelo con aptitud para la expansión urbana, para lo cual será necesario establecer criterios y factores relevantes para la determinación de estas zonas, que es el objetivo de la evaluación; y, reglas de decisión o juicios de valor, es decir, qué características del territorio son las que diferencian las alternativas en función de cada criterio, y en qué medida inciden en la valoración de la aptitud para el uso urbano.

En este contexto, los sistemas de información geográfica, apoyan en el proceso, mediante el análisis de las variables que condicionan los criterios, factores y las reglas de decisión para la determinación de las zonas de expansión urbana, de esta manera la EEM, con el apoyo de los SIG, adquiere la máxima aplicabilidad posible, ya que las múltiples alternativas pueden ser evaluadas otorgándoles un peso y proporcionalidad adecuados, lo que permite ir tomando decisiones respecto a las variables que influyen drásticamente en la determinación de la aptitud para el uso urbano.



La Evaluación Espacial Multicriterio, se considerara en el caso de esta metodología como un procedimiento que combina y transforma las variables que se establezcan para la evaluación de la aptitud del suelo para el uso urbano considerándolas a estas como datos geográficos, en un conjunto de alternativas posibles que serían las áreas destinadas para la expansión urbana, para que con un juicio de valor, fundamentado en la experiencia del planificador y de los objetivos del Plan de Ordenamiento Territorial, se tomen decisiones respecto a la determinación del suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial.

La propuesta metodología planteada para la determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, plantea la utilización de la evaluación multicriterio denominada Sumatoria Lineal Ponderada, como técnica de análisis espacial para determinar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano. A partir de establecer esta capacidad de acogida, se plantea un análisis de sensibilidad que ha permitido determinar las alternativas de localización de las zonas de expansión urbana para finalmente mediante criterios de selección delimitar en polígonos que se convertirán en las áreas de suelo rural hacia donde podría expandirse la ciudad, para de esta manera incluirlos como una categoría de ordenación al momento de plantear las propuestas de ordenamiento territorial del medio físico en la planificación cantonal.

La aplicación de la propuesta metodológica se ha desarrollado en el cantón Cuenca, para lo cual se procedió a verificar la disponibilidad de la información, siendo que para este caso se contaba con el 82% de la información necesaria para el análisis, siendo este un factor que permitió evaluar y obtener resultados satisfactorios en la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano en el cantón Cuenca.

El análisis espacial se decidió realizarlo en un Sistema de Información Geográfica denominado ARCGIS, mismo que también se utilizó para la preparación de la información que consistió en la operación de comandos básicos y de fácil manejo.

Con la intención de verificar la validez de los métodos propuestos para la asignación de pesos y los pesos establecidos en el capítulo anterior a las variables que influyen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, se aplicaron ambos valores y se procedió a realizar el cálculo de la Sumatoria Lineal Ponderada, concluyéndose que los pesos asignados mediante el Método de Comparación de Pares, permite tener una mayor certeza de las ponderaciones que se han establecido, pues si bien esta técnica parte de un análisis subjetivo, mediante un cálculo matemático, vuelve los criterios subjetivos en objetivos cuantitativos.



Con la aplicación de este método la incertidumbre a la hora de la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano se reduce, por lo que se recomienda la utilización de los pesos asignados mediante este proceso científico para el análisis de la aptitud del suelo.

El método planteado, facilita el cumplimiento de los objetivos que se proponen en esta metodología, ya que no es necesario disponer de toda la información relacionada con las variables que influyen en la determinación de la aptitud del suelo para el uso urbano, para obtener resultados satisfactorios.

Cabe mencionar que si se considera el Área de Influencia Inmediata de la ciudad de Cuenca (AII), establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca del año 1998, y las zonas que se presentan aptitud alta y muy alta para receptor el uso urbano, se puede evidenciar que no existe mayor diferencia, lo que de cierta forma garantiza la validez del proceso desarrollado. Cabe mencionar que en ningún caso se ha sesgado la información en la aplicación de la metodología, sino que por el contrario se ha tratado de trabajar con la cartografía general que se dispone en el Sistema Nacional de Información y que puede obtenerse para todo el país.

Con estas consideraciones se puede concluir que la propuesta metodología para la determinación de suelo de expansión urbana como categoría de ordenación territorial, es plenamente válida y aplicable, en la ordenación territorial cantonal, siempre que se disponga de la información relacionada con la variables que influyen en la determinación de capacidad del suelo para receptor el uso urbano.

5.2. RECOMENDACIONES

Luego de los análisis expuestos en el presente trabajo, y con fundamento tanto en el marco teórico conceptual que ha procurado dar el sustento técnico y científico a la propuesta metodológica, como en la validación de la misma mediante la aplicación a un caso concreto, concluyéndose que propuesta planteada, es pertinente a la hora de evaluar la aptitud del suelo para receptor el uso urbano es necesario recomendar lo siguiente:

- Amparados en el Art. 264 de la Constitución del Ecuador (2008), en el que se otorga a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Cantonales, la competencia exclusiva de regular el uso y ocupación del suelo en el territorio cantonal, se deberá considerar estrictamente en el proceso de planificación cantonal una Categoría de Ordenación Territorial que defina en el Nivel de Uso Expansión – Áreas de Expansión Urbana.
- Para la determinación de la aptitud del suelo para receptor el uso urbano y por consiguiente determinar las áreas de posible expansión urbana, es fundamental procurar buscar una integración de la Ordenación Territorial y la Ordenación Urbanística, de tal



manera que se garantice la conservación y sostenibilidad del territorio rural, así también asegurar porciones del territorio que presenten aptitud para respetar los usos urbanos, que cumplan con los requerimientos indispensables para el proceso de urbanización y que puedan integrarse a las áreas urbanas mediante una programación determinada en la Plan de Ordenación Urbanística, en función de las necesidades de suelo.

- Si bien la propuesta metodológica plantea determinar zonas para la posible expansión de las ciudades, es imprescindible que desde el Plan de Ordenación Urbanística, se fomenten modelos de ciudad que coadyuven a la sostenibilidad ambiental y al aprovechamiento de los recursos es decir del suelo con dotación de servicios públicos e infraestructura vial, así como políticas de movilidad alternativas, es decir se afiance el modelo de ciudad compacta y diversa. Estas consideraciones podrían determinarse en la normativa reguladora de uso y ocupación de suelo que deberá construirse desde el Plan de Ordenación Urbanística.
- Para la aplicación de esta propuesta metodológica es fundamental la disponibilidad de la cartografía tanto en formato vectorial como raster, para una mayor precisión de los resultados se recomienda trabajar con cartografía en la misma escala y de preferencia 1:50.000. En el Cuadro No. 2.11 del documento se presenta un inventario detallado de información aplicable en la metodología, sin perjuicio de poder utilizar otras referencias cartográficas disponibles.
- Como se pudo probar en el Capítulo III, se pueden obtener buenos resultados con el 82% de la información requerida para la aplicación de la propuesta metodológica, sin embargo, se considera óptimo trabajar con un porcentaje superior al 90%, lo que permitirá precisar con mayor detalle la aptitud del suelo para receptar el uso urbano.
- Es indispensable contar con un Sistema de Información Geográfica, de preferencia ARG GIS, en virtud de que los procesos establecidos en el Capítulo IV y que corresponden a la Guía Metodológica para la aplicación del proceso de determinación de suelo de expansión urbana se han realizado en base de los comandos y herramientas que ofrece este software.
- Es importante verificar la aplicabilidad de la propuesta metodológica en otro software de preferencia de uso libre con la finalidad de que este pueda ser utilizado sin restricciones en los procesos de planificación. En este sentido cabe acotar que con conocimientos básicos de SIG podría operarse en otro software, con la finalidad de obtener y comparar resultados.



BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

Aguilar A; Alvarado C. La reestructuración del espacio urbano". Geografía para el SXXI. UNAM, 2006

Arias Sierra P., "Las nuevas periferias dispersas" Universidad de Sevilla (2003)

Banai, R. Fuzziness in Geographical Information Systems: contributions from the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Geographical Information Systems, 7 (4), 315-329, 1993.

Banco Mundial (2009). Reshaping Economic Geography in Latin America and the Caribbean.

Banco Mundial. Documento complementario al Informe de Desarrollo Mundial 2009. 6 de marzo de 2009

Barredo, Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, 1996, Ra-Ma Editorial. 1ª edición.

Barredo, J. y Bosque, J. (1995): "Integración de evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica para la evaluación de la capacidad de acogida del territorio y la asignación de usos del suelo". Actas del IV Congreso Español de Sistemas de información Geográfica, Barcelona, 1995. AESIG. Pp. 191-200.

Bazant, Jan, Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana, Espacio Abierto Cuaderno Venezolano de Sociología, ISSN 1315-0006, Vol. 19 No. 3, Julio – Septiembre 2010, Pag. 475 – 503.

Bazant, Jan, Lineamientos para el ordenamiento territorial de las periferias urbanas de la ciudad de México, Papeles de Población, vol. 7, núm. 27, enero-marzo, 2001, Universidad Autónoma del Estado de México, México

Beguiría, S. y Lorente, A. (2003): Landslide hazard mapping by multivariate statistics: comparison of methods and case study in the Spanish Pyrenees. Madrid, Contract No EVG1 - CT-1999-00007, Instituto Pirenaico de Ecología.

Bosque Sendra Joaquín, García Rosa, Asignación Óptima de usos de suelo mediante generación de parcelas por medio de SIG y Técnicas de Evaluación Multicriterio, VII Conferencia Iberoamericana sobre SIG. Memorias Merida ISBN: 980-11-0356-6.

Bosque Sendra, J. (1992) Sistemas de información geográfica, Madrid, Rialp.



Bosque Sendra, J. Gómez Delgado, M., Moreno Jiménez, A. y F. dal Pozzo. (2000) "Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos". Estudios geográficos, 2000, tomo LXI, nº 241, pp. 567-598

Bosque Sendra, J. Planificación y gestión del territorio. De los SIG a los Sistemas de ayuda a la decisión espacial (SADE). El Campo de las Ciencias y las Artes, 138, 137-174.

Carmona, Carlos y Cornejo, Juan, Jerarquización del sistema urbano Ecuatoriano, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.

Carrión, F. (1986). Evolución del espacio urbano ecuatoriano. En Carrión, Fernando (Comp.), El Proceso de Urbanización en el ECUADOR: (del siglo XVII al siglo XX) (pp. 145-299).

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, 2010.

Constitución de la República del Ecuador, 2008.

Cordero Domínguez Oswaldo, "VISIÓN GENERAL DEL PROCESO DE URBANIZACIÓN EN EL ECUADOR", Documento docente en la Maestría de Ordenación Territorial II Cohorte, Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura, Cuenca, 2013.

De la Rosa, D. y Magaldi, D. (1982): Rasgos metodológicos de un sistema de evaluación de tierras para regiones mediterráneas. Madrid, Report, Sociedad Española de Ciencias del Suelo.

Environment and Urbanization (1995a). Urban Poverty I: Characteristics, Causes and Consequences, Environment and Urbanization - Special Issue, 7, 1

Environment and Urbanization (1995b). UrbanPoverty II: From Understanding to Action, Environment and Urbanization, Special Issue, 7, 2

FAO. Esquema para la Evaluación de Tierras. Roma: FAO, 1976.

Galacho Federico y Arrebola Juan, Modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio con SIG y técnicas de decisión multicriterio respecto a la implantación de edificaciones en espacios rurales, Investigaciones Geográficas, Universidad de Alicante, ISSN: 0213 - 4691. eISSN: 1989 – 9890, Nº 60, julio - diciembre de 2013, pp. 69 – 85.

Giménez, Mariela y Cardozo, Carlos , Localización óptima de relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná, 7mo Congreso de Ambiente, La Plata, Argentina, 2012

Global Vision (2001). Sustainable City, en <http://www.global-vision.org/city/footprint.html>[Geo-2-201]

González Jesús, Lázaro y Torres María, Indicadores básicos para la planificación de la sostenibilidad urbana local, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales (Serie



documental de Geo Crítica), Universidad de Barcelona, ISSN: 1138-9796. Depósito Legal: B. 21.742-98, Vol. X, nº 586, 30 de mayo de 2005.

Gómez Orea, D. Ordenación Territorial. Madrid: Editorial Agrícola Española, Ediciones Mundi-Prensa, 2001.

Gutiérrez Angonese, J., Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010): Simulación de crecimiento urbano mediante evaluación multicriterio y TIG en el Gran San Miguel de Tucumán (Argentina). En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 873-888. ISBN: 978-84-472-1294-1

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M. y Reichenbach, P. (1999): "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy", *Geomorphology*, 31, pp. 181-216.

Hoppe, A. (2002): "Georessourcen und Georisiken", *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 15, pp. 157-172.

INEN, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, CPE INEN 5, Parte 9-1:1992, Quito, Ecuador.

Lamelas Gracia, "Esquema metodológico para la toma de decisiones sobre el uso sostenible del suelo: Aplicación a la localización de suelo industrial", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 28-66. ISSN: 1578-515, 2009.

Lamparte García A.M., Santé Riveira I. y Crecente Maseda R., Análisis de los factores que condicionan la evolución de los usos del suelo en los pequeños asentamientos urbanos de la costa norte de Galicia, *Boletín de la Asociación de Geógrafos españoles* No. 54, Páginas 57-59, 2010.

Ley de Patrimonio Cultural, Codificación 27, Registro Oficial Suplemento 465 de 19 de noviembre de 2004.

Lincoln Institute of Land Policy. 2000. Metropolitan Development Patterns. 2000 Annual Roundtable. Cambridge, MA. Lungo, Mario. 2000. "Ciudad grande, país pequeño: los desafíos de la gestión metropolitana en Centroamérica", en *Repensando a experiência urbana da América Latina: questões, conceitos e valores*. Ana Clara Torres Ribeiro (organizadora). CLACSO, Buenos Aires.

Liévano, Federico, Análisis de las dinámicas urbanas y su impacto en el desarrollo sostenible por medio de simulación, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2011.

López, Marco, Expansión de las ciudades, ponencia presentada en el VII Congreso Interamericano de la Vivienda, Panamá, 1979.



Lungo, Mario y Smolka, Martim O. Suelo y grandes proyectos urbanos: la experiencia latinoamericana, en Martim O. Smolka & Laura Mullahy. Perspectivas urbanas: temas críticos en políticas de suelo en América Latina. Lincoln Institute of Land Policy. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Enero 2005. Estados Unidos (pp. 301-307).

Malczewski, J. (1999): GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Marengo, C. "Estrategias habitacionales en los bordes urbanos. Puntos de partida para analizar la expansión suburbana", en Revista Proyección N 2. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Ed. UNC. 2003.

Méndez, R. "Transformaciones económicas y dinámicas urbanas". Procesos metropolitanos y Grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países. UNAM 2004

Molina H., Jhon; Martínez, Orlando; Marquina V., Jesús Jordán; Amaya H., Carlos Andrés, Áreas de expansión urbana en Tovar, estado Mérida-Venezuela, Revista Geográfica Venezolana, vol. 54, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 241-257, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela

Nogués, Soledad y Salas Henar, El impacto de las carreteras en el desarrollo urbano, 2004.

Pauta Calle, Fernando, Ordenación Territorial y Urbanística. Un camino para su aplicación en el Ecuador, Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, Cuenca, Julio, 2013.

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca, GAD Municipal de Cuenca, 2015.

Portes, A. y otros. "Ciudades latinoamericanas. Un análisis comparativo en el umbral del nuevo siglo". Ed. Prometeo. 2005.

Rees, W. (1996). Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability. Population and Environment: a Journal of Interdisciplinary Studies, 17, 2, January 1996

Rivera, Elizabeth, "Procesos y escenarios de transformación socio-espacial a través de grandes proyectos de intervención urbano-arquitectónica en Guadalajara", del programa de Doctorado en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad de la Universidad de Guadalajara, México; defendida en enero del 2012.

Rosete, V.; Fernando A., Modelos predictivos de cambio de uso del suelo en la Península Baja de California, México, 2008.

Ruecas, Ana, Análisis de la Dinámica espacio – temporal de los usos de suelo mediante sistemas de información geográfica: La cabecera de la Cuenca de Canyoles, Cuadernos de Geografía, No. 69, Valencia, 2001.

Sharon Murray, Silvicultura Urbana y Periurbana en Quito, Ecuador: Estudio de Caso, Departamento de Montes Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 1998 (FAO).



Santé Riveira Inés, Diseño de una metodología y un Sistema de Ayuda a la Decisión Espacial para la planificación de los usos del suelo rural. Aplicación a la comarca de Terra Chá, Tesis Doctoral, Lugo – España, 2005.

Santé, I. y Crecente, R. A review of rural land use planning methods. Environment and Planning B: Planning and Design, 2005

Santé, I. y Crecente, R. Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales. GeoFocus, 2005.

Serra Batiste J. y otros. “Grandes aglomeraciones metropolitanas europeas”. Procesos metropolitanos y Grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países. UNAM 2004
Terán, Edwin, Análisis socioambiental del cambio del uso del suelo en la Quebrada Caupicho tramo inicial, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010.

UNCHS (2001). State of the World's Cities 2001. Nairobi, United Nations Centre for Human Settlements (Habitat)

UNEP (2000). The urban environment: facts and figures. UNEP Industry and Environment, 23, 2, 4-11

UNDESA (2010). World Urbanization Prospects: The 2009 Revision. Organización de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población. Accesible en <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>

United Nations Population Division (2001). World Urbanization Prospects: The 1999 Revision. Key Findings. United Nations Population Division, en <http://www.un.org/esa/population/pubsarchive/urbanization/urbanization.pdf> [Geo-2-203]

Villanueva, Agustina, Accesibilidad Geográfica a los sistemas de Salud y Educación. Análisis espacial de las localidades de Necochea y Quequén, Revista Transporte y territorio No. 2, Universidad de Buenos Aires, 2010.

Willems Peter y Díaz Navarrete Guido, (2004): Herramientas de SIG como soporte a la planificación territorial dentro del estudio de ordenamiento territorial de las laderas Sur-Orientales del Volcán Pichincha en Quito, Ecuador, Quito.

WWF (2000). Living Planet Report 2000, en <http://www.panda.org/livingplanet/lp20000/>

Zulaica, L.; Ferraro R.(2010) Crecimiento urbano y transformaciones territoriales en el sector sur del periurbano marplatense . En Huellas N° 14. Rev. Del Instituto de Geografía Facultad de Ciencias Humanas UNLPam

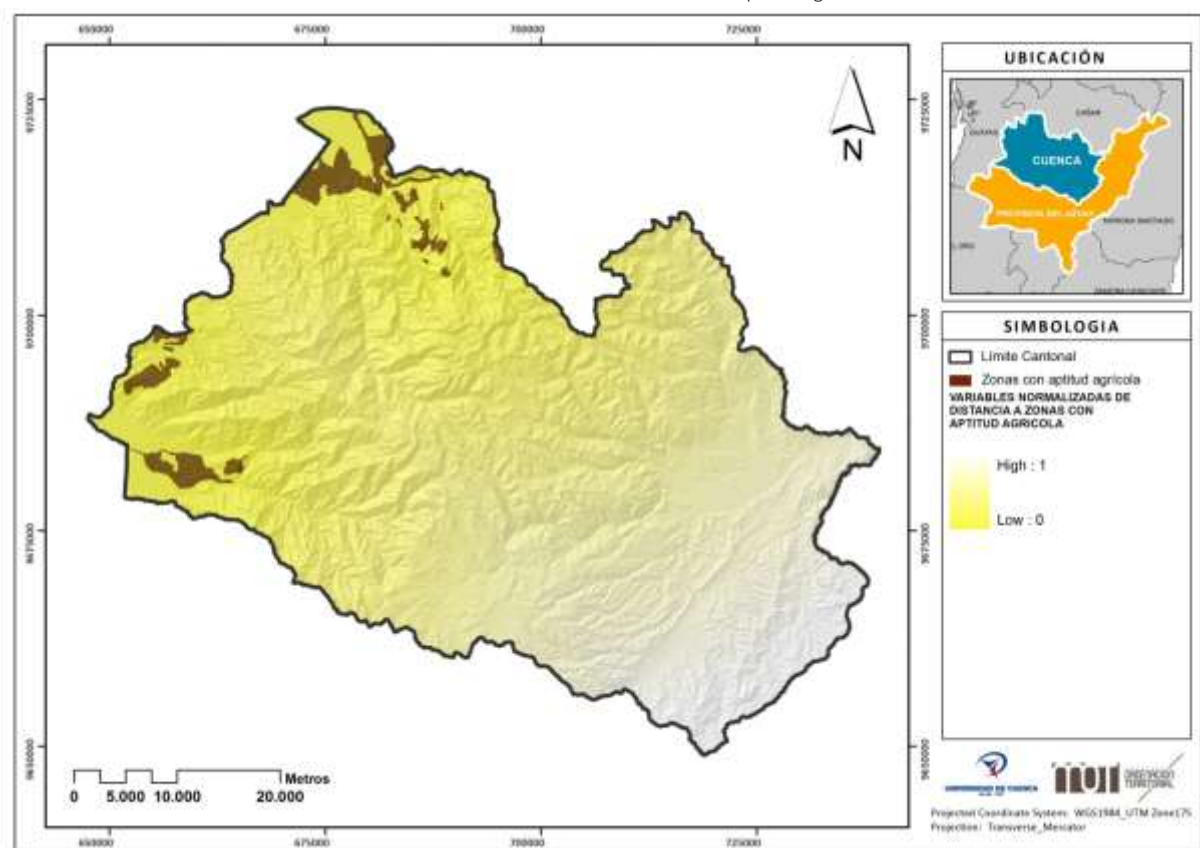
The background features a light blue map of a city with a grid of streets. Overlaid on the map are several decorative elements: a pattern of small blue and white squares in the top-left and bottom-right corners, and a series of light blue circles of varying sizes along the bottom-left edge.

ANEXO 1

ANEXO 1

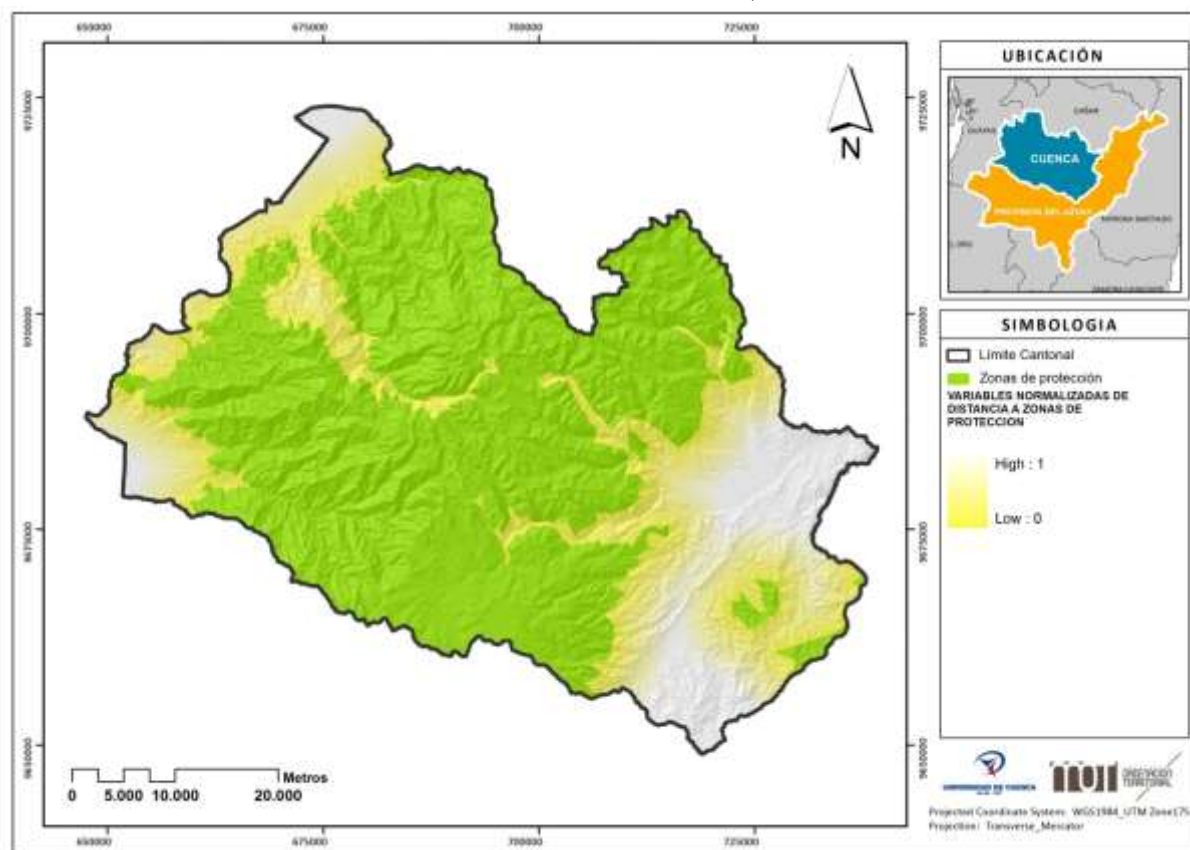
GRÁFICOS DE LAS VARIABLES ESTANDARIZADAS DE DISTANCIAS EUCLIDEAS

Grafico No. 1: Distancia estandarizada de las zonas con aptitud agrícola



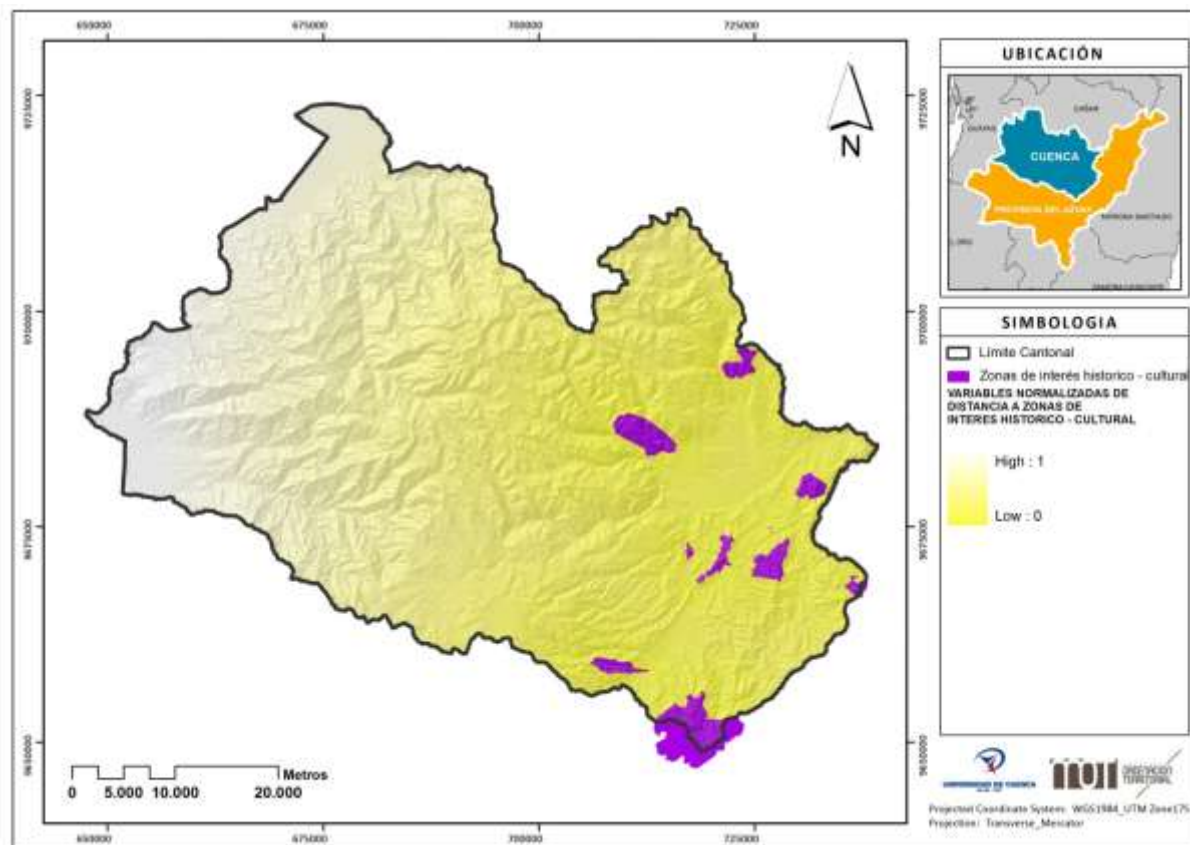
Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 2: Distancia estandarizada de las zonas de protección



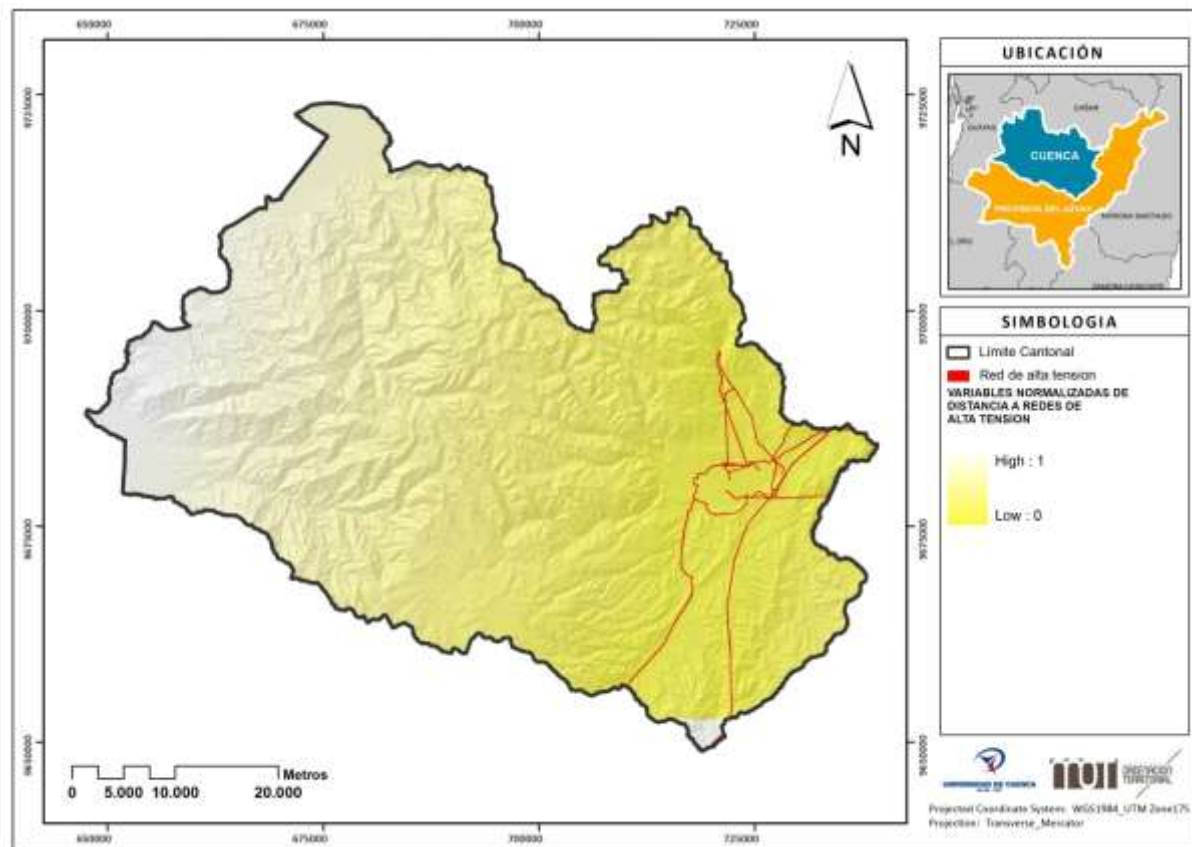
Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 3: Distancia estandarizada de las zonas con interés patrimonial y cultural



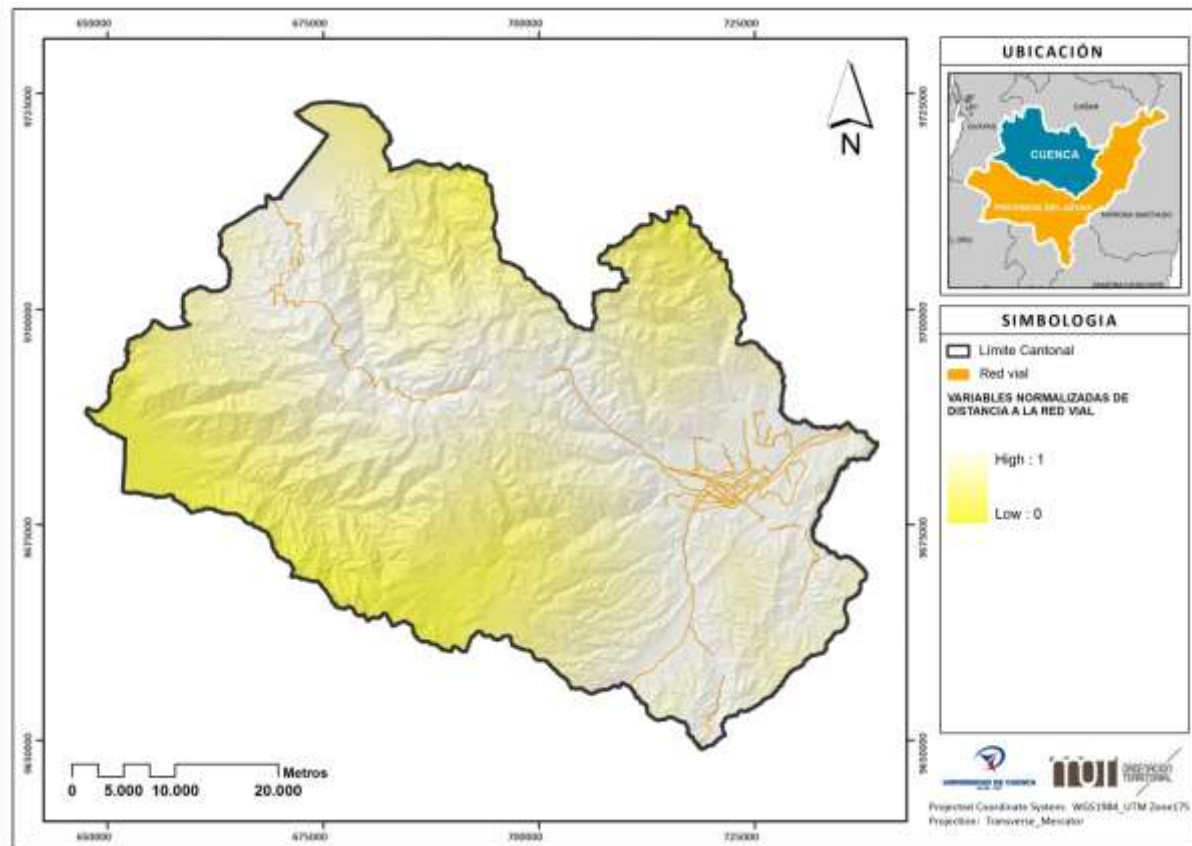
Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 4: Distancia estandarizada a las redes de alta tensión



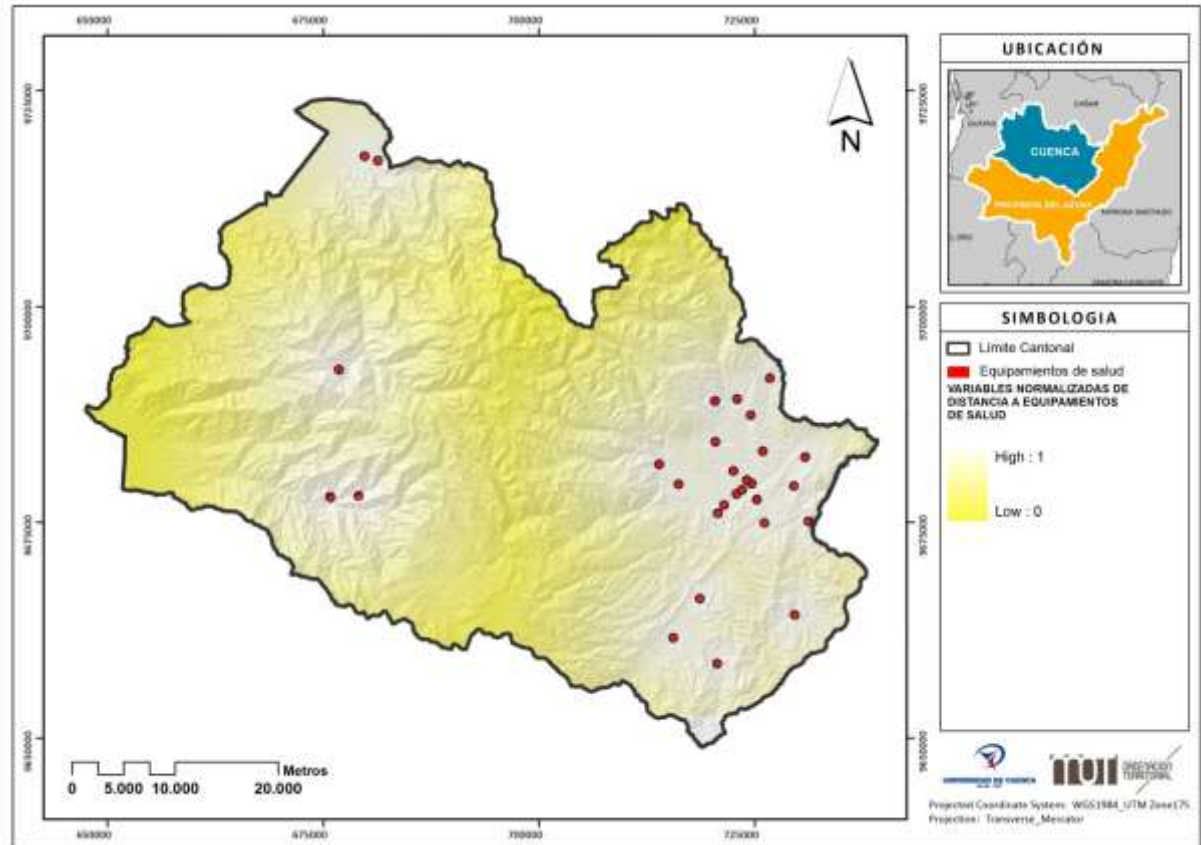
Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 5: Distancia estandarizada a la red vial



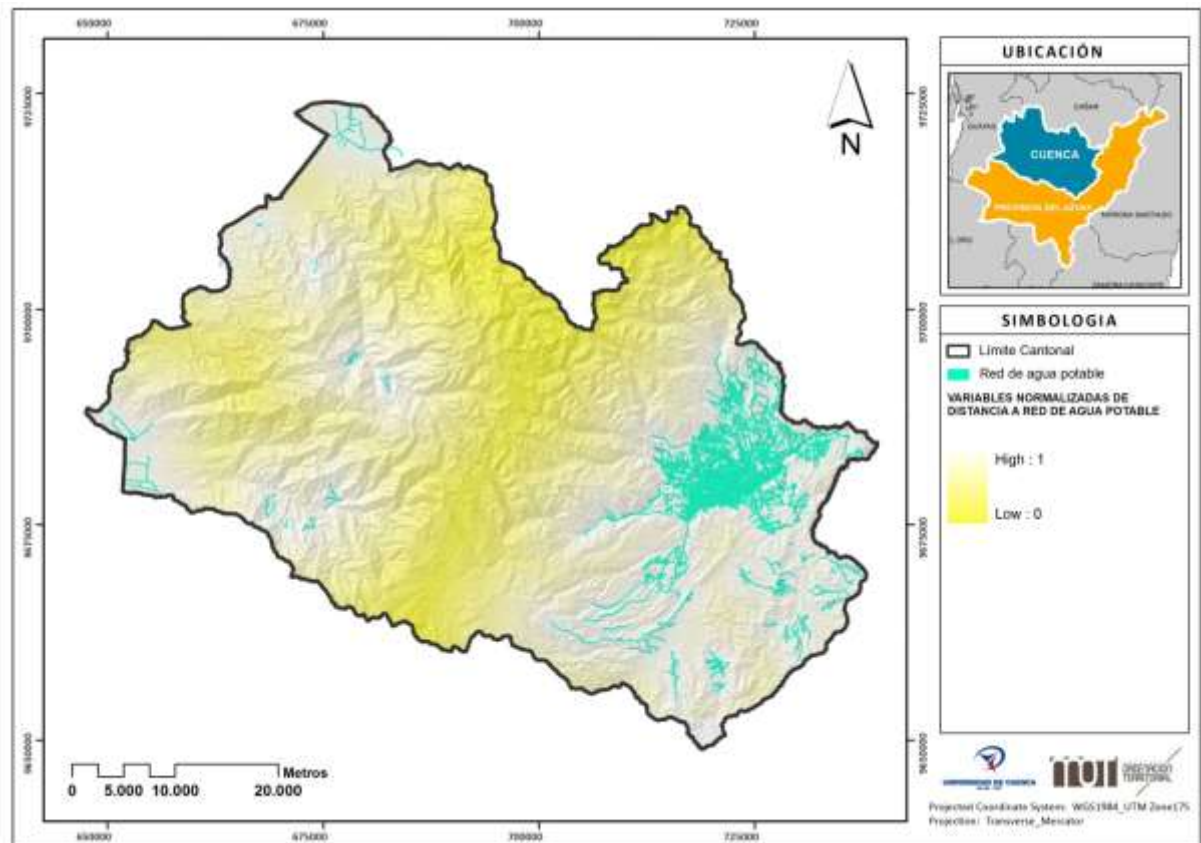
Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 6: Distancia estandarizada a equipamientos de salud



Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 7: Distancia estandarizada a red de agua potable



Elaboración: Propia, 2015

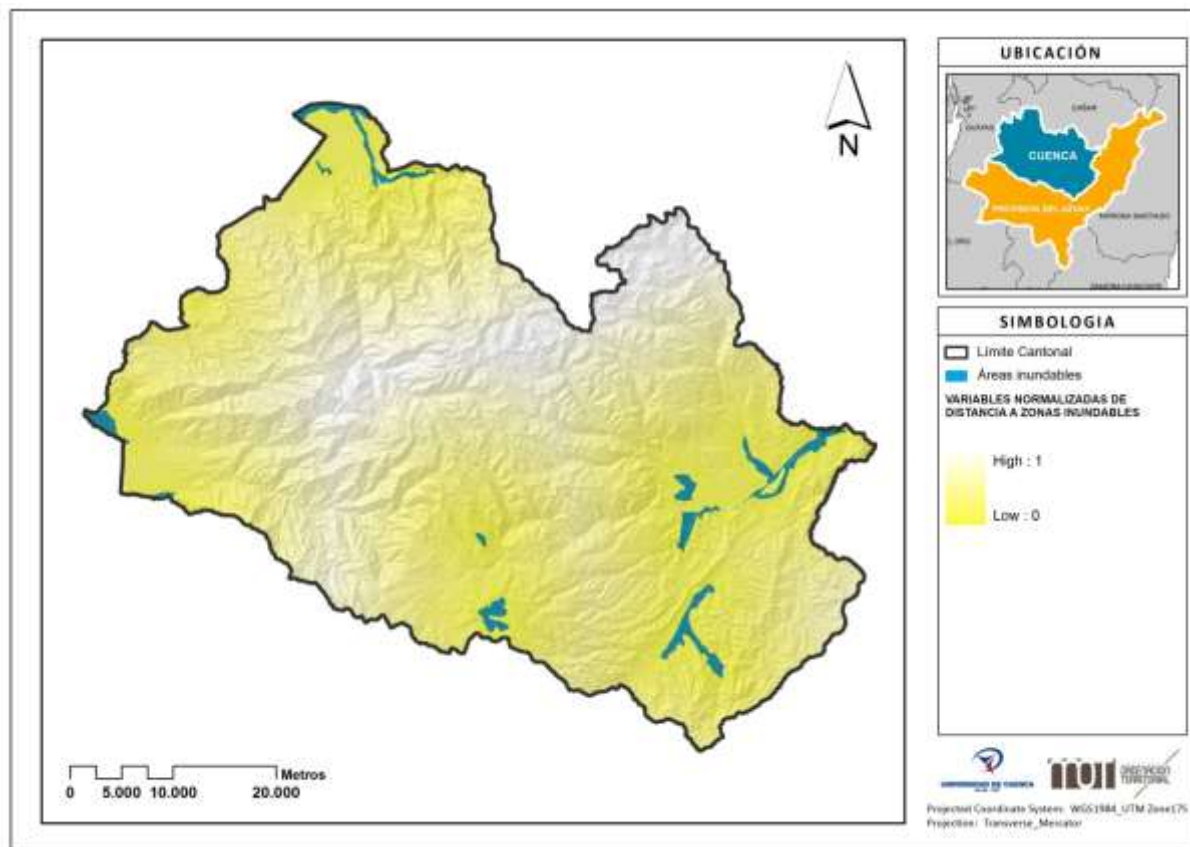
Grafico No. 8: Distancia estandarizada a red de saneamiento



Grafico No. 9: Distancia estandarizada a red de energía eléctrica

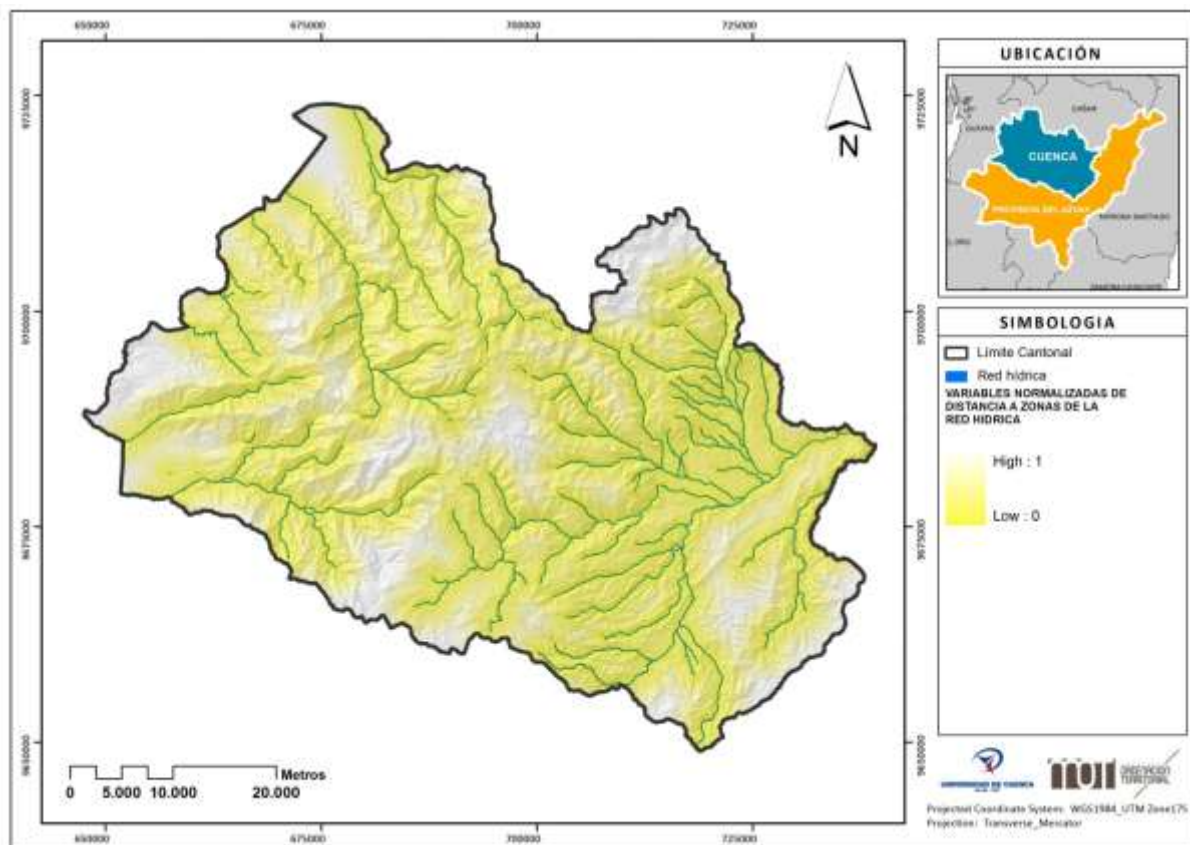


Grafico No. 10: Distancia estandarizada de las zonas de inundación



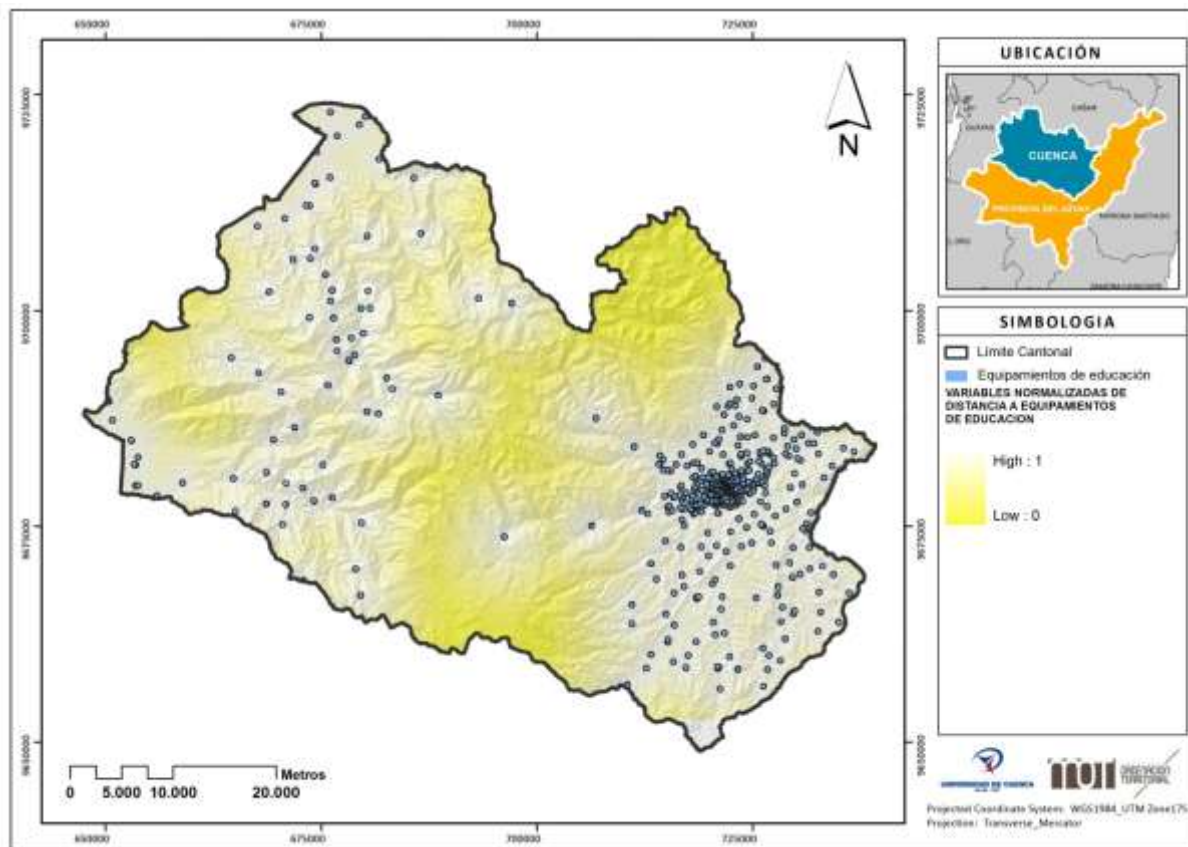
Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 11: Distancia estandarizada a márgenes de protección de ríos u quebradas



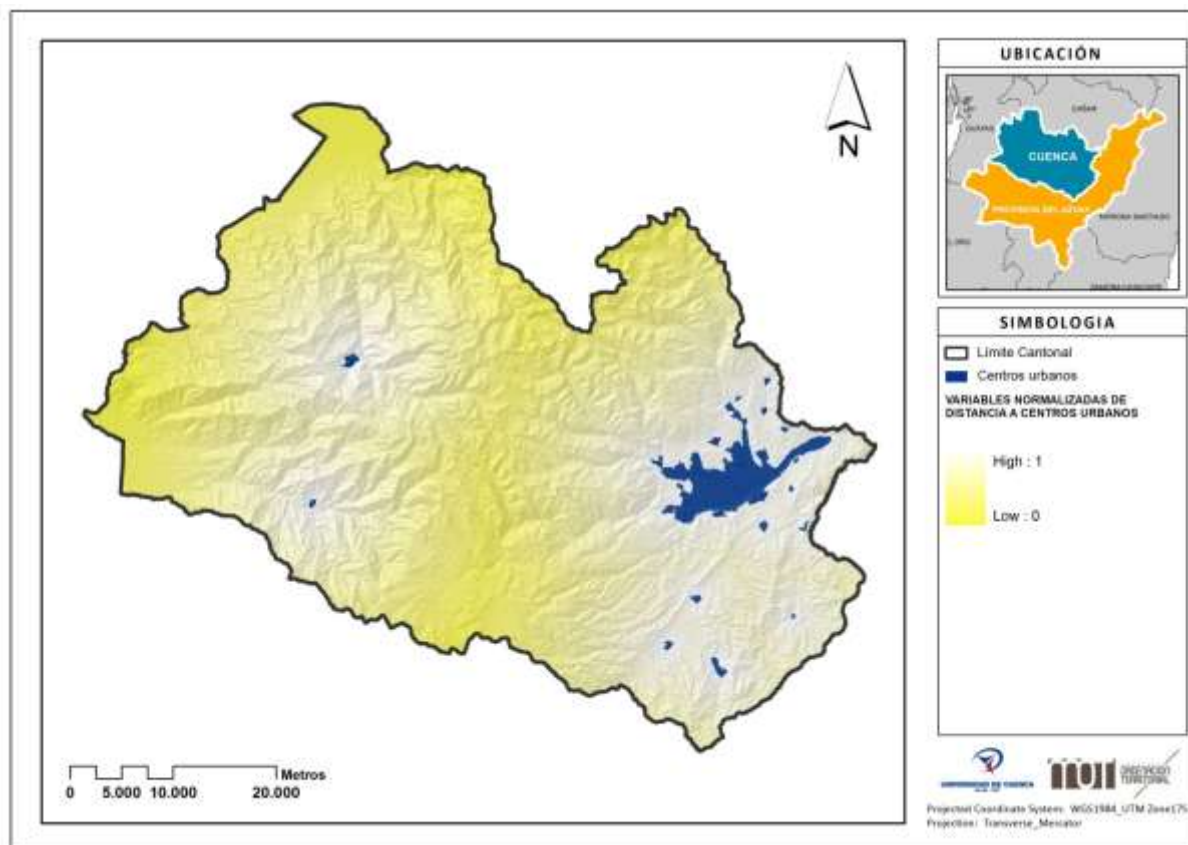
Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 12: Distancia estandarizada a equipamientos de educación



Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 13: Distancia estandarizada a centros urbanos

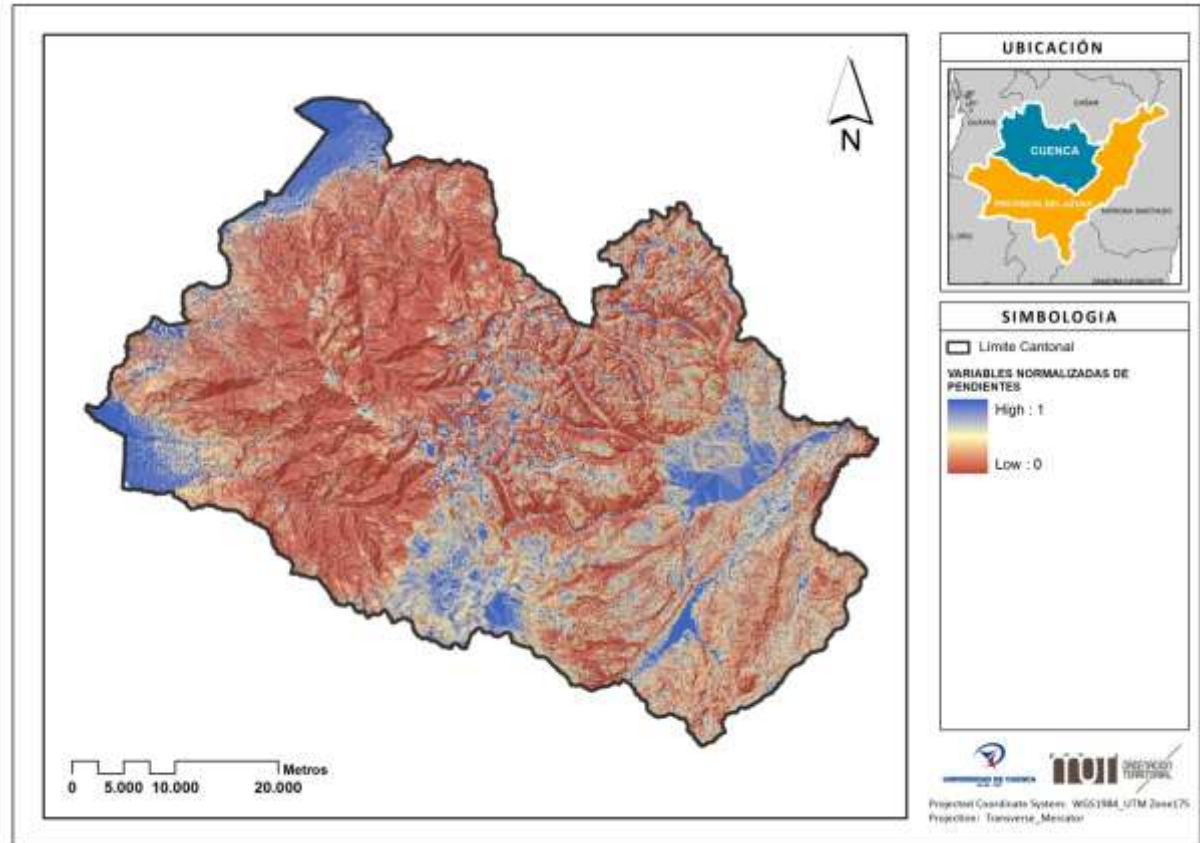


Elaboración: Propia, 2015



GRÁFICOS DE LAS VARIABLES ESTANDARIZADAS DE FACTORES NUMÉRICOS

Grafico No. 14: Estandarización del mapa de pendientes

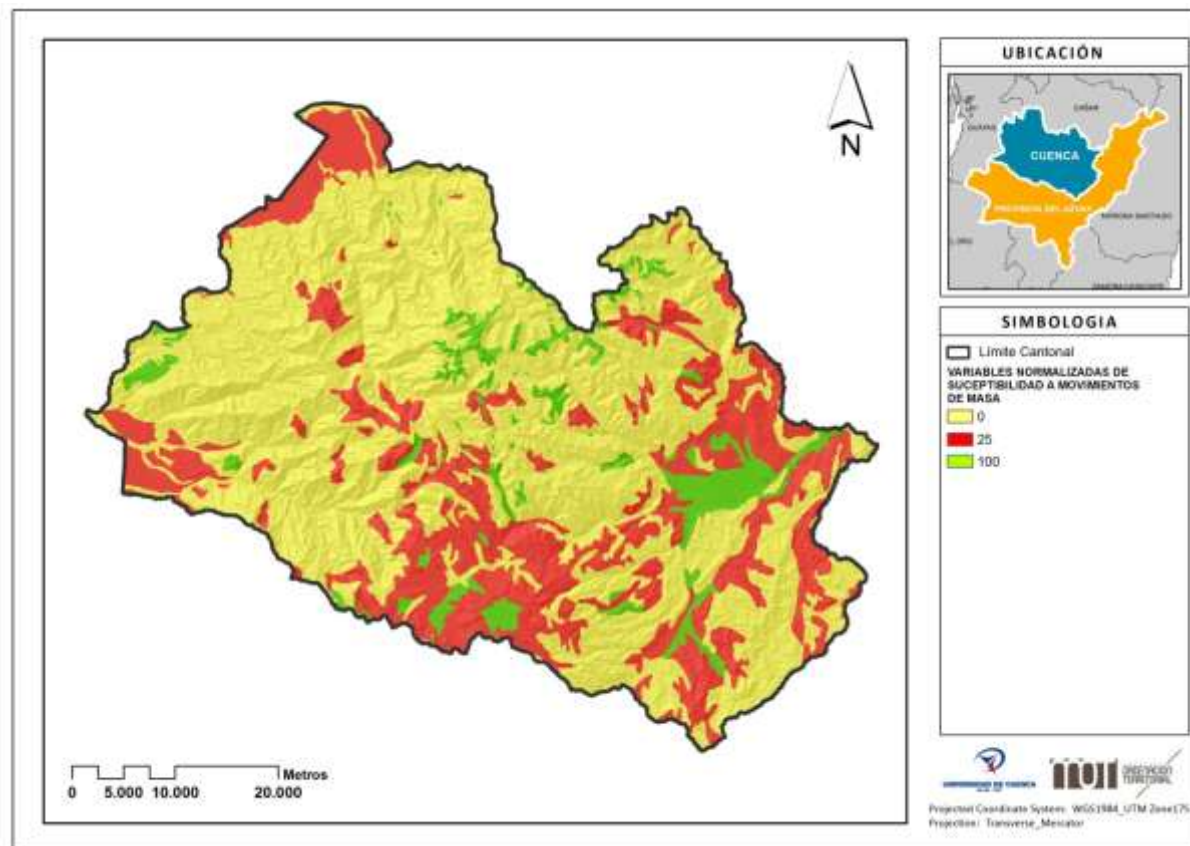


Elaboración: Propia, 2015



GRÁFICOS DE LAS VARIABLES ESTANDARIZADAS DE FACTORES CUALITATIVOS

Grafico No. 15: Estandarización del mapa de movimientos en masa



Elaboración: Propia, 2015

Grafico No. 16: Estandarización del mapa de usos de suelo

