

# Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenca

Prospective land use and vegetation cover on land management - Case canton Cuenca

## Resumen

**L**os modelos de cambio del uso de suelo son una herramienta para conocer las dinámicas en el sistema territorial. Ayudan a establecer los patrones de cambio de uso determinadas por variables biofísicas, socioeconómicas y espaciales; a explorar posibles escenarios; a evaluar la influencia de políticas de uso de la tierra y a modificarlas en beneficio de un ordenamiento territorial. Se aborda el estudio y análisis de los cambios del uso de suelo entre 1991 y el 2001 y se proyecta al año 2010 y 2030 a través de imágenes satélites *Landsat*, obtenidas mediante Tecnologías de Información Geográfica.

**Palabras clave:** análisis multi-temporal, cambios del uso de suelo, dinámicas de cambio, ordenación del territorio, planificación.

### Abstract:

Models of land use change are a tool for understanding the dynamics in the territorial system. They help establish patterns of use change determined by biophysical, socioeconomic and spatial variables, explore possible scenarios and assess the influence of policies of land use and modify the benefit of land use planning. This paper deals with the study and analysis of land use changes between the periods 1991 to 2001, and projected to the year 2010 and 2030 by Landsat satellite imagery using Geographic Information Technologies.

**Keywords:** Dynamic change analysis, land use change, multitemporal analysis, spatial planning.

*Autora:*

**M. Sc. Nancy Jaqueline**

**Pinos Arévalo**

nancy.pinos@ucuenca.edu.ec

nancy.pinos@gmail.com

Facultad de Filosofía y

Ciencias de la Educación

Universidad de Cuenca

Ecuador

Recibido: 3 Feb 2016

Aceptado: 8 May 2016

## 1. Introducción

El Ecuador, en las últimas décadas, ha experimentado fuertes cambios en su cobertura vegetal natural y del uso de suelo. El avance de la frontera agrícola, un acelerado y desordenado crecimiento de las áreas urbanas y la presión que éstas ejercen sobre el territorio han provocado que se sacrifiquen tierras con potencial agrícola, convirtiendo suelo rural en urbano así como el desplazamiento de las áreas de cultivos y ganaderas a las laderas de las montañas o zonas menos fértiles, perdiendo la función social y ambiental del suelo.

Los cambios ecológicos y sociales han creado una crisis mundial. La variabilidad del clima, los cambios del uso de suelo tienen como consecuencia el agotamiento de la biodiversidad y ponen en cuestionamiento el manejo de los sistemas ecológicos y la acertada aplicación de las políticas en la gestión del territorio. Conocer la evolución de éstos sistemas naturales no es nada fácil, pero si se quiere un futuro sostenible es necesario saber cómo las actividades humanas afectan los ecosistemas, cómo afectan la disponibilidad de los recursos que estos ecosistemas proveen y la percepción y respuesta de la población hacia esta alteración de su entorno.

Las dinámicas de cambio del uso de suelo son complejas y ocasionan transformaciones inesperadas en la estructura y funcionalidad del ambiente; y, en consecuencia, ponen en riesgo la sostenibilidad de generaciones futuras.

La construcción de escenarios está íntimamente ligada al estudio del cambio climático y pérdida de biodiversidad o modelamiento territorial. En los últimos años, este tipo de investigaciones han tomado relevancia no solo en el campo medio ambiental, sino como parte de la metodología en los planes de Ordenamiento Territorial.

La prospectiva permite realizar un conjunto de análisis con el objeto de explorar o predecir el futuro; el mismo que depende de la acción de sus habitantes, quienes pueden construir un futuro mejor si toman las decisiones correctas en el momento apropiado. En el Ordenamiento Territorial, la prospectiva constituye una fase intermedia entre el diagnóstico y la propuesta y se refiere a la predicción del futuro, mediante dos vías: la proyección de la tendencia y la construcción de escenarios o imágenes futuras. Se denomina escenario a la descripción de una situación territorial futura y el encadenamiento coherente de sucesos que partiendo de la

situación actual, llega a la futura (Gómez Orea, 2008).

Los procesos de Ordenamiento Territorial utilizan conceptos y metodologías en la construcción de la prospectiva como visiones alternativas de futuros deseados, como escenarios alternativos de futuros posibles y como métodos para transformar los deseos y conocimientos objetivos que sirvan para guiar las actuaciones; requiere de capacidad creativa, concertación y un profundo conocimiento de los resultados del diagnóstico y las diferentes variables que influyen en él.

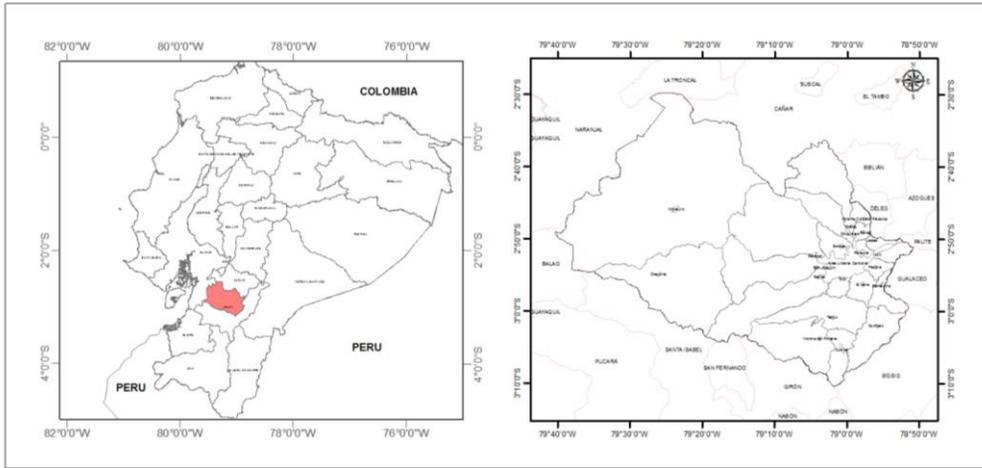
La prospectiva o construcción de escenarios es el simulacro de un determinado momento y el camino que lleva a un estado final; de allí, la importancia en los planes de Ordenamiento Territorial.

Existen varios planteamientos metodológicos para la construcción de escenarios. Este estudio se centra en analizar los cambios en el uso de suelo, componente elemental y básico para la planificación, pues es allí donde se realizan todas las actividades humanas sujetas a la dinámica natural e inducida que sufre el territorio y donde se realiza el ordenamiento como tal.

El cantón Cuenca es un territorio que está experimentando acelerados cambios de usos de suelo –de una manera intensa y extensa– en su espacio territorial. Se puede apreciar el crecimiento de zonas destinadas para vivienda, apertura de vías y el crecimiento de áreas productivas en las zonas de las laderas de montaña, disminuyendo las zonas de páramo y bosques naturales e incrementándose áreas de riesgo por deslizamientos o hundimientos. Por esta razón, es necesario generar posibles escenarios que ayuden a establecer directrices para la toma de decisiones, en una adecuada planificación territorial.

En esta investigación se realiza un estudio sobre el cambio del uso de suelo, visto como un sistema complejo. Su objeto es determinar relaciones dinámicas y modelar procesos de toma de decisiones, con el fin de representar la dinámica territorial y, de esta manera, contribuir al entendimiento del sistema y al posible planteamiento de políticas y soluciones que contrarresten los efectos negativos de la dinámica del cambio del uso.

“El uso y cambio del suelo tiene una gran influencia sobre el desarrollo sostenible urbano. El desarrollo de la ciudad viene acompañado por innumerables cambios morfológicos y funcionales del uso de suelo y por dinámicas complejas de ocupación y competitividad” (Liévano, 2011, p. 8).



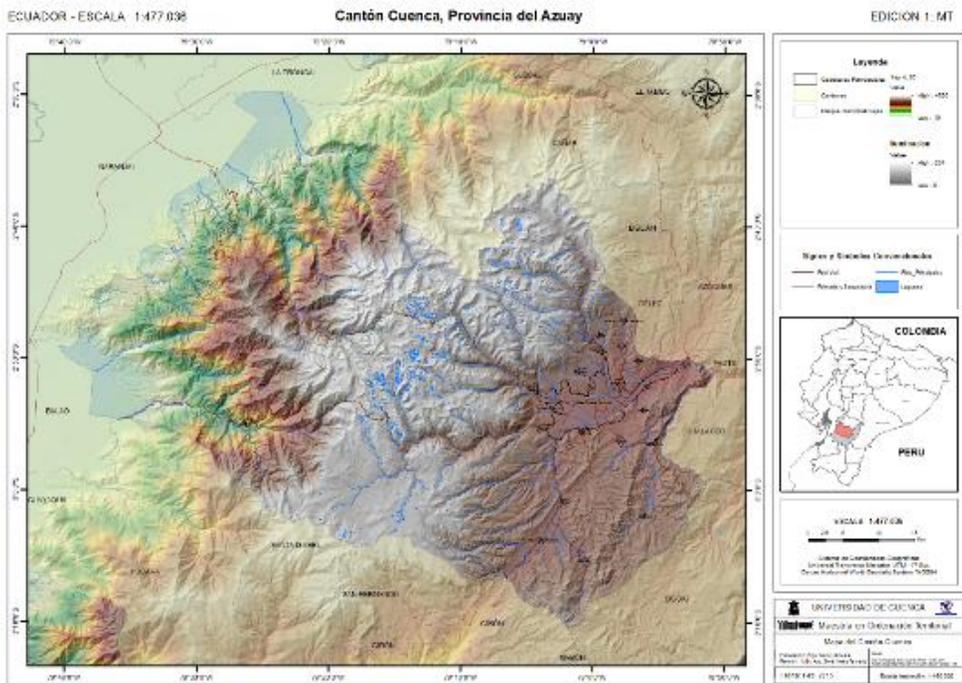
**Figura 1:** Ubicación geográfica del Cantón  
Fuente: Elaboración propia, 2015

**1.1. Descripción del área de estudio**

El área de estudio comprende 375.443,11 hectáreas, se ubica entre las coordenadas 672 264,126 N – 9 722 625,52 E y 719 142,103 N – 9 648 830,512 E. Pertenecen a la provincia del Azuay, se localiza en la Región Centro Sur de la República del Ecuador. Representa el 41% del territorio provincial y el 1,32% del nacional. Limita al Norte con la provincia de Cañar; al Sur con los cantones de San Fernando, Santa Isabel y Girón; al Este con los cantones de Paute, Gualaquío y Síigsig; y, al Oeste, con la provincia del Guayas (Figura 1).

El Cantón está formado por 15 parroquias urbanas y 21 rurales. Tiene un área urbana con una extensión de 6.923 hectáreas y unas 368.520,11 hectáreas corresponden al área rural.

El territorio cantonal se caracteriza por una gran heterogeneidad ambiental debido a su accidentada topografía; esto define una variedad de paisajes diversos y complejos (Figura 2). Se encuentra el Parque Nacional El Cajas y el Área Nacional de Recreación Quimsacocha que comprende 29.389 hectáreas y 3.204,3 hectáreas, respectivamente, representan el 9% del territorio



**Figura 2:** Mapa base del cantón Cuenca  
Fuente: Elaboración propia, 2015

cantonal. Las áreas y bosques protectores cubren el 47% del territorio, cuenta con cuatro cuencas hidrográficas: la del Santiago (52,4%), Jubones (0,23%), Naranjal-Pagua (26,4%) y Cañar (21%).

Para el año 2010, Cuenca tenía una población de 505.585 habitantes; de los cuales, el 98% se encuentra en el valle de la vertiente de la cordillera andina oriental y el 65% se concentra en la ciudad de Cuenca.

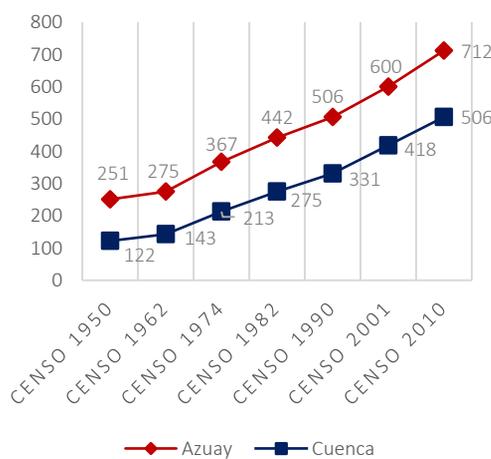
El crecimiento demográfico que experimentó Cuenca a inicios de la Colonia hasta mediados del siglo XX fue bastante lento. En 1950 se realiza el Primer Censo Nacional de Población (INEC, 2015) en el cual se determina que la Ciudad tenía 50 mil habitantes que, comparados con los 35 mil contabilizados en 1885, da un crecimiento poblacional del 4% anual (Mejía, V. 2014).

Año	Población	Superficie ha.	Densidad hab. / ha.
1950	52.696	850	62
1962	74.765	1.550	48
1974	104.470	2.500	42
1982	152.365	3.900	39
1990	198.390	5.300	37
2001	278.995	6.043	46
2010	331.888	7.059	47

**Tabla 1:** Evolución de la Población y Densidad de Cuenca, 1950-2010

Fuente: Mejía, V. 2014

La misma información se puede observar en la Figura 3.



**Figura 3:** Evolución de la población del cantón Cuenca, desde el Censo 1950 a 2010

Fuente: *Crecimiento urbano de la Ciudad de Cuenca* (BID /GADM-CUENCA, 2014)

## 1.2 Situación actual del cantón Cuenca

El territorio ha experimentado gran presión por el uso de suelo en los últimos cuarenta años, como ha ocurrido en el resto del país. Se observan distintas tendencias en el uso de suelo relacionadas con la agricultura y la ganadería que además de responder a las condiciones ambientales, obedecen a la influencia de las actividades económicas de las áreas circundantes. Si analizamos el cambio del uso de suelo a nivel nacional, podemos observar que éste se centra en la pérdida de vegetación boscosa por otro tipo de cobertura, dando un valor de 200.000 hectáreas/año (MAE, 2007).

El acelerado y desordenado crecimiento que se ha dado, en los últimos veinte años, en zonas circundantes al área urbana ha provocado la disminución de los suelos productivos del Cantón. Los suelos han soportado una fuerte presión por fraccionamiento, reduciendo el área con potencial productivo; esta situación trae implicaciones en la economía de la población y del Cantón: la dotación de servicios básicos se vuelve más complicada e incrementa los valores de inversión por parte de las entidades públicas a cargo estos servicios. De igual manera, la pérdida de zonas boscosas que favorecerían la protección ante diferentes amenazas naturales, han sido reemplazadas por viviendas dispersas y actividades agrícolas y una ganadería de subsistencia en gran parte del territorio cantonal.

Al año 2010, el 26% del territorio presenta una cobertura natural; el 52% es de uso agro productivo; y, el 21% corresponde a zonas urbanas (información generada con imágenes *RapidEye* de 2010). Según el estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), realizado en 2014, en el área de influencia inmediata a la ciudad de Cuenca, sólo el área urbana ha crecido 120 hectáreas aproximadamente en los últimos 50 años (Informe Final del Estudio CE 3 Crecimiento urbano en la ciudad de Cuenca, 2014).

En el análisis multi-temporal que realiza el BID, entre los años 1987, 2002 y 2010, demuestra una disminución del 30% de la cobertura vegetal, en un periodo de 23 años; a la vez, éstas incrementan un 29,69% de zonas urbanas y dispersas. De acuerdo a este estudio, se concluye que el incremento del suelo urbano es del 155% y corresponde a zona residencial y un incremento del 600% de suelo industrial.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial cantonal analiza la cobertura vegetal y uso del suelo entre los años 2000 y 2013. En esta información, proporcionada por el Ministerio del Ambiente, se puede observar la disminución de áreas naturales y el incremento de suelos con usos agrícolas, pecuarios y urbanos; esto da, un 18,24% de cambio en su cobertura, en un periodo de trece años.

## 2. Fuente de datos y Metodología general de trabajo

Previo al desarrollo de la Metodología es necesario identificar la información requerida.

### 2.1 Fuente de datos

Se realizó la recopilación de información cartográfica, en base a las cartas topográficas 1:50.000 publicadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM); cartografía generada en el proceso de elaboración del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011 y 2015 del Municipio de Cuenca.

También se contó con las imágenes satélites que fueron descargadas del *United States Geological Survey* (USGS), correspondientes al sensor *Landsat 5* y *7* de los años 1991 y 2001 respectivamente (Figura 4). A estas imágenes se les realizó un procesamiento digital con el objetivo de contar con las características adecuadas para los diferentes análisis.

La metodología consta de tres secciones:

1. Generación de la información cartográfica de la cobertura vegetal y uso de suelo.
2. Análisis de los cambios ocurridos sobre la cobertura vegetal y uso de suelo, en el periodo entre 1991 al 2001.
3. Modelo prospectivo de la cobertura vegetal para el año 2010 y 2030.

### 2.2. Generación de la información cartográfica de la cobertura vegetal y uso del suelo

#### 2.2.1. Mapas de uso del suelo

Luego del procesamiento de las imágenes satélite, mediante el software *ENVI 4.8* y *ArcGis 10.2*, se procedió a la eliminación de zonas cubiertas por nubes en ambas imágenes. La leyenda definida trata de discriminar los diferentes tipos de vegetación natural y los grados de intervención antrópica; se determinó ocho categorías de cobertura vegetal y uso de suelo del cantón Cuenca: agua, pastos y cultivos, páramo, suelo descubierto, vegetación leñosa, vegetación herbácea, vegetación leñosa nativa, suelo urbano.

En función de la leyenda definida, se realizaron las interpretaciones de las imágenes del año 1991 y 2001; y, a través de una clasificación supervisada y sus debidas correcciones, se generó cartografía temática de cobertura vegetal y uso del suelo de cada año.

### 2.3. Análisis de los cambios ocurridos sobre la cobertura vegetal y uso del suelo entre el periodo 1991 al 2001

El objetivo de este análisis es conocer la evolución del territorio, determinando la magnitud y ubicación de los diferentes tipos de cambio y/o conservación que se han venido dando en el Cantón.

Realizadas las clasificaciones de las imágenes de 1991 y 2001, se procede a efectuar el análisis estadístico de las diferentes categorías de cobertura y uso de suelo. Para ello, se utilizó el módulo *Land Change Modeler* (LCM) del software *IDRISI* que permiten describir las ganancias y pérdidas de las diferentes categorías, utilizando una matriz de tabulación cruzada o matrices de transición; método propuesto para analizar mapas de usos de suelo por pares temporales (Pontius et al, 2004) con el objetivo

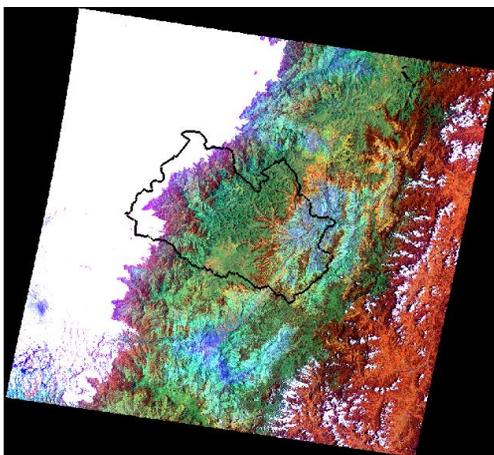


Imagen Satélite *Landsat5*, P10R62, capturada el 15 de octubre de 1991



Satélite *Landsat7*, P10R62, capturada el 3 de noviembre de 2001

**Figura 4:** Imágenes del Satélite *Landsat* usadas para la investigación  
Fuente: Elaboración propia, 2015

de detectar los cambios más significativos entre los diferentes usos de suelo. Estas matrices se corresponden con una tabla que compara la superficie de cada uno de los dos mapas de usos de suelo que se analizan; cada una de las celdas de la diagonal principal muestra la superficie de cada uso que ha permanecido estable durante dicho periodo, mientras el resto de las celdas muestra la superficie que ha cambiado y hacia qué categoría se ha dirigido dicho cambio; esto permite calcular la tasa anual de cambio (TAC).

#### 2.4. Modelo prospectivo de la cobertura vegetal para el año 2010 y 2030

Mediante el análisis de las dinámicas producidas en la cobertura vegetal, durante el periodo 1991-2001, es posible determinar las tendencias de cambio y, de esta manera, inferir la superficie probable ocupada por cada tipo de cobertura vegetal, en una fecha posterior.

La prospección de escenarios o modelación está basada en las dinámicas producidas en las series cronológicas de cobertura vegetal y el análisis de condiciones bióticas, físicas y antrópicas que probablemente influyan en los cambios producidos.

Las herramientas de modelación para el cambio del uso de suelo permiten explorar y proyectar escenarios a futuro o prospectivos; analizar y entender los procesos cuantitativos y cualitativos que influyen en los desequilibrios territoriales. Consiste en obtener la transición de una categoría de la cobertura y uso de suelo por otra, valorando y jerarquizando los posibles factores que causan ese cambio.

Se aplicaron los siguientes procesos:

- Cadenas de Markov
- Evaluación Multicriterio
- Evaluación Mutiobjetivo

El método de *Cadenas de Markov* simula la predicción del estado en un sistema y en un tiempo determinado, a partir de dos estados precedentes (Paegelow, et al,

2003). Este análisis no considera aquellas variables que podrían influenciar en el proceso de evolución del territorio.

La *Evaluación Multicriterio* requiere de variables que pueden ser determinantes para los cambios en la cobertura vegetal. Se identificaron las variables bióticas, físicas y sociales; las mismas que fueron cartografiadas y estandarizadas para su respectivo análisis.

Para la *Evaluación Multiobjetivo* es necesario contar con el mapa de aptitud del suelo que ya fue generado en pasos anteriores. Este método integra la modelización realizada por las cadenas de Markov a partir de una serie cronológica de la cobertura vegetal y los mapas de la capacidad de acogida para cada uno de las categorías obtenidas, según las combinaciones de variables de la base de datos (evaluación multicriterio) para asignar, finalmente, a cada píxel una categoría de cobertura vegetal (evaluación multiobjetivo) en la fecha proyectada. De esta manera, la modelización, al considerar las variables explicativas de índole natural o humana, mejora los resultados de aquella lograda tan sólo mediante la aplicación de las cadenas de Markov y la proyección estocástica, aunque integra sus cálculos. (Paegelow, et al. 2003).

##### 2.4.1. Generación de la información cartográfica de la aptitud del suelo

Para el modelo de aptitud se usó el método de Evaluación Multicriterio (EMC) y luego una Evaluación Multi-Objetivo (EMO) con la técnica de Suma Lineal Ponderada (SLP) y Análisis del Punto Ideal (API). Este último método requiere la definición de objetivos para determinar la aptitud del suelo en conservación, agrícola, pecuaria, forestal y urbano; cada uno debe tener criterios en base a los factores que posibilitan su aptitud. Se identificaron algunas restricciones tanto morfológicas como eco sistémicas.

Esta información se utilizó para generar el modelo al año 2030, a través del método de Autómatas Celulares de cadenas de Markov - CA\_Markov.

Código	n=10 años	S <sub>1</sub> (Año 1991)	Porcentaje	S <sub>2</sub> (Año 2001)	Porcentaje	S (%)
	Cobertura	Superficie en hectáreas		Superficie en hectáreas		
1	Agua	2.046,2	0,6%	2.087,1	0,6%	0,2%
2	Pastos y cultivos	22.796,1	6,2%	70.639,8	19,3%	12,0%
3	Páramo	130.461,3	35,6%	120.383,2	32,8%	-0,8%
4	Suelo descubierto	3.300,3	0,9%	3.756,7	1,0%	1,3%
5	Vegetación leñosa	23.780,0	6,5%	19.601,7	5,3%	-1,9%
6	Vegetación herbácea	71.489,3	19,5%	48.389,8	13,2%	-3,8%
7	Vegetación leñosa nativa	42.143,1	11,5%	30.432,7	8,3%	-3,2%
8	Suelo urbano	1.531,3	0,4%	2.256,2	0,6%	4,0%
	<b>Total</b>	<b>366.761,9</b>	<b>100%</b>	<b>366.761,9</b>	<b>100%</b>	

Tabla 2: Tasa de cambio por cobertura en el cantón Cuenca, entre 1991 y 2001

Fuente: Elaboración propia, 2015

### 3. Resultados

Los resultados han sido organizados siguiendo el mismo esquema metodológico; es decir, se los ha dividido en tres secciones:

- Cobertura vegetal y uso de suelo 1991 y 2001.
- Cambios ocurridos sobre la cobertura vegetal y uso de suelo entre el periodo 1991 al 2001.
- Modelo prospectivo de la cobertura vegetal para el año 2010 y 2030.

#### 3.1. Cobertura vegetal y uso de suelo 1991 y 2001

Para el año 1991, se observa la categoría de páramo con 35,6% con mayor dominancia; seguido de un 19,5% de vegetación herbácea; 11,5% de vegetación leñosa nativa; el 6,5% de vegetación leñosa; la categoría de pastos y cultivos presenta un 6,2%; el suelo urbano un 0,4%.

En las figuras 5 y 6 se muestran los mapas de usos de suelo obtenidos de los años 1991 y 2001, respectivamente, que serán la base para el análisis de cambio de uso de suelo del Cantón.

La cobertura vegetal del año 2001 presenta un 32,8% de páramo, seguido de pastos y cultivos con el 19,3%; vegetación herbácea con un 13,2%; vegetación leñosa nativa con un 8,3% y vegetación leñosa con el 5,3%; el suelo urbano tiene un porcentaje del 0,6%.

#### 3.2. Cambios ocurridos sobre la cobertura vegetal y uso de suelo entre el periodo 1991 al 2001

Durante el periodo de análisis (1991-2001) se ha evidenciado una creciente transformación sobre la cobertura vegetal; estos procesos han dado paso a la transformación, principalmente, de áreas cubiertas por vegetación natural hacia usos antrópicos. En la Tabla 2 se muestra un resumen de los cambios del uso de suelo, entre el año 1991 y 2001, por categoría y expresados en porcentajes.

Podemos observar que el 35,6% de territorio del cantón Cuenca corresponde al ecosistema páramo, áreas dedicadas a la conservación; la vegetación herbácea presenta un 19,5% y pertenece a vegetación pionera en la franja montañosa ubicada alrededor de la Ciudad; la vegetación leñosa nativa con el 11,5% incluye los bosques altoandinos, que a diferencia de la vegetación leñosa (a arbustos, matorrales o chaparro) se ubica en las estribaciones de la Cordillera Occidental; el área de pastos y cultivos que incluyen parcelas de cultivos de ciclo corto y anual, también se encuentran en esta categoría como zonas de pasto; y, el área urbana con un 0,4% del total cantonal. Hay que recalcar que la cobertura de nubes presenta un 18,9%.

Para el año 2001 la superficie de páramo se ha reducido al 32,8%. La misma tendencia presenta la vegetación leñosa nativa con 8,3%, la vegetación leñosa con el 5,3% mientras la categoría de pastos y cultivos presenta un incremento al 19,3% al igual que el suelo urbano con un 0,3%.

Se puede observar que el crecimiento de la categoría de pastos y cultivos, casi se ha triplicado en diez años de diferencia; presentan unas 47 mil hectáreas de cambio de uso. El decrecimiento de las categorías correspondientes a coberturas naturales como vegetación leñosa y herbácea con un total de 49 mil hectáreas, evidencian el proceso de transición a otras coberturas y, un crecimiento del área urbana con unas 724 hectáreas.

La estimación de la tasa anual de cambio se calculó a partir de la superficie de cada categoría, aplicando la fórmula descrita; expresa la mayor o menor intensidad de las dinámicas de cambio en las coberturas de suelo en el Cantón entre el periodo de 1991 y el año 2001. Se observa que la categoría de vegetación herbácea es la más alta, con un valor negativo de -3,8%, seguida de vegetación leñosa nativa con -3,2% y de la vegetación leñosa con -1,9%.

La cobertura natural (páramo, vegetación leñosa y herbácea) presenta una pérdida de 49.066,3 hectáreas que corresponden a -2% hectáreas por año. En el año 1991 tenían un total de 267.873,7 hectáreas, para el año 2001 se reducen a 218.807,4 hectáreas; esto nos indica que la mayoría de cambios se dio en estas coberturas.

La categoría de pasto y cultivos es la que mayor crecimiento presenta con 22.796,1 hectáreas en 1991 y para el año 2001 se incrementa a 70.639,8 hectáreas, dando una tasa de cambio del 12% anual; es decir, que la transición se dio a esta cobertura.

Las categorías de cobertura de suelo no vegetal (agua, suelo descubierto y suelo urbano) presentaban para 1991 un total de 6.877,8 hectáreas y, en el 2001, alcanzaron unas 8.100 hectáreas con una tasa de cambio del 1,6% anual (Figura 7).

#### 3.3. Modelo prospectivo de la cobertura vegetal para el año 2010 y 2030

Para la construcción del modelo al año 2010, se partió de los mapas de cobertura y se utilizó los mapas de cobertura vegetal de las dos fechas analizadas: 1991 y 2001, a fin de predecir la probabilidad de cambio del uso de suelo que pueda ocurrir para el año determinado.

Para la construcción del modelo, al año 2030, se consideró variables físicas, bióticas y sociales como áreas protegidas, accesos viales, cobertura de servicios, aptitud del suelo y otros más. Con este mapa de restricciones se pretendió determinar las nuevas condiciones de uso y de probabilidad de cambio en el territorio hacia el año 2030.

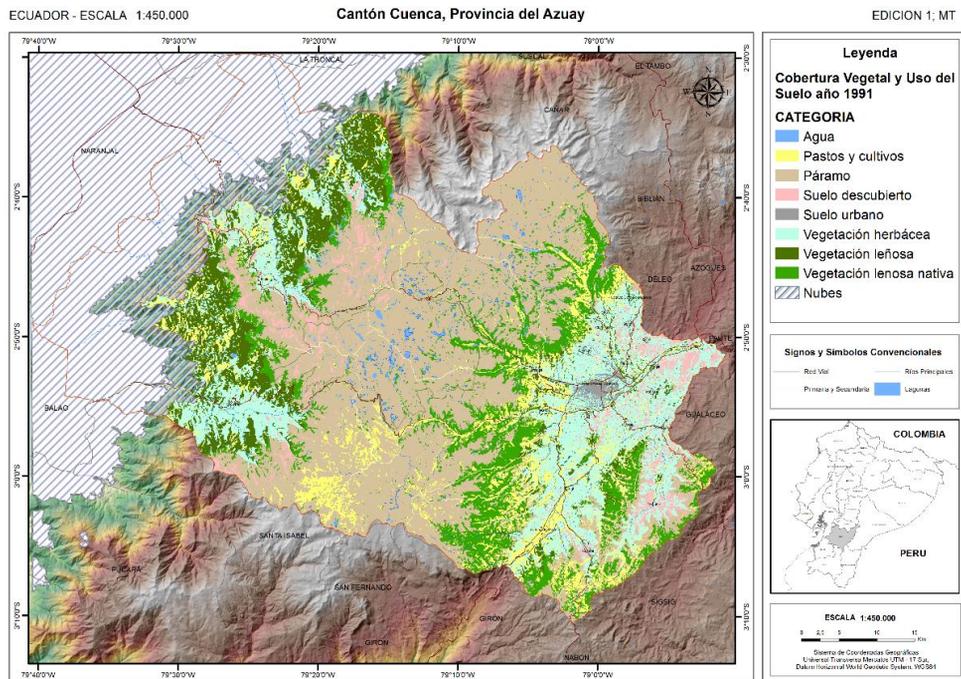


Figura 5: Mapa de la cobertura y uso del suelo al año 1991  
Fuente: Elaboración propia, 2015

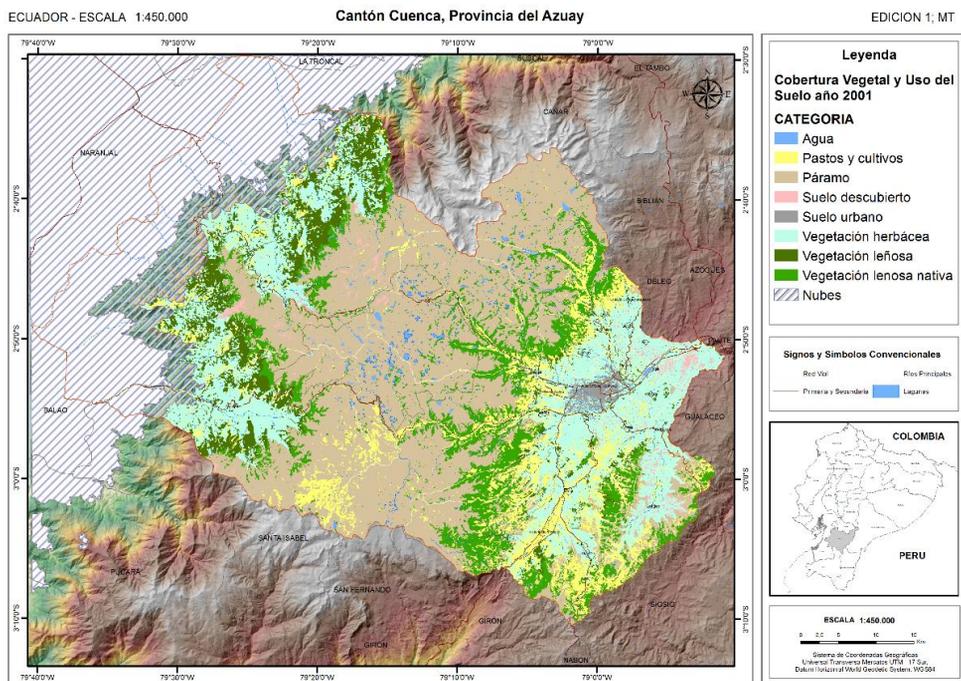
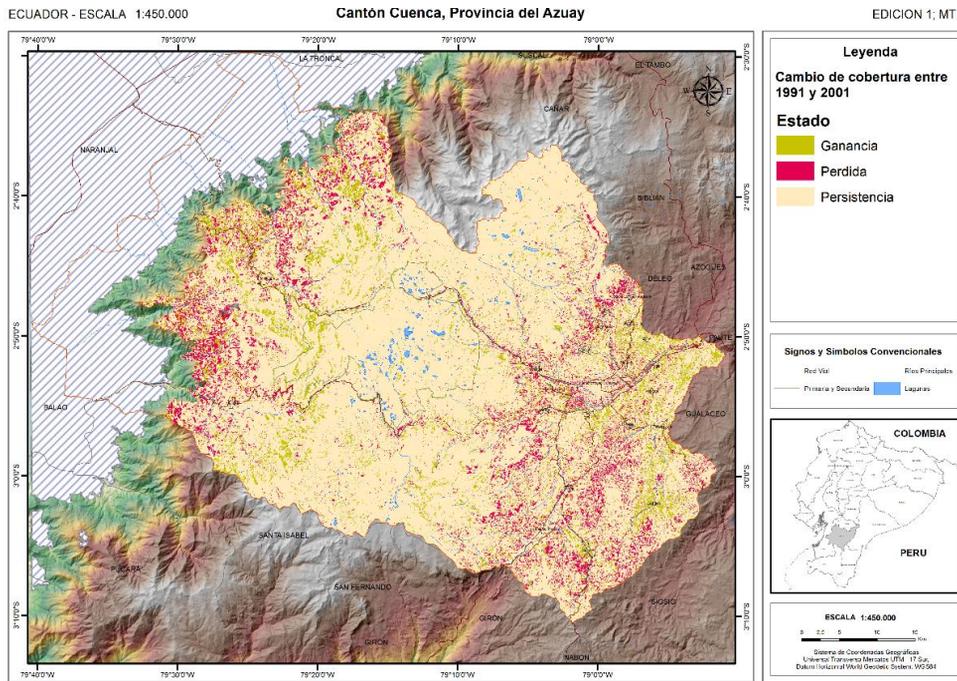


Figura 6: Mapa de la cobertura y uso del suelo al año 2001  
Fuente: Elaboración propia, 2015



**Figura 7:** Ganancias, Pérdidas y Persistencia de las categorías del uso de suelo  
**Fuente:** Elaboración propia, 2015

### 3.4. Aptitud del suelo

Previo a la construcción de los escenarios, es necesario la obtención del mapa de aptitud del suelo que servirá como insumo para la confección de los mapas de la prospectiva territorial. Para ello fue necesario definir variables, criterios y factores a los cuales se les procedió a aplicar matrices para su valoración; se determinaron cinco tipos de aptitud de suelo: conservación, agrícola, pecuaria, forestal y urbana.

Se utilizó matrices de ponderación de los factores para ser utilizados con los respectivos modelos, para la determinación de la aptitud del uso de suelo aplicando métodos multicriterio y técnicas de la Suma Lineal Ponderada (SLP) y Análisis del Punto Ideal (API) (Figura 8).

### 3.5. Prospección del uso de suelo

De acuerdo a la metodología aplicada, se observó que la tendencia de cambio del uso de suelo se mantiene. La cobertura de páramos continúa su tendencia de cambio a cobertura sin vegetación. La cobertura de pastos y cultivos permanecen en crecimiento incorporando áreas de páramo y vegetación leñosa y herbácea. Se puede observar que el tendencial al 2030 enuncia la intervención en zonas de protección a pesar de las restricciones con las que el territorio cuenta. El área urbana tiene un avance en pequeñas zonas donde se podría presumir de una consolidación, pero hay que considerar que la categoría de pastos y cultivos viene acompañada de una vivienda aislada y ésta categoría

tiene el mayor crecimiento dentro del territorio proyectado al futuro (Figura 9).

La información, base para la construcción de escenarios futuros, parte de los análisis históricos mientras el uso de las Cadenas de Markov y autómatas celulares son las más adecuadas para la construcción de escenarios de tendencia. En ambos se visibiliza procesos de deforestación, acelerado crecimiento urbano e incremento de áreas para uso agrícola y ganadero que generan incompatibilidades en la aptitud del territorio cantonal. En la Figura 10 se observa cómo es la tendencia de cambio en los modelos predictivos generados para el Cantón.

## 4. Conclusiones

Este trabajo ha permitido demostrar la evolución del cantón Cuenca, en relación con los cambios del uso de suelo durante el periodo 1991 y 2001 así como también la tendencia de cambio hacia el año horizonte 2030.

El cantón Cuenca ha experimentado numerosos cambios de forma intensa, en todo su territorio, asociados a la apertura de una red vial en muchos de los casos sin planificación. Esto se puede evidenciar al observar que la cobertura natural (páramo, vegetación leñosa y herbácea) presenta una pérdida de 49.066,3 hectáreas, entre el periodo 1991-2001, mientras que la categoría de pastos y cultivos tiene un incremento de 70.639 hectáreas, en este mismo periodo.

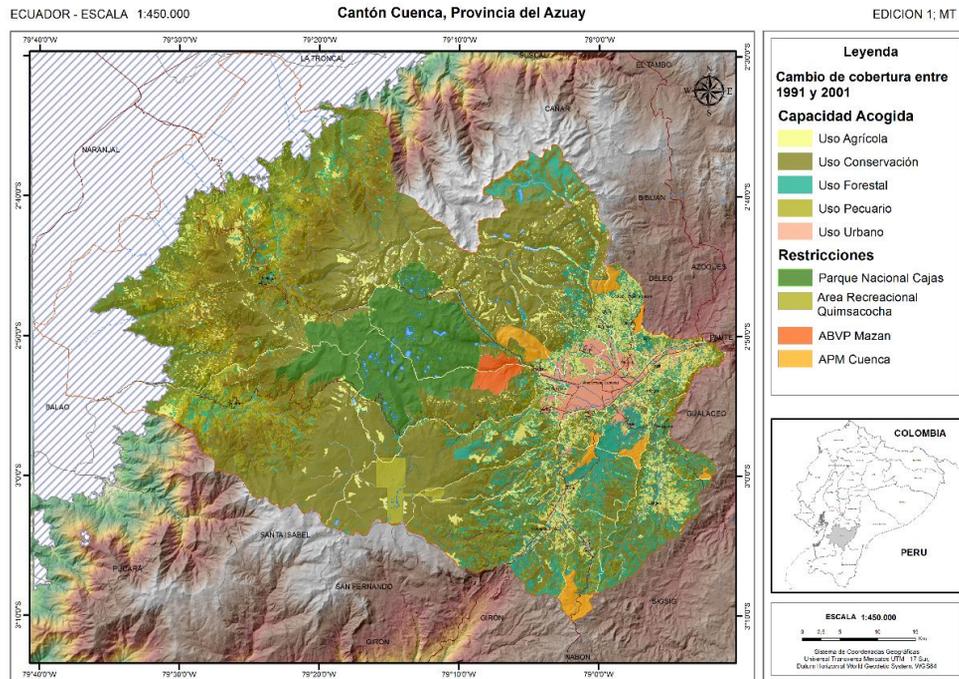


Figura 8: Aptitud del uso del suelo en conservación, agrícola, pecuario, forestal y urbano, aplicando la técnica EMO – Análisis del Punto Ideal – API  
 Fuente: Elaboración propia, 2015

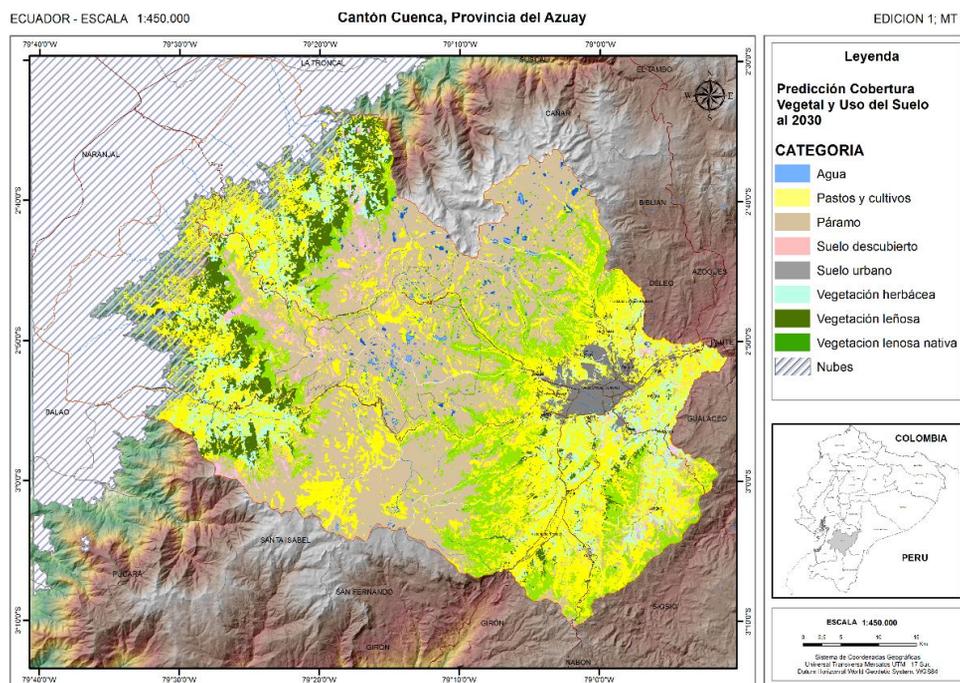
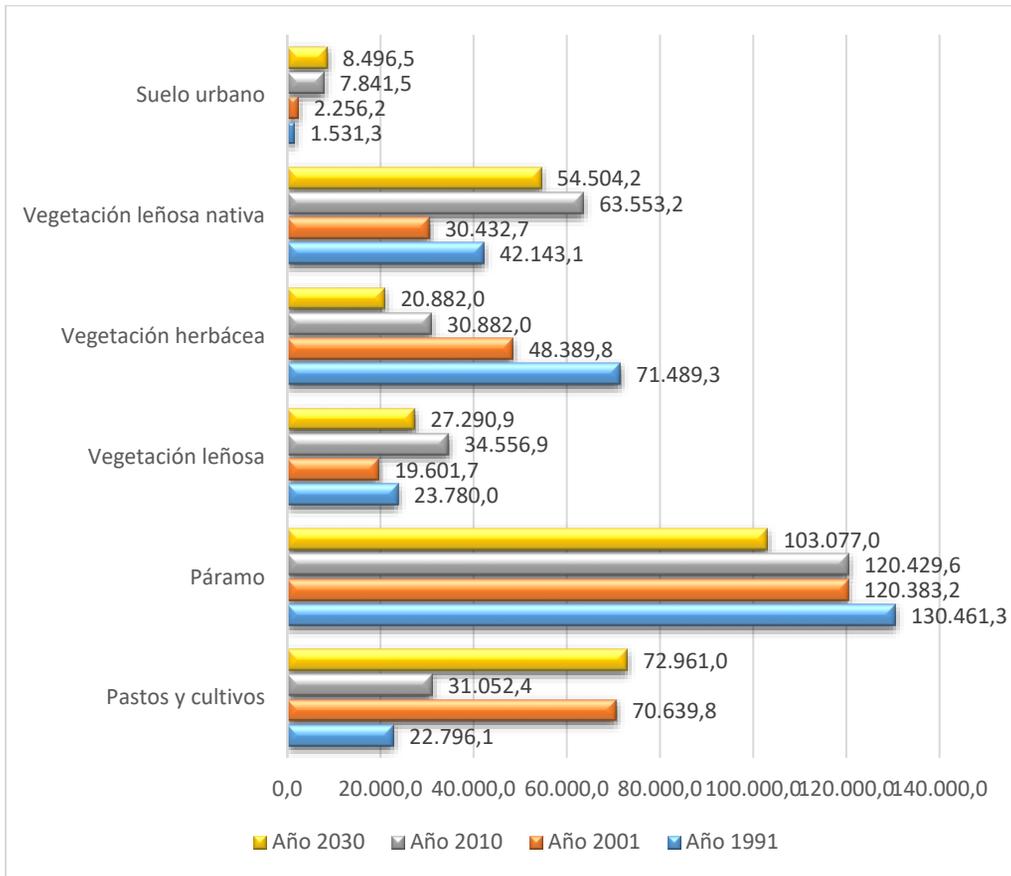


Figura 9: Modelo predictivo, al año 2030, del cambio del uso de suelo del cantón Cuenca  
 Fuente: Elaboración propia, 2015



**Figura 10:** Dinámica de cambio de superficie en las categorías de uso de suelo: 1991, 2001, 2010 y 2030

Fuente: Elaboración propia, 2015

Del análisis de los resultados (Figura 10), en la estimación de la tasa anual de cambio del uso de suelo, se observa que entre 1991 y 2001 la vegetación herbácea es la más afectada por el cambio, seguida de la vegetación leñosa nativa y la vegetación leñosa; todas con porcentajes negativos. Éstas son las categorías que más presión sufren en el proceso de cambio del uso de suelo. La categoría de pasto y cultivos es la de mayor crecimiento entre este periodo, incrementado de manera considerable su porcentaje de cambio.

La matriz de tabulación cruzada nos permite observar las categorías del uso de suelo que han manifestado cambio y hacia qué categorías han transitado, así como la persistencia que han experimentado tanto en hectáreas como en porcentajes con respecto al total.

El mapa de probabilidad hacia el año 2030 muestra la tendencia de cambio que se ha venido dando en el territorio. El crecimiento urbano y agro productivo sigue presionando sobre coberturas naturales, sin importar las restricciones o aptitudes que presenta el territorio. La disminución de categorías de suelo como vegetación herbácea, arbustiva y su cambio a categorías de pastos y vivienda dispersa, continúa de acuerdo a la proyección territorial.

El análisis de dinámicas de cambio de uso del suelo son complejos porque las variables que interactúan en esa relación son múltiples y para entender cómo afecta a los recursos, se deben conocer los procesos fundamentales en un contexto social, económico y espacial.

Las actividades del sector primario como la agricultura y ganadería tienen un proceso decreciente; esto se puede evidenciar con la pérdida de tierras agro-productivas que se transforman a zonas de tejido urbano discontinuo. Los espacios con vegetación arbustiva y/o herbácea son los que experimentan mayores cambios, con grandes pérdidas por el crecimiento de la mancha urbana continua y discontinua, la misma que no se consolida dentro los límites establecidos como urbanos, de acuerdo a la Ordenanza actual. La promoción inmobiliaria crece en torno a los nuevos ejes viales de comunicación debido a que el costo del suelo en estas áreas es mucho más bajo.

El crecimiento de esta mancha de tejido urbano discontinuo tiene un impacto directo sobre la biodiversidad del Cantón porque ocasiona la fragmentación de hábitats, la aparición de infraestructuras y de diferentes actividades cerca de áreas con alto valor ambiental y, por ende, la sobre explotación de los recursos naturales.

A pesar de todo ello, el cantón Cuenca sigue conservando un importante porcentaje de coberturas naturales. Bajo diversas figuras de protección, el reto de los gestores territoriales es asegurar la eficacia de las normativas vigentes y la creación de nuevas que sean capaces de proteger esta red ecológica de gran importancia para el aprovechamiento de servicios ambientales para el Cantón.

Es prioritario corregir las deficiencias causadas, durante décadas pasadas, por la falta de una correcta aplicación de la normativa, tanto en materia de ordenamiento urbano como ambiental. Es necesario dar solución a los problemas generados por errores cometidos en el Ordenamiento Territorial o a la falta de éste en algunos sectores, y apostar por un desarrollo que respete el medio natural.

No se debe olvidar que la vocación territorial del Cantón es la conservación ambiental, por contar aún con grandes extensiones de zonas de páramo y vegetación leñosa en la zona alta del territorio. Cuando las simulaciones del uso de suelo se corren en el límite máximo del horizonte temporal (2030), el comportamiento es el tendencial; es decir, crecimiento del tejido urbano discontinuo, desplazamiento de áreas agro-productivas a zonas más altas y disminución de coberturas naturales.

Como citar este artículo/How to cite this article:  
Pinos, N. (2016). Prospektiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el Ordenamiento Territorial - Caso cantón Cuenca. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 5(9), 7-19. doi:10.18537/est.v005.n009.02

## Bibliografía

- Camacho Olmedo, M.T., Molero Melgarejo, E. & Paegelow, M. (2010). Modelos geomáticos aplicados a la simulación de cambios de usos del suelo. Evaluación del potencial de cambio. En Ojeda, J., Pita, M.F. & Vallejo, I. (eds), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos* (pp. 658-678). Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Cárdenas, A. (2005). *Prognosis espacial y análisis multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo del cantón Baños (1991-2004), Tasas de cambio*. Quito: EcoCiencia.
- Chuvieco, E. (2000). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid: Ediciones RIALPI.
- Chuvieco, E. (2007). *Teledetección Ambiental, La Observación de la Tierra desde el espacio*. 3ra ed. Madrid: Editorial Ariel.
- Gómez Delgado, M. & Barredo Cano, J. (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio aplicados al ordenamiento del territorio*. 2da ed. Madrid: Editorial Ra-Ma.
- Gómez Orea, D. & Gómez Villarino, A. (2013). *Ordenación del Territorio*. 3ra ed. Madrid: Editorial Mundi Prensa.
- INEC. (2015). *Una Mirada Histórica a la Estadística del Ecuador*. Recuperado el 2 de enero de 2016 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/docume>ntos/web-inec/Bibliotecas/Libros/INEC\_Historia\_Censos .pdf
- Liévano, F. (2011). *Análisis de dinámicas urbanas y su impacto en el desarrollo sostenible por medio de simulación* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Mejía, V. (2014). *El Proceso de urbanización en Cuenca, Ecuador* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña.
- Ministerio del Ambiente. (2007). *Estimación de la Tasa de Deforestación del Ecuador continental*.
- Moreno Jiménez, A. (2006). *Sistemas y análisis de la información geográfica, manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. 2da ed. Madrid: Editorial Ra-Ma.
- Moreno Santillán, R. (Abril, 2013). *Calculo de la tasa de deforestación anual en el periodo 2001-2011 en la provincia de Tambopata con imágenes de NDVI (MOD13) de MODIS, mediante relación de ajuste de recta*. Trabajo presentado en Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Paegelow, M., Camacho Olmedo, M. T. & Menor Toribio, J. (2003). Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje. *GeoFocus*, (3), 22-44.