

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

Pinos Arévalo Nancy Jaqueline¹

¹ Universidad de Cuenca, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.
Consultora de ECOARQ, Libre Ejercicio.
Cuenca/ Azuay/ Ecuador
nancy.pinos@ucuenca.edu.ec, nancy.pinos@gmail.com

RESUMEN

La planificación tradicional es básicamente retrospectiva, los objetivos que se persiguen son determinados por lo que sucede en el presente y han sucedido en el territorio donde se planifica. La prospectiva o construcción de escenarios, es un análisis para explorar un conjunto de alternativas respecto al futuro, ayudando a la sociedad a comprender cómo las acciones que hoy tomamos, pueden influir en el futuro de los territorios. Se plantea la construcción de escenarios territoriales, sobre la base del diagnóstico de la situación actual del cantón Cuenca, los modelos de cambio de uso del suelo son una herramienta para conocer las dinámicas en el sistema territorial, y ayudan a establecer los patrones de cambio de uso determinados por variables biofísicas, socioeconómicas y espaciales, explorar posibles escenarios y evaluar la influencia de políticas de uso de la tierra y modificarlas en beneficio de un ordenamiento territorial. El estudio aborda el análisis de los cambios de uso del suelo entre el periodo 1991 al 2001, así como la realización de modelos de simulación de usos del suelo a futuro (año 2010 y 2030) a través de imágenes satélites Landsat utilizando Tecnologías de Información Geográfica.

Palabras clave: **Análisis multitemporal, cambios de uso del suelo; dinámicas de cambio, ordenación del territorio, planificación.**

ABSTRACT

Traditional planning is basically retrospective, the objectives pursued are determined by what happens in the present and have happened in the territory where it is planned. The prospective or construction of scenarios is an analysis to explore a set of alternatives regarding the future, in which the society to help understand how the actions we take today can influence the future of the territories. The construction of territorial scenarios, through the diagnosis of the current situation of the canton Cuenca, land use change models are a tool to know the dynamics in the territorial system, help to establish the patterns of change of use 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 model of land use change (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.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el Ecuador ha experimentado fuertes cambios en su cobertura vegetal natural y de uso del suelo, el avance de la frontera agrícola, un acelerado y desordenado crecimiento de las áreas urbanas, la presión que éstas ejercen sobre el territorio, ha provocado que se sacrifiquen tierras con potencial agrícola, convirtiendo suelo rural en urbano, el desplazamiento de áreas de cultivos y ganaderas se desplacen en 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 de uso del suelo tienen como consecuencia el agotamiento de la biodiversidad que 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 conocer 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 de uso del suelo son complejas, ocasionando cambios inesperados en la estructura y funcionalidad del ambiente, y en consecuencia poniendo 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, que pueden construir un futuro mejor tomando las decisiones correctas en el momento apropiado. En 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, escenarios alternativos de futuros posibles y métodos para transformar los deseos y conocimientos objetivos que sirvan para guiar las actuaciones. Requiere de una 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 ahí 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 ahí 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 del suelo de una manera intensa y extensa en su espacio territorial. Así como en las parroquias rurales de Paccha, Sinincay, Sayausí, El Valle Ricaurte, 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 del suelo, visto como un sistema complejo. El objeto de este estudio 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 del suelo y por dinámicas complejas de ocupación y competitividad.

A. ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica entre las coordenadas 672 264,126 N - 9 722 625,52 E y 719 142,103 N - 9 648 830,512 E; pertenece a la provincia del Azuay y se ubica en la Región Centro Sur de la República del Ecuador. 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, Gualaceo y Sigsig, y al oeste con la provincia del Guayas. Comprende 375.443,11 hectáreas, y representa el 41% del territorio provincial y el 1,32% del nacional.

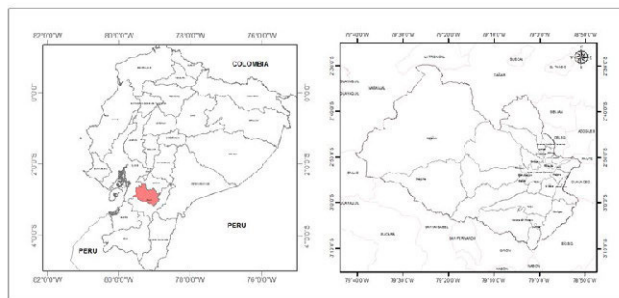


Figura 1. Ubicación geográfica del cantón

Políticamente, 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 que corresponden al área rural.

El territorio se caracteriza por una gran heterogeneidad ambiental, debida a su accidentada topografía, definiendo una variedad de paisajes diversos y complejos, se encuentra el Parque Nacional El Cajas y el Área Nacional de Recreación Quimsacocha que comprende 29.389 ha y 3.204,3 ha respectivamente; y que representan el 9% del territorio, las áreas y bosques protectores cubren el 47% del territorio; con 4 cuencas hidrográficas, la del Santiago (52,4%), Jubones (0,23%), Naranjal-Pagua (26,4%) y Cañar (21%).

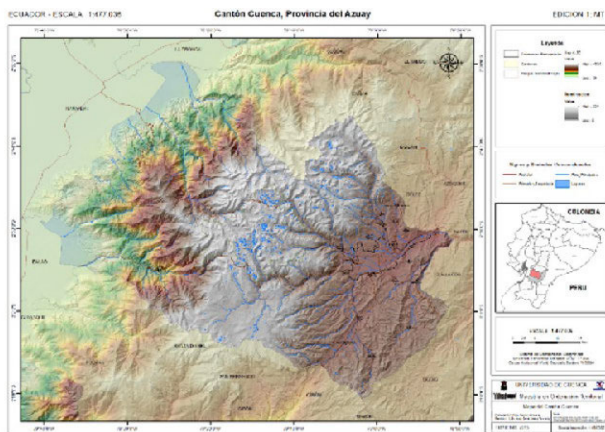


Figura 2: Mapa base del cantón Cuenca

Para el año 2010, Cuenca tenía una población de 505.585 habitantes, de los cuales el 98% se ubica 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 tuvo la ciudad de Cuenca a inicios de la colonia hasta mediados del siglo XX fue bastante lento, en 1950 se realiza el primer censo en el cual se determina que la ciudad tenía 50 mil habitantes comparados con los 35 mil contabilizados en 1885, dando un crecimiento del 4% anual (Mejía, V. 2014).

TABLA I
EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y DENSIDAD DE CUENCA, 1950-2010.

| AÑO | POBLACIÓN | SUPERFICIE HECTÁREAS | 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 |

La misma información la podemos observar en la figura No. 3.

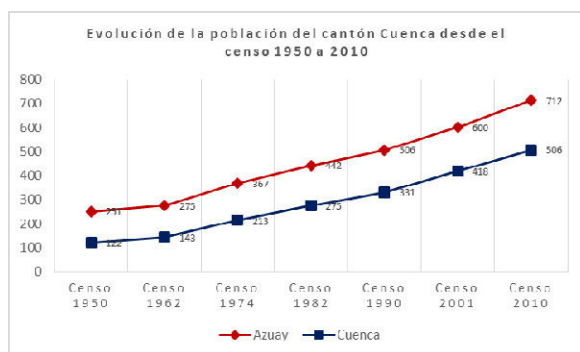


Figura 3. Evolución de la población del cantón Cuenca

El territorio ha experimentado gran presión por el uso del suelo en los últimos cuarenta años, como ha ocurrido en el resto del país. Se observan distintas tendencias en el uso del 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 de uso del suelo a nivel nacional podemos observar que este se centra en la pérdida

de vegetación boscosa por otro tipo de cobertura, dando un valor de 200.000 ha/año (MAE, 2007)

El acelerado crecimiento desordenado que se ha dado en los últimos 20 años en zonas circundantes al área urbana, ha provocado la disminución de los suelos productivos del cantón, los mismos que han soportado una fuerte presión por fraccionamiento, reduciendo el área con potencial productivo y que 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 que tienen a cargo estos servicios, de igual manera la pérdida de zonas boscosas que favorecían la protección ante diferentes amenazas naturales han sido reemplazadas por viviendas dispersas y actividades agrícolas y una ganadería de subsistencia en la gran parte del territorio cantonal.

Al año 2010, el 26% del territorio presente una cobertura natural y el 52% a uso agro productivo y el 21% 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, indica que 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 multitemporal que realizan entre los años 1987, 2002 y 2010, demuestran una disminución del 30% de la cobertura vegetal en un periodo de 23 años, que a la vez éstas mismas incrementan en un 29,69% de las 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, información proporcionada por el Ministerio del Ambiente, en el cual se puede observar la disminución de áreas naturales y el incremento de suelos con usos agrícolas, pecuarios y urbanos, dando un 18,24% de cambio en su cobertura en un periodo de 13 años.

II. MÉTODO

Se realizó la recopilación de información cartográfica 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.

Se contó con imágenes satélites descargadas del Servicio Geológico de los Estados Unidos o USGS por sus siglas en inglés (United States Geological Survey), correspondientes al sensor Landsat 5 y 7, de los años 1991 y 2001 respectivamente. A estas imágenes se les realizó un procesamiento digital con el objetivo de contar con las características adecuadas para los diferentes análisis.

Para el análisis multitemporal se empleó modelos de simulación (Automatas celulares de cadenas de Markov CA_MARKOV y el Land Change Modeler -LCM), en base al análisis histórico o multitemporal (cadenas de Markov), en la cobertura y uso del suelo del cantón. 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 de estos debe tener criterios en base a los factores que posibilitan su aptitud y también se identificaron algunas restricciones tanto morfológicas como ecosistémicas.

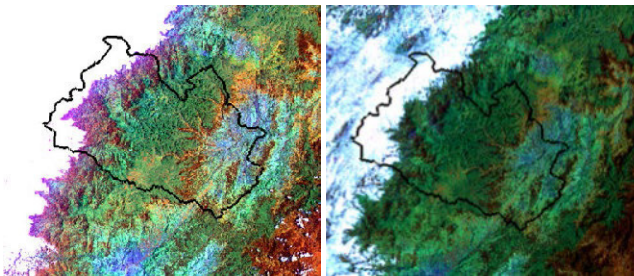


Figura 4: Imágenes de Satélite Landsat usadas para la investigación. a: Imagen Satélite Landsat5, P10R62, capturada el 15 de octubre de 1991. b: Satélite Landsat7, P10R62, capturada el 3 de noviembre de 2001

Los escenarios a futuro generados, demuestran la misma tendencia de cambio de uso del suelo. La probabilidad de cambio de las categorías con vegetación natural a uso productivo es mayor al 60%, es decir que la tendencia es la misma, igual sucede con el uso urbano viéndose un posible incremento de su área dentro del territorio cantonal.

De acuerdo a la evaluación multicriterio - EMC, se construyó un modelo de aptitud de suelo para zonas de conservación, agrícola, pecuaria, forestal y urbana. En la cual se determinaron los factores que posibilitan esta aptitud territorial para cada nivel de uso.

Entre ellos se estableció; uso del suelo actual, pendientes, clases agrológicas, distancia a vías, distancia a la red de agua potable y alcantarillado. Seguido de eso se elaboró una matriz de evaluación de cada uno de los factores o criterios y luego una matriz de puntuación o pesos. De esta manera se define las condiciones que favorecen a cada uno de los niveles de uso establecidos.

Luego se aplicó la técnica de Saaty, que no es más que la ponderación por pesos a cada uno de los niveles de uso y finalmente se aplicó la técnica de Suma Lineal Ponderada -SLP; esta técnica realiza una suma de los resultados de cada uno de los factores ya ponderados y jerarquizados y determina espacialmente las áreas que cumplen estas condiciones previamente establecidas.

La técnica de Análisis de Punto Ideal - API, que se base en el cálculo de la distancia desde cada alternativa al punto ideal. Las más cercanas son las más aptas, mientras que las más distantes serán las más desfavorables para ese nivel de uso.

A cada uno de estos se aplican las restricciones o limitaciones territoriales y así establecemos un modelo óptimo para la ordenación de las actividades en el territorio cantonal.

III. RESULTADOS

A. COBERTURA VEGETAL Y USO DEL 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, un 11,5% de vegetación leñosa nativa, el 6,5% de vegetación leñosa, la categoría de pastos y cultivos presenta un 6,2% y el suelo urbano un 0,4%.

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

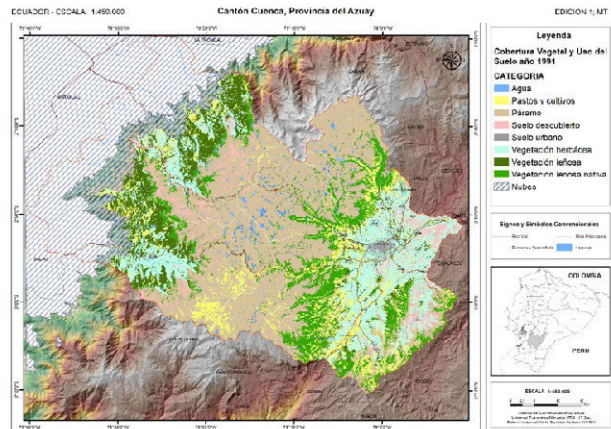


Figura 5: Mapa de la cobertura y uso del suelo al año 1991

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%.

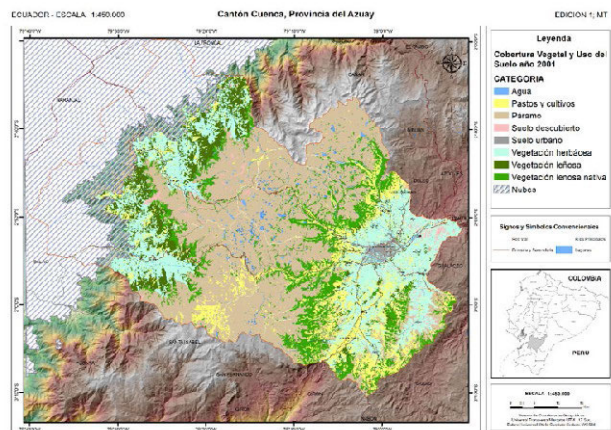


Figura 6: Mapa de la cobertura y uso del suelo al año 2001

B. CAMBIOS OCURRIDOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL 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 tabla No. 2 se muestra un resumen de los cambios entre el uso del suelo en 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 bosque altoandinos, que a diferencia de la vegetación leñosa que corresponde a arbustos, matorrales o chaparro que se ubica en las estribaciones de la cordillera occidental; el área de pastos y cultivos que incluyen parcelas de cultivos de ciclo corto y anuales, también se encuentran en esta categoría zonas de pasto; el área urbana con un 0,4% del total cantonal, el 18,9% restante corresponde a la cobertura de nubes.

Para el año 2001 la superficie de páramo se ha reducido a un 32,8%, la misma tendencia presenta la vegetación leñosa nativa con 8,3%, vegetación leñosa con el 5,3%,

La categoría de pastos y cultivos presenta un incremento al 19,3% al igual que el suelo urbano al 0,3%

Se puede observar el crecimiento de la categoría de pastos y cultivos casi se ha triplicado en un periodo de 10 años; presentando 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 que evidencian el proceso de transición a otras coberturas; y un crecimiento del área urbana con una 724 hectáreas.

La estimación de la tasa anual de cambio se calculó a partir de la superficie de cada categoría, aplicando la fórmula descrita anteriormente; expresa la mayor o menor intensidad de las dinámicas de cambio en las coberturas de suelo en el cantón entre el periodo de los años 1991 y 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%, vegetación leñosa con -1,9%.

TABLA II
TASA DE CAMBIO POR COBERTURA EN EL CANTÓN CUENCA ENTRE 1991 Y 2001

| n=10 años | S1 (Año 1991) | S2 (Año 2001) | S (%) |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| COBERTURA | SUPERFICIE (%) | SUPERFICIE (%) | TASA ANUAL CAMBIO |
| Agua | 0,6% | 0,6% | 0,2% |
| Pastos y cultivos | 6,2% | 19,3% | 12,0% |
| Páramo | 35,6% | 32,8% | -0,8% |
| Suelo descubierto | 0,9% | 1,0% | 1,3% |
| Vegetación leñosa | 6,5% | 5,3% | -1,9% |
| Vegetación herbácea | 19,5% | 13,2% | -3,8% |
| Vegetación leñosa nativa | 11,5% | 8,3% | -3,2% |
| Suelo urbano | 0,4% | 0,6% | 4,0% |
| TOTAL | 100% | 100% | |

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, lo que nos indica que la mayoría de cambios se presenta en estas coberturas.

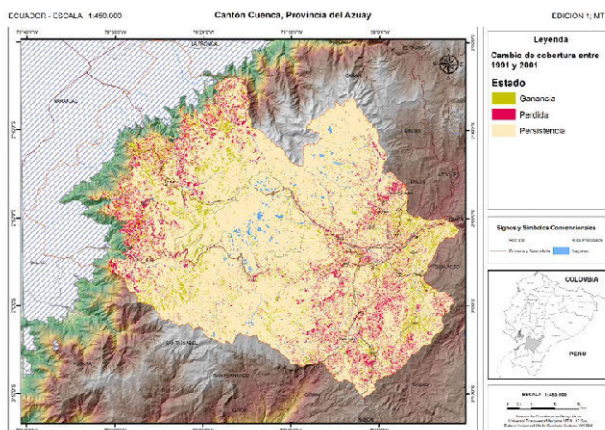


Figura 7: Ganancias, Pérdidas y Persistencia de las categorías de uso del suelo

La categoría de pasto y cultivos es la que mayor crecimiento presenta, en 1991 con 22.796,1 ha y para el año 2001 se incrementa a 70.639,8 ha, 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, es decir, agua, suelo descubierto y suelo urbano, presentaban para 1991 un total de 6.877,8 ha y en el 2001 presenta 8.100 ha, con una tasa de cambio del 1,6% anual.

C. MODELO PROSPECTIVO DE LA COBERTURA VEGETAL PARA EL AÑO 2010 Y 2030

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

Para la construcción del modelo al año 2030 se consideraron 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.

D. APTITUD DEL SUELO

Previo a la construcción de los escenarios, es necesario la obtención del mapa de aptitud del suelo, el mismo que sirve 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 procedió a aplicar matrices para su valoración. Se definió cinco tipos de aptitud de suelo: conservación, agrícola, pecuaria, forestal y urbana.

Para el territorio cantonal se han establecido cinco niveles de uso (Gómez 2013): conservación, agrícola, pecuario, forestal y urbano. En cada nivel de uso se determinan unos factores que mejor condición presentan para un determinado uso.

TABLA NO. III
CRITERIOS FACTORES PARA USO DE CONSERVACIÓN, AGRÍCOLA, PECUARIO, FORESTAL.

| CRITERIO | FACTORES | | | |
|---|--------------------------------|---|---|--|
| | Conservación | Agrícola | Pecuario | Forestal |
| Cobertura vegetal y uso del suelo | Zonas ambientalmente sensibles | Zonas de uso agrícola | Zonas de uso pecuario | Zonas de uso forestal |
| Topografía del terreno (Pendiente porcentaje) | Susceptibilidad a la erosión | Condiciones favorables para actividades agrícolas | Condiciones favorables para actividades pecuarias | Condiciones favorables para actividades forestales |
| Clases agro-lógicas | Aptitud de conservación | Aptitud para actividades agrícolas | Aptitud para actividades pecuarias | Aptitud para actividades forestales |
| Altitud | Preservación de ecosistemas | | | |

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

TABLA NO. IV
CRITERIOS: FACTORES PARA USO URBANO

| CRITERIO | FACTOR |
|---|--|
| Cobertura vegetal y uso del suelo | Zonas adecuadas para uso urbano |
| Topografía del terreno (Pendiente porcentaje) | Aptitud de asentamientos humanos en pendientes inferiores al 30% |
| Proximidad a carreteras | Accesibilidad |
| Proximidad a asentamientos humanos | Expansión urbana |
| Proximidad a servicio de agua potable | Dotación de servicio de agua potable |
| Proximidad a servicio de alcantarillado | Eliminación de aguas residuales |

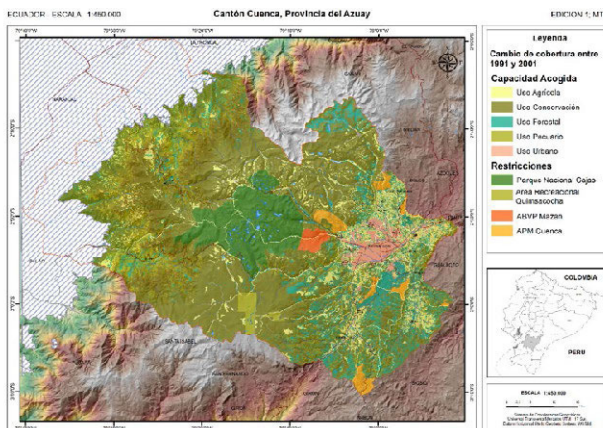


Figura 8: Aptitud del uso del suelo en conservación, agrícola, pecuario, forestal y urbano, aplicando la técnica EMO - Análisis del Punto Ideal - API.

E. PROSPECTIVA DEL USO DEL SUELO

De acuerdo a la metodología aplicada, se observó que la tendencia de cambio de uso del 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 suponer de una consolidación, pero hay que considerar la categoría de pastos y cultivos viene acompañada de una vivienda aislada y ésta categoría tiene el mayor crecimiento dentro del escenario próximo.

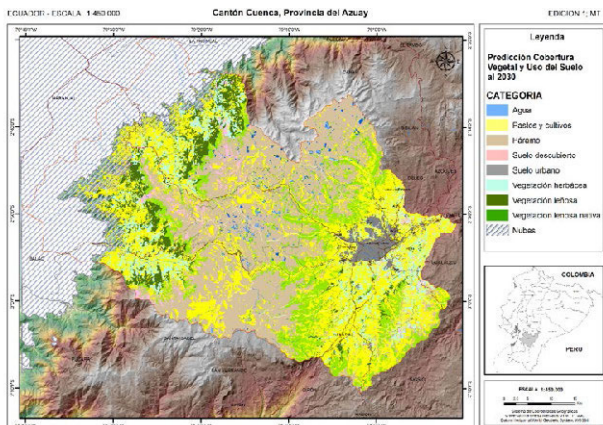


Figura 9: Modelo predictivo al año 2030 del cambio de uso del suelo del cantón Cuenca

La información base para la construcción de escenarios futuros parten de los análisis históricos, 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 y el incremento de áreas para uso agrícola y ganadero, generando las incompatibilidades en la aptitud del territorio cantonal.

En la siguiente ilustración se observa como es la tendencia de cambio en los modelos predictivos generados para el cantón.

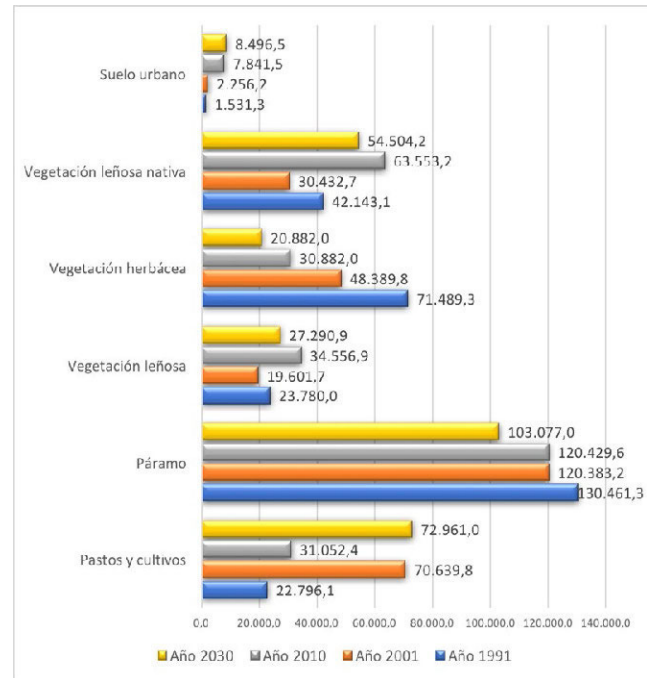


Figura 10: Dinámica de cambio de superficie en las categorías de uso del suelo en 1991, 2001, 2010 y 2030

IV. CONCLUSIONES

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

El cantón Cuenca ha experimentado numerosos cambios en todo su territorio de forma intensa y 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.

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

La matriz de tabulación cruzada nos permite observar las categorías de uso del suelo que han manifestado cambio y hacia

que categorías han transicionado, 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 agropositivo 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.

Los análisis de dinámicas de cambio de uso del suelo son complejos, 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, lo que se puede evidenciar con la pérdida de tierras agropositivas 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 de 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,

ya que ocasiona la fragmentación de hábitats y 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 que tienen 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. Apostar por un desarrollo que respete el medio natural.

No hay que olvidar que la vocación territorial del cantón es la conservación ambiental, por contar aún con grandes extensiones de zonas de páramo y vegetación leñosa que se ubican en la zona alta del territorio. Cuando las simulaciones de uso del 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 agropositivas a zonas más altas y disminución de coberturas naturales.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado como tema de investigación en la Maestría en Ordenación Territorial por la Universidad de Cuenca, la autora reconoce las contribuciones al Magister Boris Vélez, director de esta tesis de investigación.

REFERENCIAS

- Barredo Cano, J. I. (1996): *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, Ed. RA-MA.
- Baquero, F.; Sierra, R.; L. Ordóñez, M. Tipán, L. Espinoza, M. B. Ribera y P. Soria. (2004). "La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras". EcoCiencia / CESLA / Corporación EcoPar / M AG SIGAGRO / CDC - Jatun Sacha / División Geográfica - I G M. Quito.
- Buzai, G.D., Baxendale, C.A., 2006. *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Editorial GENEPA. Buenos Aires, Argentina. 397 pp.
- Buzai, G.D. (2007). Actualización de cálculos y distribuciones espaciales a través de cadenas de Markov y autómatas celulares: Pérdida de suelos en el área metropolitana de Buenos Aires - 2001. En: Matteucci, S.D. (Ed.) *Panorama de la Ecología de Paisajes en Argentina y Países Sudamericanos*. Ediciones INTA. Buenos Aires. pp. 433-450.
- Bosque, J. (2001). 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.
- Camacho Olmedo, M.T., Molero Melgarejo, E. y 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. 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. 658-678. ISBN: 978-84-472-1294-1.
- Cárdena s, A., (2005), "Prognosis espacial y análisis multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo del cantón Baños (1991 - 2004), Tasas de cambio", EcoCiencia, Quito, Ecuador, 2005.
- Clavero, I., Santos, M., Navarro, R., Guerrero, J.J., Cáceres, F. Moreira, J.M. (2010): Implementación de un sistema de escenarios futuros sobre el mapa de usos de suelo de Andalucía. 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. 759-776. ISBN: 978-84-472-1294-1.
- GADM Cuenca, (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca*. Cuenca, Ecuador.

- Chuvieco Salinero, E. (2007): Teledetección Ambiental. Barcelona, Ariel Ciencia, 3ª Edición.
- Chuvieco, E. (2000): Fundamentos de Teledetección Espacial, 3ra. Edición revisada. Madrid. RIALPI Ciencia, 568 pág.
- Chuvieco, E. (2007): Teledetección Ambiental, La Observación de la Tierra desde el espacio, 3ra. Edición. Madrid. Ariel Ciencia, 586 pág.
- Gallardo Beltrán, M. (2014). Cambios de usos de suelo y simulación de escenarios en la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia. Departamento de Geografía Humana.
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J. I. (2005). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio aplicados al ordenamiento del territorio. Paracuellos de Jarama, Editorial Ra-Ma, 2º Edición.
- Gómez Orea, D., Gómez Villarino, A. (2013). Ordenación del Territorio. Madrid. Ed. Mundi Prensa. 3º Edición.
- Glosario, Sistemas y análisis de la información geográfica, manual de autoaprendizaje con ArcGIS, RA-MA Editorial, Madrid, 2006, Pág. 884
- Mejía, V. (2014). El Proceso de urbanización en Cuenca, Ecuador. Tesis Master Universitario en Gestión, Valoración Urbana. Universidad Politécnica de Cataluña. 88 pág.
- Moreno Jiménez. (2006). Sistemas y análisis de la información geográfica, manual de autoaprendizaje con ArcGIS, RAMA Editorial, Madrid, Pág. 4
- Moreno Santillan, R. (2013). Calculo de la tasa de deforestación anual en el periodo 2001-2011 en la provincia de Tambopata con imágenes de NDVI (MODI3) DE MODIS, mediante relación de ajuste de recta. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE
- Paegelow, M., Camacho Olmedo, M. T. y Menor Toribio, J. (2003): Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje, GeoFocus (Artículos), nº 3, 2003, p. 22-44. ISSN: 1578-5157.
- Pinilla, C. (1995): Elementos de Teledetección. Madrid. RAMA, 313 pág.
- Rubio Blanco, D. (2012). Tesis Doctoral: Diseño de un modelo metodológico para la fase de prospectiva en los estudios de ordenamiento territorial y su aplicación a algunos casos centroamericanos. Departamento de Proyectos y Planificación Rural. Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ruiz, V., Savé, R., Herrera, A. 2013. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 - 2011. Ecosistemas 22(3):117-123. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-3.16.
- Universidad Santiago de Compostela. Curso de Doctorado. Análisis Territorial. Planificación de usos del suelo. URL: [http://laborate.usc.es/files/analisis-territorial-planificacion-usos-de-suelo-apuntes-curso-doctorado.pdf]
- Universidad Santiago de Compostela. (2014). Practica 1: Aplicación de regresión logística, Cadenas de Markov y autó-mata celular para la simulación del cambio de uso del suelo. Convenio ECUIDTI - MASTERRA.
- Universidad Santiago de Compostela. (2014). Practica 3: Evaluación de la aptitud de la tierra para usos específicos mediante técnicas de evaluación multicriterio. Convenio ECUIDTI - MASTERRA.
- Universidad Santiago de Compostela. (2014). Practica 4: Diseño de mapas de usos del suelo mediante evaluación multicriterio y algoritmos de optimización espacial. Convenio ECUIDTI - MASTERRA.
- Tello, E., R. Garrabou, X. Cussó y J. Olarieta. (2008). Una interpretación de los cambios de uso del suelo desde el punto de vista del metabolismo social agrario. La comarca catalana del Vallés, 1853-2004. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 7: 97-115.
- Sarría Pablo, Y., Becerra Lois, F., (2006). Un estudio prospectivo aplicado al ordenamiento del territorio de la provincia Cienfuegos. Gestión Ambiental y Sostenibilidad. Revista Gestipolis. Online URL: [http://www.gestipolis.com/canales6/ger/estudio-de-ordenamiento-territorial.htm]