



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**“ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y GENERACIÓN DEL ESCENARIO
PROSPECTIVO DE CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO
EN EL PARQUE NACIONAL LLANGANATES”**

VÍCTOR HUGO BERNIS LLANOS

FRANZ ELHI BETANCOURT VALDIVIESO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Proyecto de Grado "ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y GENERACIÓN DEL ESCENARIO PROSPECTIVO DE CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO EN EL PARQUE NACIONAL LLANGANATES", fue desarrollado en su totalidad por los señores: Víctor Hugo Bernis Llanos y Franz Elhi Betancourt Valdivieso, bajo nuestra dirección.

Atentamente

Ing. M.B.A. Iván Medina.
DIRECTOR

Ing. M.Sc. Myriam Fernández
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO:

A la Fundación de Estudios Ecológicos "ECOCIENCIA", por su confianza y apoyo incondicional que depositó en nosotros para la ejecución de este proyecto. De manera especial a Marco Robles, Jaime Camacho, Marco Tipan, Jorge Campaña y Galo Medina.

Al Departamento de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos "ECOSIG" en el cual encontramos a compañeros y amigos: Adriana Cárdenas, Cristian Martínez, Paola Maldonado, Francis Baquero, Gioconda Remache, Verónica Bohórquez, María Belén Rivera, Karla Beltrán, Marcela Alvarado, Jaime Molina y Gabriela Riofrío gracias por sus consejos, motivación permanente y sobretodo por su amistad.

A la Escuela Politécnica del Ejército por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente.

A nuestros profesores, por sus conocimientos y experiencias recibidas.

A todos nuestros camaradas de aula por compartir momentos importantes en el desarrollo de nuestra carrera universitaria.

Víctor Hugo Bernis Llanos

Franz Betancourt

DEDICATORIA:

A DIOS, por ser lo más grande de este universo y por ser testigo de su existencia y presencia en este, nuestro mundo.

A mis padres, por su verdadero ejemplo de Liderazgo y Amor para con nosotros.

A mis hermanos por compartir momentos maravillosos que nunca los olvidare.

A la gente que trabaja silenciosamente, que siempre lucha y se esfuerza por ser mejor cada día y el cual esta reflejado en mis amigos de la vida.

Víctor Hugo Bernis Llanos

DEDICATORIA:

Para Dios por darme la oportunidad de vivir, y por haber puesto en mi camino a las personas indicadas en el momento justo.

Para mis padres Elhi y Betty porque me lo dieron todo y apostaron en mí siempre.

Para toda mi Familia, mis hermanos Alexander y Maria Daniela y para mis primos porque siempre sentí su cariño como si fueran mis hermanos, fueron mi fuerza e inspiración, y espero que yo sea su guía para que ellos también alcancen sus metas.

Para mis amigos especialmente César, Marco, José Luís, Pablo y Lenín, por compartir conmigo durante estos últimos años.

Para todos los que siempre estuvieron apoyándome en silencio, no quiero olvidarme de ninguno, muchas gracias.

Franz

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO 1

1.1 UBICACIÓN 1

1.2 IMPORTANCIA 2

1.3 ZONA DE ESTUDIO Y DE AMORTIGUAMIENTO 5

CAPITULO II

MARCO TEORICO 8

2.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL 8

2.1.1 Definiciones importantes 8

2.1.2 Tratamiento y Procesamiento Digital de Imágenes 12

2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA 21

2.2.1 Tratamiento de la Información Secundaria 21

2.2.2 Mapeo de la Información Secundaria 22

2.3 GENERACIÓN DEL MODELO A FUTURO DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES 23

2.3.1 Análisis de las Cadenas de Markov 23

2.3.2 Matriz de Transición 25

2.3.3 Evaluación Multicriterio y Multiobjetivo 26

2.4 ANÁLISIS DE ESCENARIOS 26

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO III | |
| METODOLOGÍAS Y MÉTODOS | 28 |
| 3.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIOS DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL | 28 |
| 3.1.1 Generación de la Cartografía Base | 30 |
| 3.1.2 Obtención, tratamiento e interpretación de imágenes satelitales | 31 |
| 3.1.3 Comprobación de campo y ajuste de uso del suelo y cobertura vegetal actual | 34 |
| 3.1.4 Homogenización de leyendas de uso del suelo y cobertura vegetal para los períodos de estudio | 35 |
| 3.1.5 Definición multitemporal de los cambios en el uso del suelo y cálculo de tasas de cambio | 36 |
| 3.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA | 38 |
| 3.2.1 Recopilación de Información Secundaria | 38 |
| 3.2.2 Procesamiento de la Información | 39 |
| 3.2.3 Mapeo de la Información | 40 |
| 3.3 GENERACIÓN DEL ESCENARIO PROSPECTIVO DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL | 41 |
| 3.3.1 Cadenas de Markov | 42 |
| 3.3.2 Evaluación Multicriterio y Multiobjetivo | 45 |
| 3.3.3 Variables de análisis | 46 |
| 3.3.4 Validación | 48 |
| 3.4 ANÁLISIS DE ESCENARIOS | 50 |
| 3.4.1 Análisis de los cambios producidos en los períodos de estudio | 52 |
| 3.4.2 Determinación de las zonas críticas en el área de estudio | 52 |
| CAPITULO IV | |
| RESULTADOS | 54 |
| 4.1 MAPAS DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL PARA LOS PERÍODOS DE ESTUDIO | 54 |

| | |
|---|----|
| 4.2 TASAS DE CAMBIOS OCURRIDOS SOBRE EL USO DEL SUELO Y LA COBERTURA VEGETAL | 54 |
| 4.3 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS EN LOS PERÍODOS DE ESTUDIO | 64 |
| 4.4 ANÁLISIS DEL MODELO PROSPECTIVO 2011 | 66 |
| 4.5 ZONAS CRÍTICAS IDENTIFICADAS A PARTIR DEL MODELO PROSPECTIVO | 71 |
| 4.6 DIAGNÓSTICO DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES | 73 |
| 4.6.1 Sistema Político – Administrativo | 76 |
| 4.6.2 Sistema Biofísico | 78 |
| 4.6.3 Sistema Socioeconómico | 79 |
| 4.7 PERSPECTIVA TERRITORIAL | 86 |

CAPITULO V

| | |
|---------------------------------------|----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 89 |
|---------------------------------------|----|

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 CONCLUSIONES | 89 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 91 |
| 5.3 BIBLIOGRAFÍA | 91 |

ANEXO No. 1

VEGETACIÓN DEL PNL Y DE LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

ANEXO No. 2

VARIABLES DE ANÁLISIS PARA LA GENERACIÓN DEL MODELO PROSPECTIVO DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES

ANEXO No. 3

FUENTE DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

ANEXO No. 4

METADATOS

ANEXO No. 5

MAPAS

RESUMEN

El presente proyecto muestra los cambios producidos en la cobertura vegetal y uso del suelo del Parque Nacional Llanganates "PNL", en el cual fueron analizados los períodos temporales entre los años 1991, 1998 y 2004. Dichos cambios fueron cuantificados con la ayuda de Sensores Remotos y la utilización de herramientas SIG. Posteriormente la cobertura vegetal y uso del suelo del PNL fue proyectada para los próximos 7 años, para lo cual se utilizó las Cadenas de Markov y la Evaluación Multicriterio. Este estudio determino que el avance del frente de intervención va en aumento tanto en la zona alta como en la zona baja del PNL, lo que no deja de ser preocupante ya que se encontrarían amenazados los recursos naturales de esta área protegida. Con estos resultados se procedió a realizar un análisis global del PNL en donde se determinaron puntos fuertes y débiles que influyen en la conservación de esta área protegida.

ABSTRACT

This project describes land cover and land use change into the Llanganates National Park. This change was analyzed between the years 1991, 1998 and 2004. Remote sensing and GIS tools were used to manage spatial information. Also, a prospective (2011) land cover and land use map was generated using Markov chains, multi-criteria and multi-objective evaluation. This research shows that natural resources of this protected area are being damaged. The agricultural frontier is gaining land in high and low areas. All of this information was used to analyze the Llanganates National Park conservation status and to propose some conservation plans.

INTRODUCCIÓN

Ecuador como país megadiverso posee una extraordinaria riqueza biológica, cultural y étnica, que se manifiesta en una multiplicidad de prácticas y conocimientos tradicionales sobre el manejo de la tierra y la utilización de recursos biológicos silvestres y domesticados. El Parque Nacional Llanganates (PNL) fue seleccionado como un área prioritaria para la presente investigación pues presenta la megadiversidad de nuestro país en un espacio de territorio más pequeño y manejable, la información textual sobre el PNL confirma que ahí se albergan grandes tesoros: su extraordinaria biodiversidad y la singular belleza de sus ríos y montañas. (Vásquez, *et al.* 2000).

Los procesos antropogénicos en los Andes del Ecuador han hecho que los trazos de la agricultura constituyan la forma dominante del paisaje. Sin embargo no todas las áreas han sido alteradas y aún es posible encontrar sitios relativamente alejados en los focos de presión humana, en los que la riqueza de especies hablan del buen estado de conservación de sus ecosistemas. Tal es el caso de los Llanganates, como han sido llamados desde el siglo XVII o Llanganati, como los conocían los antiguos habitantes de la Sierra (Uzcátegui, 1992). Estas tierras accidentadas, permanentemente nubladas y situadas en la cordillera centro-oriental, se ganaron la fama de inaccesibles y alrededor de ellas se tejieron leyendas desde la llegada de los primeros europeos. Fueron usadas como sitios ceremoniales sagrados muy importantes o "huacas", como áreas mineras de extracción de oro, como escondites, y por su inaccesibilidad se cree que ahí existen tesoros incas escondidos. (Vásquez, *et al.* 2000).

Las condiciones extremas biofísicas y climáticas han provocado que no sea un destino turístico, y los que han ingresado lo han hecho en busca de riquezas, de aventura y unos pocos por la curiosidad científica. Se puede concluir que esta imagen de olvido permanece vigente. (Vásquez, *et al.* 2000).

Las características geológicas han permitido el crecimiento de tipos de vegetación particular que se convierten en el principal obstáculo de los que pretenden penetrar. La nubosidad, temperatura y nivel de lluvias también persuaden al visitante.

Sin embargo esto no ha sido impedimento para que la vegetación de los alrededores del parque se encuentre amenazada por la intervención humana, especialmente en los últimos años debido a la apertura de carreteras y a la expansión de la frontera agrícola. La colección de leña, la quema y el pastoreo son factores importantes y determinantes en la intervención actual de la vegetación natural. (Vásquez, et al. 2000).

En los territorios del Parque Nacional Llanganates son pocos los lugares altamente intervenidos por actividades antrópicas, principalmente la inexistencia de vías de acceso esto en contraste con las partes aledañas que tiene un alto grado de intervención son consideradas como la principal amenaza ya que aunque sea una área protegida no se garantiza su estado natural a futuro.

Uno de los pasos importantes para llegar a establecer planes de manejo que impidan un avance de intervención y que mejoren la gestión del parque natural es mediante la utilización de herramientas SIG y Sensores Remotos, que nos ayudaran a determinar y cuantificar zonas de mayor influencia así como también el modelamiento de escenario futuro que nos indicaran la tendencia de estos cambios en un futuro cercano.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Las Áreas Protegidas se caracterizan por poseer uno o varios ecosistemas, los cuales se encuentran caracterizados por la diversidad de especies de flora y fauna, rasgos geológicos y hábitats de importancia para la ciencia, educación y recreación. Que para el mantenimiento del área en su condición natural, preservación de rasgos ecológicos, estéticos y culturales, se prohíbe cualquier tipo de explotación u ocupación (GEF-INEFAN, 1998).

En el Ecuador existen 33 áreas protegidas que cubren aproximadamente el 18% del territorio nacional. La creación de estas áreas pocas veces han respondido a criterios técnicos claros que permitan su manejo adecuado. Esto ha producido un deterioro de los recursos naturales y culturales dentro de las áreas. Los principales problemas han sido la limitada gestión técnica y administrativa, la baja sustentabilidad económica, el incremento de las presiones socioeconómicas y la reducida participación de los actores sociales en el manejo de las áreas protegidas.

El Parque Nacional Llanganates fue establecido mediante Resolución # 00002 del 18 de Enero de 1996, publicado en el registro oficial No. 907 del 19 de marzo de 1996. El cual cubre un área de 2.211 Km². El PNL es un área compuesta por el sistema terrestre y acuático, el cual requiere un especial y dedicado cuidado a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica, los recursos naturales, y la diversidad cultural y étnica asociada a éstos. Este es un espacio destinado a lograr la conservación in situ y que, por lo tanto son sumamente importantes para el desarrollo de nuestro país, pues proveen de agua, regulan el clima, controlan los procesos erosivos, albergan especies y variedades de importancia económica. El PNL posee un gran potencial para la investigación, proyectos de desarrollo, recreación y turismo. (EcoCiencia, 2000).

Según la Estrategia Nacional de Biodiversidad las amenazas más grandes para la biodiversidad son la alteración, fragmentación y destrucción de los hábitats y ecosistemas; la sobreexplotación de la flora y fauna silvestres y recursos pesqueros; la introducción de especies exóticas; la contaminación y la variación de factores socioeconómicos, que son causa y efecto de una mayor presión sobre los recursos naturales (Ministerio del Ambiente 2001).

La conversión de ecosistemas naturales en áreas de uso agrícola y ganadero, el avance en la construcción de obras de infraestructura, dan cuenta de una serie de procesos donde es posible evaluar el modelo de desarrollo predominante, en general, un modelo que prioriza el crecimiento económico, el extractivismo y el corto plazo.

Los datos concretos sobre deforestación a nivel nacional reflejan contradicciones muy grandes de acuerdo a la fuente citada. El proceso de deforestación en el Ecuador no es igual en todo el país. Existen regiones donde esta dinámica tiene un peso mayor. Es el caso específico de la región del noroccidente del Ecuador, en el período 1983-1993, la tasa anual de deforestación alcanza el 1.95%, dando lugar a camaroneras y al establecimiento de pastos (Sierra 1996). En cambio en las estribaciones de la cordillera oriental, luego de la Amazonía son áreas donde se mantienen los principales remanentes de vegetación natural del país. En estas estribaciones se localizan algunas áreas protegidas del Ecuador: Reserva Ecológica Cayambe Coca (RECA), Parque Nacional Sangay (PNS), Reserva Ecológica Antisana, Parque Nacional Llanganates (PNL), Parque Nacional Podocarpus (PNP), Reserva Ecológica Cofán Bermejo (RECB) y Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras; caracterizadas por estar situadas en el Hotspot con mayor biodiversidad a nivel mundial conocido como Andes Tropicales (Myers, 2000).

Por estos motivos, distintas organizaciones públicas y privadas han promovido estrategias integradas de desarrollo y conservación que pretenden disminuir el avance de las amenazas sobre la biodiversidad, donde se han identificado como principales amenazas la expansión de la frontera agropecuaria, la mala planificación de los proyectos de infraestructura (captación de agua, apertura de vías, minería) la

cacería y las inadecuadas prácticas forestales. La expansión de la frontera agropecuaria ha sido identificada como la amenaza más crítica y más extendida en la zona (TNC, 2003).

La creación de áreas protegidas es una de las estrategias para realizar conservación in situ, siendo la premisa fundamental de estas áreas la conservación a perpetuidad de la riqueza biológica y cultural que encierran (Hockings, 2002). Esta estrategia de conservación ha sido ratificada a nivel mundial mediante el Convenio sobre la Diversidad Biológica, del cual el Ecuador es país signatario, y que en su artículo 8 contiene una serie de aspectos referentes al establecimiento de estrategias para la conservación de la biodiversidad In Situ, haciendo énfasis la creación de sistemas de áreas protegidas.

En un intento por hacer una lectura territorial de los últimos 13 años en la zona, se plantea la elaboración de un estudio multitemporal de la cobertura vegetal en el PNL y su área de amortiguamiento con el fin de relacionar los procesos de conversión de los ecosistemas naturales con las posibles causas sociales y económicas que han influenciado en dichos cambios desde los años 90. Este estudio puede constituirse también una herramienta de planificación territorial y de definición de áreas prioritarias de intervención de diferentes proyectos de conservación y de desarrollo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar los cambios de uso de suelo en el Parque Nacional Llanganates para los períodos 1991 – 1998 – 2004 y generar el escenario prospectivo del parque.

Objetivos específicos

- Determinar el Mapa Multitemporal de cobertura vegetal y uso del suelo para los períodos 1991 – 1998, 1998 – 2004 (Escala 1:100.000).

- Determinación de las zonas críticas identificadas en el Estudio Multitemporal.
- Generar el escenario prospectivo para el Parque Nacional Llanganates para el año 2011 (Escala 1:250.000).

METAS DEL PROYECTO

- Obtener la cartografía base a escala 1: 50000 de la zona de estudio.
- Crear una base de datos geográfica en donde se encuentran las áreas de estudio con imágenes satelitales existentes en los periodos de 1991 – 1998 y 1998 – 2004.
- Obtener tres mapas de cobertura vegetal y uso del suelo para los respectivos periodos y sus respectivos mapas de cambios de uso del suelo.
- Determinar las causas que han influido en el cambio de uso del suelo.
- Proponer un modelo prospectivo a partir de la obtención de información secundaria.

Sangolquí, Mayo del 2006

Elaborado por:

Víctor Hugo Bernis Llanos

Franz Elhi Betancourt Valdivieso

El Decano

El Secretario Académico