

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

1.1 UBICACIÓN

El Parque Nacional Llanganates (PNL), está ubicado al norte y centro de la Cordillera Oriental, entre las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Pastaza y Napo como se puede observar en la Figura 1.1. Aproximadamente el 90% del PNL lo comparten las provincias de Tungurahua y Napo. Abarca una extensión de 221.148 hectáreas y comprende las provincias bióticas de Andes del Norte, Bosque Nublado de los Andes y Provincia Amazónica (Cañar, *et al.* 1998), así también como las vertientes hidrográficas que originan los ríos Pastaza y Napo.

Las coordenadas geográficas (grados) del PNL son las siguientes:

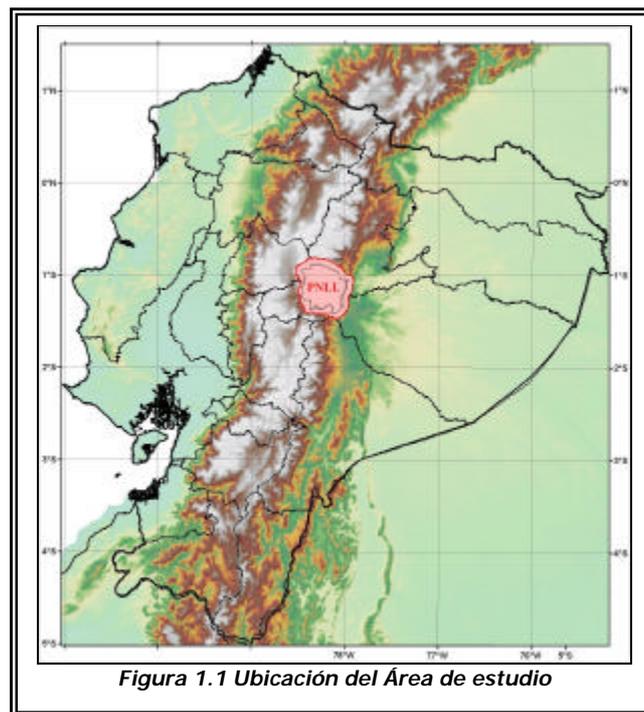
- Extremo Oeste: -78.477678
- Extremo Este: -77.980375
- Extremo Norte: -0.873697
- Extremo Sur: -1.424890

Las coordenadas proyectadas UTM Zona 17 sur (metros) del PNL son las siguientes:

- Izquierda: 780741.125313
- Derecha: 836075.250932
- Arriba: 9903294.000652
- Abajo: 9842350.996947

El PNL se encuentra localizado a 60 Km al nororiente de la ciudad de Ambato, por la vía que conduce al cantón Pillaro y la parroquia de San José de Poaló; desde la ciudad de Salcedo, el ingreso al PNL dista aproximadamente 30 Km en dirección este por la carretera Salcedo-Tena. Desde la ciudad del Tena el PNL se ubica al occidente

a una distancia de 60 Km.; y desde la ciudad del Puyo, el PNL se encuentra al noroccidente y se puede llegar a él a través de la carretera Puyo-Mera-Río Anzu. Geográficamente, el PNL se localiza entre los ríos Chalupas y Verdeyacu al norte, Pastaza al sur, Anzu y Jatunyacu al este y Yayayacu y Patate al oeste. De norte a sur comprende una longitud aproximada de 61 Km.; y de este a oeste, aproximadamente una distancia de 55 Km. (Cañar, *et al.* 1998).



1.2 IMPORTANCIA

El geólogo Dr. Walther Sauer anuncia en su libro Geología del Ecuador que las altas montañas de la cordillera de los Llanganates representan una sección climática distinta a la de la Cordillera Real pues es justo en este tramo, entre el volcán apagado Quilindaña y el volcán activo Tungurahua, que los productos del volcanismo cuaternario faltan, es por esta razón que el antiguo paisaje plioleistocénico de los Llanganates ha quedado descubierto y, en grandes extensiones, no alternado hasta la actualidad.

Sólo algunos valles han sido fuertemente profundizados por los torrenciales ríos principales. Durante los períodos glaciares del pleistoceno, la mayor parte de la

superficie de los Llanganates estuvo expuesta a la erosión glacial, con excepción de las crestas y cadenas más altas, que sobresalieron del manto del hielo y ofrecen actualmente el aspecto de verdaderas sierras fantásticamente dentadas y se alzan abruptamente de los amplios fondos pantanosos de los valles. Su topografía es sumamente irregular, con pendientes fuertes casi verticales donde afloran inmensas paredes rocosas que han contribuido a crear el aire mágico que respira el Parque.



El nombre Llanganates proviene de la voz quichua llanganati ó cerro hermoso; sus antiguos habitantes (Panzaleos), bautizaron así a la zona quizá asombrados por la sublime apariencia de sus cumbres cuando son iluminadas por el sol de la tarde.

Desde siempre los Llanganates, han sido considerados como un sitio inexpugnable e inhabitable, cubierta de un velo misterioso y místico; lo fue para los Incas, como para el Reino de Quito, es por eso que la Cordillera de los Llanganates estará para siempre ligada al recuerdo del General Rumiñahui y su defensa heroica de los tesoros del Reino de Quito y de Atahualpa en la época de la conquista española. Dice la historia que en 1532 cuando Atahualpa es secuestrado en Cajamarca, él ofreció pagar un cuarto lleno de oro para recuperar su libertad.

El encargado de recopilar el metal fue el General Rumiñahui, quien pagó parte del rescate, pero al enterarse de la muerte del caudillo inca, decidió esconder el resto del tesoro en un lugar secreto. Los indígenas, en esa época, desviaron el Río Milín para aprovechar las aguas y sembrar. Cuando Rumiñahui llegó con su ejército que

acarreaba la fortuna del oro de los Incas, ocultó a las mujeres en las casas y destruyó la represa para inundar el camino y así evitar que los españoles cruzaran. Luego emprendió el camino hacia los Llanganates para esconder el oro cerca de una de sus muchas lagunas. Los moradores de San José de Poaló aseguran que en el Cerro Hermoso (4.638 msnm), que es la cumbre más alta de los Llanganates, existe un cráter lleno con agua y es allí donde se encuentra el tesoro.

Sin embargo, el verdadero tesoro de los Llanganates es su belleza natural intacta, que se ve reflejada en los estudios de vegetación, flora y fauna realizadas en el Parque, y demuestran uno de los más grandes niveles de biodiversidad del mundo.

Entre junio de 1998 y noviembre de 1999, el Herbario Nacional del Ecuador, QCNE y la sección de Botánica del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, realizaron estudios de la vegetación y flora del PNL y sus alrededores en seis sectores: Río Ana Tenorio, Río Mulatos, Pisayambo-Acuacocha, Valle de los Frailejones, Machay y Cerro Hermoso. Los resultados obtenidos determinaron que en los páramos del PNL se encontraron 26 familias, 44 géneros y 54 especies, siendo *Calamagrostis intermedia* una de las especies de mayor porcentaje de cobertura. *Escallonia myrtilloides* es la más representativa en la vegetación arbustiva; mientras tanto, *Calatola costaricensis*, *Casearia mariquitensis*, *Ocotea floccifera* y *Hyeronima duquei* son las de mayor importancia en el bosque de Machay. Se registraron *Zapoteca aculeata* y *Espeletia pycnophylla* ssp. *llanganatensis*, dos especies que no habían sido registradas durante años, así como también se ha colectado dos probables especies nuevas: la una perteneciente al género *Libertia* (Iridaceae) localizada en el páramo y la otra a un árbol de la familia Sapindaceae perteneciente al género *Allophyllus*. (Vásquez, *et al.* 2000).

Por todo lo antes mencionado, se demuestra que el PNL contiene una de las riquezas florísticas más importantes y desconocidas de la región andina del Ecuador. La conservación de los páramos y bosques primarios que existen dentro y en los

alrededores del PNL representa un reto muy importante para quienes manejan ésta área protegida.

La importancia del estudio multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo parte de una perspectiva espacial, para conocer los cambios y los diferentes tipos de presiones de cambio que podrían provocar una transformación de las formaciones vegetales originales. Con un análisis de este tipo se espera aprovechar la identificación de zonas con mayor o menor grado de intervención antrópica para tomar medidas preventivas o de restauración. Adicionalmente, apoya los criterios sociales y económicos de las dinámicas de transformación relacionadas directamente con el uso del suelo.

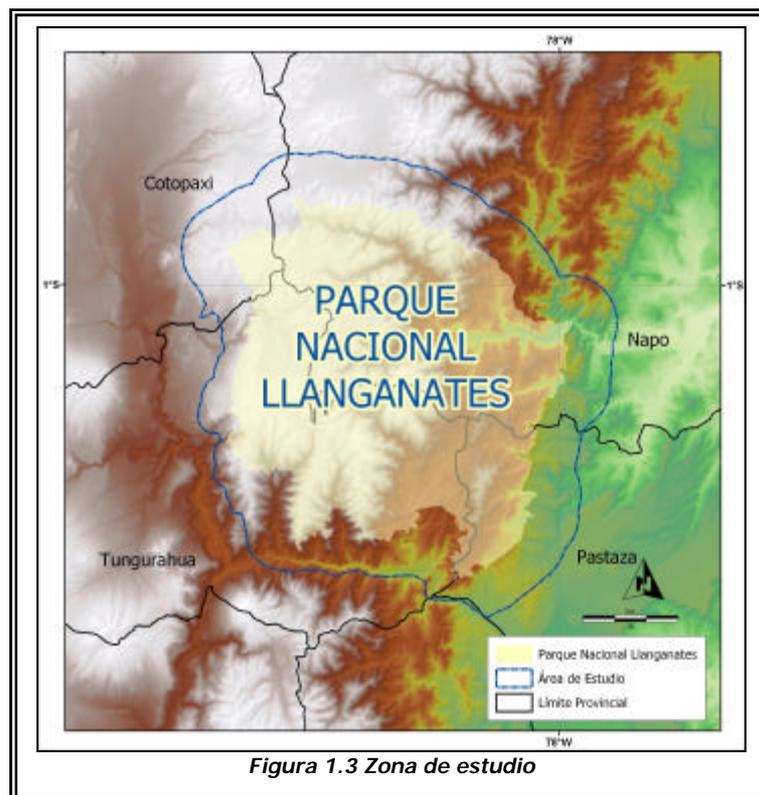
Los insumos que arroja el estudio pueden servir como hipótesis para el impulso de nuevos estudios de diferente temática y para distintas disciplinas, futuros planes de manejo, enfocados geográficamente en los lugares identificados como zonas críticas que influyen en el cambio de uso del suelo y cobertura vegetal.

1.3 ZONA DE ESTUDIO Y DE AMORTIGUAMIENTO

El Parque Nacional Llanganates comprende un área de 2.211 km², pero se ha propuesto un área complementaria para el estudio multitemporal y prospectivo que abarca un área de 3.717 km² puesto que uno de los objetivos del proyecto es identificar las áreas críticas en los alrededores del parque que influyen en los cambios del uso del suelo y cobertura vegetal. Para delimitar el área de estudio se definió un buffer (Zona de Amortiguamiento) de 7km desde el límite del PNL. Como se puede apreciar en la Figura 1.3, la zona de estudio se encuentra en las provincias de Cotopaxi, Napo, Tungurahua y Pastaza. Incluye terrenos que van desde los 520 msnm. en la unión de los ríos Jayunyacu y Lloculín en el oriente ecuatoriano cerca a la población de Talag, hasta la cima del Cerro Hermoso (4638 msnm), que es el punto más alto de la zona de estudio.

La Zona de Estudio encierra básicamente extensiones de páramo y bosque andino en diversos estados de conservación. Existen ocho zonas de vida identificadas de acuerdo a Sierra, (1999) correspondiente al Bosque de Neblina Montano, Bosque Siempreverde Montano Alto, Bosque Siempreverde Montano Bajo, Bosque Siempreverde Piemontano, Matorral, Páramo de Frailejones, Páramo Herbáceo y Almohadillas y Superpáramo.

Con respecto a la temperatura media anual, la zona de estudio puede presentar temperaturas gélidas de 0°C en los nivales (Cerro Hermoso), hasta temperaturas tropicales de 23°C en las estribaciones orientales. La precipitación anual va desde los 613 hasta los 5000 mm. El clima de la zona de estudio incluye tres grandes clases de clima presentes en el país: de páramo pluvial, templado periódicamente seco y bosque muy húmedo subtropical.



Según Vargas et al. En el área existe además un tipo de páramo al que denominaron, “de bambú enano”, en el área de Cerro Hermoso; el páramo de frailejones según estos mismos autores, debe ser considerado como bosque debido a

altura de las plantas (*Espeletia pycnophylla*) y porque estas se encuentran en medio de áreas de bosque siempreverde montano alto. Las formaciones vegetales albergan una alta diversidad de especies de flora y fauna e incluyen paisajes con ambientes lacustres. Las lagunas presentan herbazal lacustre montano alto (Valencia et al., 1999). Los páramos andinos del Ecuador se extienden desde 3.400 hasta 4.700 m de altitud; allí predominan las herbáceas y plantas gramíneas. Además, incluyen una variedad de plantas de almohadillas, arbustos pequeños de hojas coriáceas y en ocasiones pubescentes [Sierra, 1999] [Vásquez. et al. 2000].

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

2.1.1 Definiciones importantes

Escala

La apariencia de una imagen variará dependiendo de que tan cerca o lejos se observe esta. [MacCarthy y Lindberg, 1974] La escala expresa que tantas veces ha disminuido gráficamente una imagen respecto a la realidad. En un mapa, la escala depende del área a representar, el grado de detalle requerido y la cantidad de información que se quiere mostrar. La escala se define como la razón entre el valor de la distancia representada en el mapa y el de distancia correspondiente en el terreno. [OPS, 2003]. Para la aplicación de este principio se sugieren los siguientes pasos: Establecer los objetivos y el alcance de la política o proyecto en consideración, con el fin de garantizar que la respuesta institucional al problema propuesto, coincida de la manera más cercana posible con las escalas temporales y espaciales de los procesos en el área que está bajo manejo. [Andrade A y Fabián Navarrete 2004]

- Identificar la jerarquía de los niveles espaciales de decisión requeridos para cumplir con los objetivos de manejo propuestos.

- Proponer mecanismos institucionales adecuados que permitan manejar áreas extensas, como cuencas hidrográficas y comprometer a todos los sectores involucrados que van más allá de los límites administrativos y diferentes niveles de administración.

- Identificar el nivel de resolución espacial mínimo necesario para la toma de decisiones.
- Evaluar la disponibilidad de cartografía básica y temática, así como su calidad, pertinencia y actualización, para cumplir con los objetivos y requerimientos. Definir vacíos y requerimientos de información e identificación de formas de obtención, a través de varias fuentes tales como: imágenes de sensores remotos, imágenes de satélite, imágenes de radar, fotografías aéreas, actualización de datos en campo, etc. Hay que anotar que la escala de trabajo debe ser correspondiente con la unidad mínima de mapeo y el nivel de detalle de la información requerida.

Tabla 2.1.1 Unidad Mínima de Mapeo

Nivel de Detalle	Escala Trabajo	UMM	Alcance
Nacional Cuencas Transfronterizas (Muy pequeño)	1: 1,000,000 1: 3,000,000	15 Km ² 150Km ²	Formulación de políticas nacionales. Planificación a escala nacional. Cuencas o ecosistemas transfronterizos. Identificación general de proyectos.
Regional Cuencas (Pequeño)	1: 100,000 1: 500,000	625 ha 625 ha	Formulación e implementación de políticas regionales. Planificación a escala regional: Departamentos, regiones, cuencas.
Subregional Subcuencas	1: 50,000 1: 100,000	6.25 ha 25 ha	Planificación a escala subregional – local: provincias, subcuencas, municipios, distritos. Factibilidad técnica de proyectos.
Local Microcuencas (Grande)	1: 25,000 1: 50,000	1.56 ha 6.25 ha	Implementación de programas y proyectos a nivel local: municipios, veredas, fincas, microcuencas. Estudios de factibilidad técnica y económica de proyectos.
Microlocal (Muy Grande)	1: 25,000 1: 5,000	1.56 ha 0.06 ha	Monitoreo y seguimiento específico.

*UMM: Unidad Mínima de Mapeo.

Fuente: Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental, Ángela Andrade Pérez, Fabián Navarrete Le Blas

Datum

Modelo matemático diseñado para que ajuste lo mejor posible parte del geoide o todo él. Se define por un elipsoide y se relaciona con un punto de la superficie topográfica para establecer el origen del Datum. Esta relación se puede definir por seis magnitudes: la latitud y longitud geodésica y la altura del origen, las dos componentes de la deflexión de la vertical en el origen y el azimut geodésico de una línea de dicho origen a cualquier punto.

Datum Horizontal

Punto de referencia geodésico para los levantamientos de control horizontal, del cual se conocen los valores: latitud, longitud y azimut de una línea a partir de este punto y los parámetros del elipsoide de referencia. Mientras que el uso del elipsoide como referencia para alturas es impráctico, para las coordenadas horizontales, latitud y longitud, es amplio.

Datum Vertical

Cualquier superficie nivelada (por ejemplo el Nivel Medio del Mar) que se toma como superficie de referencia a partir de la cual se calculan las elevaciones. Usualmente se escoge el geoide, el cual es la superficie equipotencial del campo gravitacional terrestre que mejor se aproxima al nivel medio del mar. Las alturas referidas al geoide, se llaman alturas ortométricas (H), y son las que usualmente se encuentran representadas en las cartas topográficas. Si el geoide es reemplazado por un elipsoide biaxial, se puede definir la altura elipsoidal (h), también llamada altura geométrica.

Generación de la Cartografía Base

En el proceso de generación de la cartografía base intervienen subprocesos de recopilación de información como, cartografía existente y bibliografías referentes a la zona de estudio. Para la elaboración de esta etapa fue muy importante contar con información base de un excelente nivel, sobre la cual se desarrollaron otros procesos que requirieron como insumo el mapa base.

Inventario de Información Existente

Durante este proceso se empieza por identificar información tanto primaria como secundaria, en donde primeramente se define las características necesarias que debe tener dicha información para la elaboración de la cartografía base. Una vez

que se identifiquen las necesidades y requerimientos se procede a determinar las fuentes en donde se puede hallar dicha información para proceder a recopilar y adquirir estos documentos.

Levantamiento de la cartografía base

En esta etapa se procede con la generación de la información de la cartográfica base la cual se cuenta con los procesos de digitalización, edición preliminar de la cartografía base.

Depuración de la cartografía base

“Para que los datos sean utilizados en procesos de toma de decisiones su calidad debe ser conocida y predecible”, este concepto debe ser muy bien comprendido entre el personal que genera y/o gestiona la información Geoespacial. Es aquí en donde el objetivo de tratar los errores no es esencia eliminarlos, sino manejarlos en una forma adecuada y apropiada hasta el punto de que no afecte el resultado de nuestros datos en los análisis.

Estructuración de la cartografía base

En esta etapa se siente la necesidad de tener toda la información en una forma organizada con el propósito de que pueda ser manejada con mayor facilidad y rapidez. De este modo la información se hizo más manejable y accesible. Después de haber terminado con la etapa de edición de cada archivo, se procederá a agregar atributos de forma e identificación, como colores, símbolos entre otros. Por lo que se crearon tablas, donde se especifican el nombre, coordenadas, y otros datos informativos. Cada conjunto de elementos, agrupados por sus características similares posee su propia tabla de datos, información que fue importante porque permitió identificar los diferentes elementos con exactitud sobre el espacio. Ej.

Nombres de ríos, lagunas, poblados, etc. Una vez que estos hayan sido ingresados y correctamente etiquetados aparecerán visibles en el plano. [Pérez P, 2005]

2.1.2 Tratamiento y Procesamiento Digital de Imágenes

Obtención de las Imágenes Satelitales

Para la obtención de las imágenes satelitales es muy importante determinar los niveles de área que se pueden mapear. Para nuestro proyecto es el Nivel Orbital el cual registra la información de 400 a 900 Km. y en donde la energía registrada comprendió la integración de varios elementos que son muy importantes tomar en cuenta debido a que en sí garantizarán que el producto final de nuestro trabajo sea óptimo de acuerdo a las necesidades del proyecto. Dentro de las características tenemos la Escala, brillo, tono, contraste, resolución espacial, resolución espectral, resolución radiométrica, resolución temporal. Los proveedores de las imágenes satelitales tenemos a EROS Data Center que es el brazo comercial de LANDSAT, Centro de Estudios Espaciales de Francia (CNES) que representa a SPOT, Indian Remote Sensing (IRS), entre otros. Claro esta, que la elección de nuestros insumos fue condicionado de acuerdo a las necesidades del proyecto tales como: económico, administrativo, logístico, técnico, humano, tecnológico entre otros.

Estructuración y Sistematización de los componentes temáticos en el SIG

En esta etapa se procede a establecer las diferentes coberturas de cada componente, así como la representación Geo – Espacial de la situación real de cada uno de ellos, en base a la información analizada y emitida por el equipo de trabajo que participa en el proyecto. Tomando en cuenta el amplio rango de potenciales aplicaciones que se pueden realizar a través de un SIG, se vuelve a recaer sobre la importancia de manejar los datos con eficiencia, para ello, cada una de estas coberturas, debe ser elaborada con un constante control sobre su coherencia con los

datos representados. La creación de estas coberturas parte del mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo. [Pérez P, 2005]

Construcción de la cobertura Vegetal y Uso del suelo

Obtener el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo, requiere de mucha dedicación y esfuerzo ya que es un proceso de esencial importancia para el proyecto, esta etapa se constituye como base sobre la cual se levantará la información correspondiente a cobertura vegetal y uso del suelo.

Pre – Proceso

La etapa del Pre – proceso conlleva el tratamiento inicial a que se debe someter la imagen satelital para que pueda ser apta o útil para el trabajo de interpretación. Esta etapa es indispensable ya que implica el levantamiento de información que nos permitirá establecer como se encuentra la cobertura vegetal y uso del suelo en la zona de estudio.

Corrección Radiométrica y Geométrica

Las correcciones radiométricas son técnicas mediante las cuales se modifican los niveles digitales (ND) de la matriz original; estas correcciones son útiles para modular parámetros físicos dentro de la imagen o para abordar análisis espectrales detallados. [Lillesand, T.M., y Kiefer, R.W., 1994]

El ruido es una interferencia en los datos de la imagen que puede deberse, entre otras causas, a un fallo momentáneo de un detector en la recepción o emisión de la señal, lo que provoca la pérdida o distorsión de una serie de líneas de píxeles en la imagen original. [CHUVIECO, E., 1990] Esta información que se pierde es difícil recuperar, por la que hay que recurrir a técnicas que nos permitan estimar estos valores de Nivel Digital a través del grado de correlación de los valores vecinos.

Las imágenes que no han sido sometidas a una corrección geométrica, poseen distorsiones significativas, y por lo tanto no son hábiles para la generación de mapas. Lo que se pretende en este paso es modificar la geometría de la imagen, es decir se corrige su posición y coordenadas. Este paso se aborda en dos procedimientos, el primero conocido como corrección orbital, el cual corrige errores sistemáticos como son los derivados de la rotación o curvatura terrestre y de la inclinación de la órbita. El segundo enfoque modela el error geométrico de la imagen a partir de una serie de puntos, denominados puntos de control, y que se asumen suficientemente representativos para corregir la deformación geométrica de la imagen. Sin embargo el primer proceso es mucho más automático, pues los datos orbitales se reciben directamente con las imágenes y apenas se requiere intervención humana. Para corregir la imagen por el segundo enfoque lo que se hace es georreferenciar y rectificar la imagen satelital. [Pérez P, 2005]

Las distorsiones geométricas son sistemáticas y aleatorias; los errores sistemáticos, tales como rotación y curvatura de la tierra, son corregidos generalmente en las estaciones receptoras de las imágenes aplicando modelos matemáticos y, por lo tanto, el usuario se ahorra esta tarea; los errores aleatorios están relacionados con la ubicación geográfica de un punto en la imagen, estos son corregidos georreferenciando la imagen con ayuda de la cartografía de la zona y aplicando algoritmos. [Lillesand, T.M., y Kiefer, R.W., 1994]

Extracción del Área de Interés

Simplemente se realiza un corte sobre la imagen, tomado en cuenta la zona de estudio. Es muy importante garantizar que se asegure la mayor cantidad de información útil para la georreferenciación por lo que será muy importante estimar una zona de amortiguamiento, debido a que en el proceso de interpretación, la información de los bordes podría perderse o ser alterada en su área por efecto a los procedimientos de edición de la cobertura y suavizamiento del borde. La extracción

se realiza en función de considerar los datos de referencia que se posee de la zona de estudio.

Georreferenciación de Imágenes

La Georreferenciación de las escenas de la imagen satelital se realiza a partir de ajustar las ecuaciones de reescalado, traslación y rotación a un conjunto de puntos, de los que se posee tanto las coordenadas de la imagen a corregir como las del mapa de referencia, es decir, se transforman los datos de un sistema de grilla, a otro usando una transformación afín, específicamente para esta etapa del proyecto. Este proceso permite conocer con gran precisión las coordenadas de cada punto de la imagen, en función de la escala que se ha usado para el trabajo. Además de georreferenciar la información, es necesario someter a la imagen a una geocodificación, lo cual quiere decir alinear la información obtenida con la grilla de coordenadas (Resampleo). Este se lo considera como el último paso que constituye la rectificación de la imagen, y puede ser realizada aplicando el método del vecino más cercano. [Pérez P, 2005]

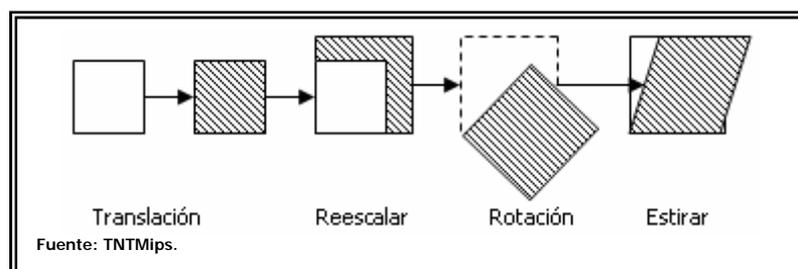


Figura 2.1.2 Representación esquemática de la etapa de Pre - Proceso

Realce de la Imagen

Relacionado con el tipo de visualización que se quiera dar a la imagen y depende de la aplicación que se pretenda dar o el tipo de elemento que se requiera observar. Al mejorar la imagen estaremos potenciando la información que se ha captado el sensor para ser interpretada y acentuar el contraste entre firmas de interés de la imagen satelital. Por lo que es muy importante realizar combinaciones

adecuadas para la obtención de detalles necesarios para nuestro análisis. Con una combinación adecuada de las bandas podremos determinar los tipos de vegetación y sus condiciones que muestran en su variación de tonalidad. Al ecualizar nosotros estamos tratando a la imagen bajo el uso de histogramas, en donde se analizan sus diferentes frecuencias y optimizar el área de trabajo. Dando así un mejoramiento de dicha imagen. [Pérez P, 2005]

Las Operaciones de realce son técnicas digitales para incrementar el contraste entre diferentes características de una escena, básicamente para mejorar la visualización de la imagen; estas técnicas son aplicadas después de las operaciones de restauración y rectificación de la imagen y pueden ser categorizadas como manipulación del contraste, manipulación de las características espaciales y manipulación de las características espectrales [Lillesand, T.M., y Kiefer, R.W., 1994]

Manipulación del Contraste

Al realizar una manipulación del contraste nos referimos a la variación de los niveles de la escala de grises en una banda usando segmentos de la imagen que quieran ser opacados o realzados para su visualización; el Gray - Leves Thresholding, Level Slicing y Contrast Stretching, son algoritmos de esta técnica. [Lillesand, T.M., y Kiefer, R.W., 1994]

Manipulación de las Características Espaciales

La manipulación de características espaciales consiste en la aplicación de filtros que modifican los niveles digitales. Los filtros son matrices de coeficientes numéricos que permiten atenuar o acentuar las gradaciones radiométricas presentes en los datos originales. [CHUVIECO, E., 1990]

Manipulación de las Características Espectrales

Son procesos digitales para aumentar el contraste interno de una imagen tal que se ilustre mejor sobre sus características originales. El stretching y el Análisis de Componentes Principales (A.C.P.) son técnicas de realce espectral. El stretching toma los valores de los ND o valores de intensidad radiométrica y los homóloga con niveles de visualización (NV) o valores correspondientes a la capacidad de un monitor para visualización de la imagen. Los NV y sus correspondientes ND son almacenados en una matriz numérica llamada Look Up Table o CLUT [CHUVIECO, E., 1990], [Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 1994]. Cada cobertura ofrece un comportamiento espectral típico, en función de sus características fisicoquímicas y biológicas denominada firma espectral. En los Sensores Landsat TM la resolución espectral es de 7 bandas, las cuales abarcan regiones del espectro visible e infrarrojo cercano, medio y térmico. El área de aplicación de cada banda depende de la firma espectral del objeto de estudio en esa banda. Aplicando A.C.P. es posible determinar cuáles son las bandas que sintetizan la información espectral de un objeto y de esa manera obtener una composición en color sin información redundante [CHUVIECO, E., 1990]

Procesamiento Digital de la Imagen

Este proceso tiene como objetivo obtener una nueva imagen clasificada en donde se establece categorías a cada uno de los píxeles de la imagen original a diferentes formaciones vegetales o uso, para finalmente obtener un mapa de cobertura vegetal y uso del suelo.

Clasificación Digital de Imágenes

La clasificación digital conlleva todo un conjunto de técnicas de reconocimiento de patrones espaciales y espectrales de los píxeles de una imagen que constituyen la base para la clasificación de coberturas de la tierra. Los patrones de reconocimiento espacial se basan en las relaciones espaciales entre un píxel y su

entorno y consideran aspectos de la imagen tales como textura, proximidad, tamaño, forma, direccionalidad, repetición y contexto. Los patrones de reconocimiento espectral se refieren a las características de radiancia, obtenida por el sensor y contenida en las matrices de ND de cada banda. [Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 1994]. La clasificación digital se dirige a obtener una nueva imagen en la cual a cada uno de los píxeles de la imagen original se le asigna una clase o leyenda. Esta clasificación puede ser de dos tipos: no supervisada y supervisada. [Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 1994]

Clasificación No Supervisada

Clasificación Digital automática. Se escoge un número de clases en que se desea clasificar determinadas áreas, esencialmente es un análisis automático. Con este número determinamos el valor inicial de clases en que va a clasificar el sistema. Lo que realiza el sistema es dividir en forma regular el número de clases que se ha dado tomando en cuenta los límites inferior y superior del rango del nivel digital.

Este tipo de clasificación no utiliza áreas de entrenamiento sino clases o clusters presentes en la imagen. Los algoritmos de clasificación examinan y reconocen los píxeles, y de acuerdo con sus valores, los agrega a diferentes clases con base a su ND. Las clases resultantes son llamadas clases espectrales. [Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 1994]

Trabajo de Campo

El trabajo de campo es una etapa muy importante del proceso, debido a que tiene por objeto la adquisición de datos que identifiquen información relevante sobre la cobertura vegetal y uso del suelo en la zona de estudio. Para el levantamiento de dicha información se debe tomar en cuenta todo un trabajo de planificación, que demanda de recursos económicos, técnicos, humanos, logísticos, entre otros, que garantiza el cumplimiento de esta etapa. Ya en campo se debe tomar muy en cuenta

las diferentes variaciones de cambio de cobertura vegetal que dan un indicio de intervención, las cuales fueron establecidas por la clasificación automática.

Clasificación Supervisada

Este método parte de un conocimiento previo de la zona de estudio, el cual está respaldado por experiencia de trabajos de campo que se hayan realizado anteriormente. El objetivo es obtener una clasificación adecuada y muy bien definida, buscando así que se represente los tipos de cobertura vegetal y uso del suelo lo más cercano a la realidad. Es muy importante contar con puntos de control para el cumplimiento de esta etapa. Estos puntos de control se los hace a través del trabajo de campo. Este método permite tener un mayor control de los procesos de categorización de los píxeles, básicamente se basa con la interpretación visual y digitalización en pantalla. A su vez la clasificación supervisada involucra tres procesos:

Fase de Entrenamiento

Consiste en digitalizar cada elemento en pantalla y en cierta forma entrena al computador dando a cada unidad una característica. Un vistazo de clases en las cuales se va a clasificar con un identificador para cada uno de ellas. Es conveniente digitalizar una buena cantidad de polígonos para obtener mejores resultados.

Fase de Asignación

Después de la fase de entrenamiento, se procede con la identificación de un nuevo código a cada píxel de acuerdo a su nivel digital. Para los píxeles que se asignara dichos valores existen tres métodos diferentes el del Paralelepípedo, Máxima Verosimilitud, Mínima Distancia.

Comprobación de campo y ajuste de la cobertura vegetal y uso del suelo

Comprobación de Campo

Para la comprobación de campo es necesario establecer dos elementos claves que nos guiarán y ayudarán en gran manera para el cumplimiento de esta etapa. El primero es la selección del sistema de clasificación de las coberturas vegetales que para nuestro estudio, se establecieron los componentes que corresponderán a los grandes grupos de información de acuerdo a su enfoque dentro de la zona de estudio. El segundo es el establecer en forma clara y diferenciada los componentes de la propuesta, seleccionando las coberturas vegetales relevantes correspondientes al Parque Nacional Llanganates que es el área de estudio mediante un minucioso análisis de los factores a ser considerados en nuestro estudio el cual será integrado e incorporado con nuestra información.

Ajuste de la cobertura vegetal y uso del suelo

Una vez terminada la comprobación de campo se procede a depurar o definir zonas las cuales fueron detectadas en el trabajo de campo, obteniéndose así condiciones más cercanas a la realidad, las cuales representarán los diferentes tipos de vegetación que se encuentran en la zona. En esta etapa se utilizará los datos obtenidos en el campo para lo que es necesario contar con información representada espacialmente. Dicha información se lo trasladará al mapa preliminar de cobertura vegetal y uso del suelo correspondiente a la zona de estudio. Una vez con esta información representada en el mapa preliminar se procede a realizar las verificaciones y ajustes correspondientes. Obteniéndose así un mapa de cobertura vegetal y uso del suelo ajustado.

Definición del Multitemporal del Parque Nacional Llanganates

En esta etapa se busca integrar los componentes de uso del suelo y cobertura vegetal en nuestros períodos de estudio, en donde no existe desvinculación alguna de dichos componentes para nuestro estudio. Realizado el ajuste del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo actual será necesario estandarizar las leyendas con los mapas de los años anteriores (1991 y 1998) para poder hacer un análisis de los cambios que se han producido en la zona de estudio. Homogenizadas las leyendas se procederá finalmente a definir el multitemporal de los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo.

2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

2.2.1 Tratamiento de la Información Secundaria

Recopilación de Información Secundaria

Mucha de la información ya sea de tipo social, socioeconómica, física o biológica no solo esta referida a la distribución espacial y etaria de la población sino que remite, de manera especial, al conjunto de relaciones sociales y económicas que se establecen en cualquier sociedad dentro de una zona geográfica. Por la cual es precisamente en donde estas relaciones determinan en gran medida, el grado de acceso a las diversas formas uso y participación de los recursos naturales disponibles en el territorio. Un aspecto muy importante en el proceso de una investigación es el que tiene relación con la obtención de la información, pues de ello dependen la confiabilidad y validez del estudio. Obtener información confiable y válida requiere cuidado y dedicación por lo que demandaría de mucho tiempo y una demanda notable de recursos. Es por esto que para nuestro caso de estudio se determino por recurrir a información secundaria que para el propósito de investigación y área de estudio encaja perfectamente.

Las fuentes de información secundarias son todas aquellas que se originan de una fuente que no es propia del lugar o zona de estudio, sino que son referenciadas.

Las principales fuentes de información secundaria son: libros, artículos, revistas, documentos y otros medios de información.

Procesamiento de la información

Una vez terminada la etapa de recopilación de la información, se procederá a procesar los datos (dispersos, desordenados, individuales) obtenidos de las diferentes instituciones ya citadas anteriormente. Esta etapa tiene como fin generar resultados (datos agrupados y ordenados), a partir de los cuales se realizarán el análisis según los objetivos de nuestro propósito de estudio.

2.2.2 Mapeo de la Información Secundaria

El mapa es el principal producto cartográfico. Existe una gran variedad de mapas que se pueden clasificar según la escala y contenido. Bin Allen director de la Revista National Geographic califica al mapa como un documento en el cual se refleja la realidad de un país.

Se han usado mapas tradicionalmente para explorar la Tierra. La tecnología de las herramientas SIG han reforzado la eficacia y el poder analítico de la cartografía tradicional. Cuando la comunidad científica reconoce las consecuencias medioambientales de la actividad humana. Mediante la utilización de herramientas SIG pueden combinarse mapas y fuentes de información de satélite en modelos que simulan las interacciones de sistemas naturales complejos. A través de un proceso conocido como visualización, una herramienta SIG puede ser utilizado para producir imágenes, mapas, dibujos, animaciones, y otros productos cartográficos. [Morán J, 2004].

2.3 GENERACIÓN DEL MODELO A FUTURO DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES

La inquietud por conocer qué nos deparará el futuro, nos llena de incertidumbre, y ésta problemática nos ha llevado a pensar en forma prospectiva. De alguna manera, el diseño y aplicación de metodologías de Escenarios alternativos de futuro nos permite dar respuestas a estas inquietudes y crear nuestro propio futuro ideal.

Una adecuada Metodología de Escenarios es aquella que permite la obtención del futuro deseado a partir de reuniones de grupos de personas que por medio de conversaciones (conversaciones estratégicas), pensadas y planificadas, logran una comprensión compartida de una situación específica dada, que conduce indefectiblemente a la toma de decisiones alternativas o “escenarios externos” (producción grupal), derivados de “escenarios internos” (de cada individuo del grupo). [Kees Van Der Heijden, 1998].

El concepto que se tiene acerca de la Prospectiva, la Futurología, la Adivinación, el Pronóstico, la Proyección, las Predicciones u otras expresiones, pudiesen presentárenos como desdibujadas o percibidas en forma inadecuada, calificadas de utópicas, olvidándose que la sociedad y el planeta mismo, es dinámico y responde a hechos y acciones históricas socio-ambientales cambiantes, y que eso le da características de concreción a diferentes alternativas futuras estructuradas en escenarios no fundados en utopías. [Hevia, 2001].

2.3.1 Análisis de las Cadenas de Markov

El nombre de esta técnica viene del matemático ruso A. Markov (1856-1922) que estudió un tipo de procesos temporales donde la probabilidad de que en un tiempo t una variable esté en un determinado estado o adquiera un determinado valor el cual depende del valor en el paso anterior $t-1$. [García J, 2001]. Una cadena

de Markov es una serie de eventos, en la cual la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediatamente anterior, es decir son cadenas con memoria lo cual condiciona las probabilidades de los eventos futuros (probabilidad de transición). En la figura 2.3.1a se muestra el proceso para formular una cadena de Markov. El generador de Markov produce uno de n eventos posibles, E_j , donde $j = 1, 2, \dots, n$, a intervalos discretos de tiempo (que no tiene que ser iguales). Las probabilidades de ocurrencia para cada uno de estos eventos dependen del estado del generador. Este estado se describe por el último evento generado. Como se puede apreciar el último evento generado fue E_j , de manera que el generador se encuentra en el estado M_j .

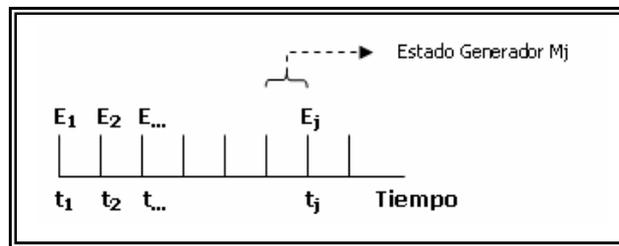


Figura 2.3.1a Cadena de Markov

La probabilidad de que E_k sea el siguiente evento generado es una probabilidad condicional: $P(E_k/M_j)$. Esto se llama probabilidad de transición del estado M_j al estado E_k . Para describir completamente una cadena de Markov es necesario saber el estado actual y todas las probabilidades de transición.

Para la descripción de una cadena de Markov se realiza un diagrama de estados. En la figura 2.3.1b se representa un sistema de Markov con los estados posibles: E_{n-1}, E_n . Aquí se indica la probabilidad condicional o de transición que requiere para desplazarse de un estado a otro.

M_{E_{n-1}, E_n} : Matriz de Probabilidades de Transición

E_n : Matriz de Estado Generador

$$E_{2005} = M_{1998-2004} \times E_{2004}$$

$$E_{2006} = M_{2004-2005} \times E_{2005}$$

$$E_{2007} = M_{2005-2006} \times E_{2006}$$

$$E_{2008} = M_{2006-2007} \times E_{2007}$$

.....

$$E_{2011} = M_{2009-2010} \times E_{2010}$$

$$E_{n+1} f(M_{E_{n-1}, E_n}, E_n)$$

Figura 2.3.1b Sistema de Estados de Markov

2.3.2 Matriz de Transición

La cadena de Markov es un proceso discreto en tiempo discreto en el que una variable aleatoria X_{n+1} va cambiando a medida que pasa el tiempo. Las cadenas de Markov tienen la propiedad de que la probabilidad de que $X_{n+1} = j$ sólo depende del estado inmediatamente anterior del sistema: $X_n = i$.

$$P(X_{n+1} = j | X_n = i, X_{n-1} = i_1, \dots, X_0 = i_n)$$

$$P(X_{n+1} = j | X_n = i) \quad \forall i, j \quad \text{Ecuación I}$$

Se define para cada par de estados (i, j) que se alcanzan en dos pasos consecutivos de n y $n+1$ una probabilidad condicional denominada probabilidad de transición p_{ij} .

$$P_{ij} = P(X_{n+1} = j | X_n = i) \quad \text{Ecuación II}$$

Donde

P_{ij} : Probabilidad de Transición

X_{n+1} : Estado Futuro

X_n : Estado Anterior

	Estado0	...	EstadoM	
Estado0	$p_{00}^{(n)}$...	$p_{0M}^{(n)}$	$\rightarrow p^{(n)} = \begin{bmatrix} p_{00}^{(n)} & \dots & p_{0M}^{(n)} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{M0}^{(n)} & \dots & p_{MM}^{(n)} \end{bmatrix}$
...	
EstadoM	$p_{M0}^{(n)}$...	$p_{MM}^{(n)}$	

Propiedades de la Matriz de Transición

- La matriz de transición es una matriz cuadrada $(N \times N)$.
- Es una matriz estocástica, los elementos en cada una de las filas de la matriz de transición deben sumar uno.

$$\begin{array}{l} p_{ij} \geq 0 \text{ para todo } i, j \\ \sum_{j=1}^k p_{ij} = 1 \end{array} \quad \text{Ecuación III}$$

2.3.3 Evaluación Multicriterio y Multiobjetivo

La evaluación multicriterio y multiobjetivo es un conjunto de técnicas utilizadas para analizar distintas alternativas que satisfacen uno o varios objetivos, en función de una serie de criterios predefinidos que permitirán conducir a la toma de una decisión final (Barredo, 1996).

La toma de decisiones multicriterio debe ser entendida como un "mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decidores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios (Colson y de Bruin, 1989).

Para la aplicación de estos procesos, el uso de las herramientas SIG toman un papel muy importante al utilizar la técnica de evaluación multicriterio ya que nos permiten realizar varios análisis al combinar un conjunto de alternativas que aportarán en gran manera para la toma de una decisión.

2.4 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

Los análisis de escenarios permiten confrontar el estado actual del territorio con el estado deseado permitiendo una evaluación integral del ente regulador y la construcción de escenarios de ordenamiento territorial. El análisis del escenario tendencial le permite a cada especialista preparar y elaborar el material cartográfico y documental necesario para la construcción de los escenarios deseados de ordenamiento del territorio. [Boyacá, 1997].

Los Escenarios integran el análisis individual de tendencias, eventos probables y situaciones deseables bajo una visión global del futuro. Como metodología, y específicamente como técnica han tenido aplicación en numerosos campos de las Ciencias Sociales (Economía, Educación, Administración, Política, Geografía, Medio Ambiente, etc.).

El Análisis de Escenarios comprende cierto número de etapas muy precisas (análisis del comportamiento organizacional, retrospectiva, estrategia de actores, elaboración de escenarios), que se encadenan en una secuencia lógica, que permite crear situaciones alternativas posibles, que limitan el grado de incertidumbre de determinada situación, acentuado en épocas de turbulencia e inestabilidad, y facilitan la previsión y la orientación de la política en el mediano y el largo plazo.

No es una simple proyección de los cambios multitemporales, es fundamentalmente una técnica de hipótesis razonadas basadas en hechos experienciales acerca de los sistemas socioeconómicos, biofísicos y administrativo de un entorno y el cual permite un ajuste de dichos sistemas en un límite más o menos amplio de posibilidades y/o de probabilidades. Es realmente un ejercicio creativo, de planificación, de intuición y de experiencia en el manejo de áreas protegidas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍAS Y MÉTODOS

3.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIOS DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL

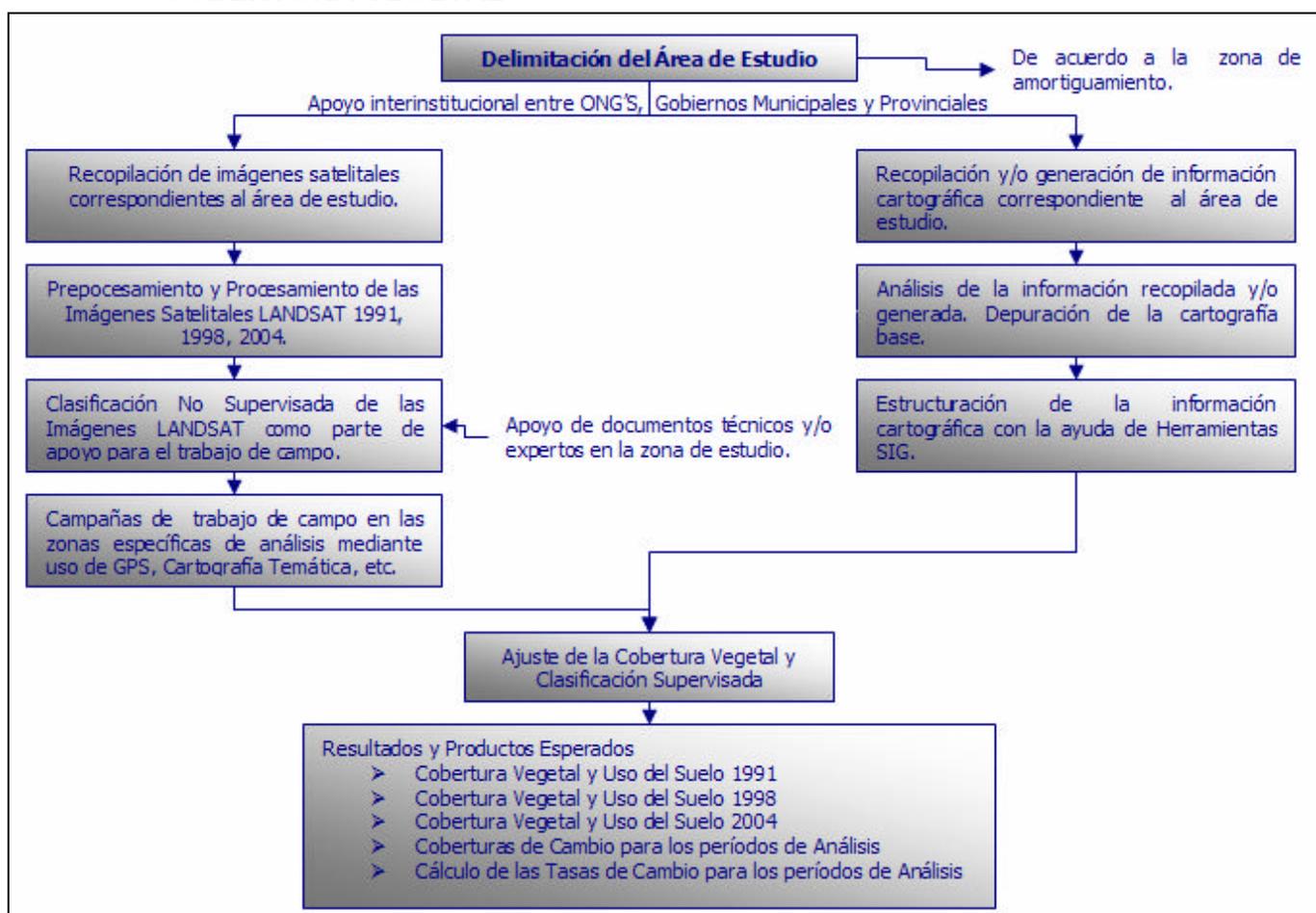


Figura 3.1 Metodología para el Análisis Multitemporal

Definición de la Escala General de Estudio

La escala espacial del modelo considera 2 parámetros: "resolución" y "extensión". La *resolución* se refiere a la unidad geográfica mínima de análisis donde se produce o no un cambio en la cobertura vegetal mientras que la *extensión* se refiere al área total de estudio, en este caso constituida por el Parque Nacional Llanganates y su área de influencia, además de considerar estos dos parámetros también fue muy importante destacar que la información que nos permitiría realizar el análisis multitemporal provenían de la plataforma Landsat, por lo tanto se definió

como escala general de estudio $E = 1:100.000$ en lo que respecta para la generación del Análisis Multitemporal.

Por otro lado para la generación de la cartografía base se definió $E = 1:50.000$ por los siguientes motivos.

- El Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) no genera cartografía base 1:100.000, con ciertas excepciones en donde se ha requerido esta información para proyectos específicos.
- Para la generación de cartografía base a 1:100.000 se tendría que realizar una restitución de la zona, lo que implica costos, autorizaciones para dicho trabajo y fundamentalmente tiempo.
- Al utilizar cartografía base 1:50.000 para procesos como la georreferenciación de imágenes a escala 1:100.000 su nivel de detalle y ajuste de la imagen a la cartografía base es mucho más preciso y por lo tanto más óptimo. (Manejo de la Escala de Desarrollo).
- Además se consideró que la generación de esta información a escala 1:50.000 sería de gran utilidad para la ejecución de proyectos posteriores.

Unidad Mínima de Mapeo (UMM)

La unidad mínima de mapeo es 2.5 mm., al considerar errores de cartografía y digitalización esta unidad asciende a 5 mm. [Beltrán K. y Rodríguez P., 2002]

Por lo tanto la unidad mínima de mapeo de acuerdo a nuestra escala general del estudio se definió una UMM de 25 ha.

$$\begin{aligned} UMM &= (100 .000 \text{ mm} * 5 \text{ mm})^2 \\ UMM &= (500 .000 \text{ mm})^2 = (500 \text{ m})^2 \\ UMM &= 250 .000 \text{ m}^2 = 25 \text{ ha} \end{aligned}$$

Sistemas de Coordenadas

Datum Vertical: Nivel Medio del Mar, Estación Mareográfica de la Libertad, Provincia del Guayas, 1959.

Datum Horizontal: Provisional de Sudamérica 1956 (La Canoa Venezuela).

Elipsoide de Hayford 1910, Sistema de Referencia PSAD - 56

Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)

Zona: 17 Sur.

3.1.1 Generación de la Cartografía Base

Para el cumplimiento de esta etapa se contó con información cartográfica a escala 1:50.000 en formato digital como análogo. En la Tabla 3.1.1 se indica en forma detallada las cartas topográficas utilizadas en los dos tipos de formatos.

Tabla 3.1.1 Cartas topográficas del área de estudio

Nombre de la Carta	Formato	
	Digital	Análogo
Río Antisana		X*
Río Chalupas		X*
Tena		X*
Puerto Napo		X*
Santa Clara		X*
Puyo		X*
Mera		X*
Sardinas		X*
Laguna de Antejos	X	
Latacunga	X	
Río Napo	X	
San José de Paolo	X	
Salcedo	X	
Río Negro	X	
Sucre	X	
Ambato	X	
Mera	X	
Baños	X	

* Cartografía Base digitalizada.

Los principales proveedores de esta información fueron: El Instituto Geográfico Militar (IGM) en donde se adquirió las cartas en donde había ausencia de cartografía digital generada, los Consejos Provinciales de Tungurahua y Cotopaxi, SIGAGRO, y la Fundación de Estudios Ecológicos (EcoCiencia) quienes proveyeron de cartas en formato digital.

Recopilada la información se procedió a generar la cartografía base en las zonas en donde había ausencia de información y que necesariamente fue indispensable generar debido a que el cumplimiento de otras etapas que dependían de esta etapa.

Generada la cartografía base se procedió a depurar la información es decir tener muy en cuenta la consistencia lógica entre los elementos y a lo que se le denomina como topología. Aquí se identificaron elementos como: De longitud cero o elementos de área tales como: cruce de áreas, cruce de líneas, líneas sueltas (Undershoots - Overshoots), dangles, entre otros. La depuración de la información se realizó mediante el uso de las herramientas SIG.

Finalmente realizada la verificación de la información se procedió a estructurar la información en donde se considero un primer nivel para estructurar la información, se hizo referencia a organizarla según el tipo de elemento, es decir; puntos, líneas y polígonos, con los que básicamente se generan en la cartografía base para que luego cada tipo de elemento según su característica propia tome un segundo nivel por lo que se pudo obtener en un mismo espacio geográfico, cotas, poblados, ciudades, curvas de nivel primarias y secundarias, ríos simples y dobles, lagunas, ciudades y finalmente vías.

3.1.2 Obtención, tratamiento e interpretación de imágenes satelitales

De igual manera como insumos se recurrieron a varias instituciones que fueron los proveedores de las imágenes satelitales entre las cuales tenemos: United States Geological Survey (USGS) quienes proveyeron de las imágenes Landsat para los años 2004, Global Cover Land Facility que junto a la Fundación EcoCiencia facilitaron las imágenes restantes para los períodos de análisis.

Tabla 3.1.2 Imágenes Landsat del área de estudio

Zona	Path - Row	Fecha	Periodo
Llanganates	10_61	15/10/1991	Inicial : 1991
	10_61	21/12/1998	Intermedio: 1998
	10_61	17/02/1997	Intermedio:1997-1998
	10_61	28/01/2004	Actual: 2004

En la etapa de Pre – Proceso fue de vital importancia, ya que aquí es en donde se prepara a la imagen satelital para que pueda ser útil para los procesos de análisis.

La corrección radiométrica fue de gran utilidad debido a que permitió realizar ciertos ajustes en las imágenes satelitales las cuales lamentablemente venían con problemas, en ciertas zonas donde carecía de información (N.D.), que podían deberse principalmente por efectos del ruido y que definitivamente podrían causar problemas en el desarrollo de las siguientes etapas como la extracción del área de estudio y la interpretación misma de la imagen.

Una vez realizada la corrección radiométrica se procedió a realizar un corte del área de estudio. Para el corte del área de trabajo se tomo en cuenta una zona de amortiguamiento de 7 kilómetros.

Para la etapa de georreferenciación se procedió a tomar las imágenes satelitales Landsat de los períodos de análisis 1991 – 1998 – 2004, en donde se las ajusto en base a la cartografía base 1:50.000 elaborada en la etapa anterior, se utilizo el modelo afín que utiliza siete parámetros de transformación, tres de traslación, tres de rotación y uno el cual controla el factor escala.

Preparada nuestra área de trabajo la imagen fue sometida al proceso de realce, con el fin de mejorar y optimizar la calidad de la imagen para el trabajo de interpretación. Para esto primeramente se seleccionaron 3 las bandas con las cuales nos permitirían identificar los tipos de cobertura vegetal y uso. Dicha selección de bandas se las realizo por las siguientes características:

Banda 2 (0.52 – 0.60): Estado fenológico de la vegetación.

Banda 3 (0.63 – 0.69): Delimitación de masas de agua y contenido de biomasa.

Banda 4 (0.76 – 0.90): Delimitación de bandas de agua y contenido en biomasa.

Banda 5 (1.55 – 1.75): Medida de la humedad del suelo y vegetación.

Banda 7 (2.08 – 2.35): Determinación de rocas alteras y suelos.

Al utilizar cierto tipo de combinaciones nos permitió optimizar el proceso de interpretación, usualmente se utilizan varias combinaciones determinadas para ciertos propósitos como: análisis del estado de salud de la vegetación, determinación de cambio de la litología entre otras. Las combinaciones de las bandas que se utilizaron para fines de nuestro estudio fueron 453 y 742 (RGB).

Combinación 453 (RIS): Se usa para análisis de vegetación, biomasa, se halla suelo desnudo se ve en tonos de azules y cian además permite realzar con gran detalle los límites entre cuerpos de agua y el suelo, la diferenciación entre los tipos de vegetación nos indican colores verdes, naranja y marrones, mientras que las actividades antrópica y suelo desnudo toman tonalidades del magenta y cian.

Combinación 742: Permite determinar las áreas urbanas las cuales muestran tonalidades del color magenta, así como también indica las áreas forestales, por lo que se pudo realizar una discriminación entre actividad antrópica y vegetación natural.

Realizadas las combinaciones de las bandas se procedió a realizar una clasificación no supervisada con el fin de dotar de información para la salida de campo, aquí se determino zonas criticas en donde podían presentar algún tipo de cambio y que era muy importante tener un análisis preliminar de la zona para poder confirmar en nuestra cobertura final.

3.1.3 Comprobación de campo y ajuste de uso del suelo y cobertura vegetal actual

Para el desarrollo del trabajo de campo fue muy importante contar con la información obtenida a partir de la realización de la clasificación no supervisada la cual nos doto de datos relevantes sobre el comportamiento de la cobertura vegetal y uso del suelo así como también se procedió a establecer las coberturas vegetales de análisis que correspondían a nuestra zona de estudio. Con dicha información se procedió a levantar puntos de control la cual fue representada espacialmente, en donde se identificaban zonas de cambios significativos y que podían constituir un avance de intervención en la zona de estudio. Para el cumplimiento de esta tarea, se procedió a tomar puntos en la zona de análisis mediante la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se procedió a la foto identificación, recolección de datos referenciales como tipo de cobertura o uso, entre otros.

El tamaño de la muestra depende del diseño y del tipo de estudio del proyecto, para nuestro caso fue muy importante determinar el comportamiento que tenía la cobertura vegetal y uso del suelo, si existía un cambio o por lo contrario se mantenía en sus mismas condiciones. La existencia de un cambio o ausencia del mismo corresponde a una variable discreta la cual sigue una distribución binomial la cual presenta dos resultados posibles. (0 – 1; Verdadero – Falso). Como se puede ver estos resultados son mutuamente excluyentes. Para la determinación del tamaño de la muestra se utilizó la siguiente ecuación.

$n = p(1 - p) * \left(\frac{Z}{E}\right)^2$ <p><i>Ecuación IV</i></p> <p><i>n : Tamaño muestral</i> <i>p : Pr oporción esperada</i> <i>Z : Valor normal es tan dar</i> <i>E : Error esperado</i> <i>CochranG ,1965</i></p> $n_{95\%} = 0.5 * (1 - 0.5) * \left(\frac{1.96}{0.15}\right)^2$ $n_{95\%} = 42.68$ $n_{95\%} = 43 \text{ puntos}$
--

Posteriormente se desarrollo la clasificación supervisada en donde se dispuso de la información recolectada, se bajaron los datos al software. Al ubicar estos puntos sobre las coberturas iniciales preclasificadas, se procedió a establecer el tipo de formación vegetal o tipo de uso de suelo, con esto se confirmaba el cambio o no de dicha zona de análisis.

3.1.4 Homogenización de leyendas de uso del suelo y cobertura vegetal para los períodos de estudio

El sistema de clasificación de las formaciones vegetales en el cual se basó la leyenda de las diferentes coberturas identificadas para los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo fue principalmente el planteado por Rodrigo Sierra, el cual consta en la Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental en donde se considera criterios de tipo ambiental, biótico y topográfico. **Ver Anexo 1**

En la Tabla 3.1.4 se indican las coberturas vegetales y uso del suelo que fueron analizadas para el Parque Nacional Llanganates.

Tabla 3.1.4 Coberturas Vegetales y Uso del Suelo

Código	Tipo de cobertura vegetal y uso del suelo
1	Bosque de neblina montano
2	Bosque de neblina montano intervenido
3	Bosque plantado
4	Bosque siempreverde montano alto
5	Bosque siempreverde montano alto intervenido
6	Bosque siempreverde montano bajo
7	Bosque siempreverde montano bajo intervenido
8	Bosque siempreverde piemontano
9	Bosque siempreverde piemontano intervenido
10	Cuerpo de agua
11	Cultivo
12	Laguna
13	Matorral
14	Páramo de frailejones
15	Páramo herbáceo y almohadillas
16	Páramo herbáceo y almohadillas intervenido
17	Pasto plantado
18	Sin cobertura vegetal
19	Superpáramo
20	Zona urbana

Para determinar el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo del Parque Nacional Llanganates se analizaron los tres años (1991, 1998 y 2004), que a su vez nos permitieron establecer dos períodos o eventos de análisis (1991 – 1998 y 1998 – 2004). Al realizar el cruzamiento de los dos mapas se obtiene el mapa de cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo, que permite cuantificar e identificar las áreas donde se han producido diferentes cambios en la cobertura vegetal lo que permite definir las áreas críticas. Este análisis para los dos periodos establecidos permite definir las tasas de cambio de uso del suelo antes de la creación el parque y posterior a ello, lo que permite evaluar el impacto del establecimiento de esta área protegida.

3.1.5 Definición multitemporal de los cambios en el uso del suelo y cálculo de tasas de cambio

Para obtener el mapa de cambios entre las épocas de análisis fue necesario crear una nueva categorización para definir esos cambios. Es así, que al analizar las transformaciones entre grados de intervención (Agrupaciones de formaciones vegetales en función de su grado de intervención) de una época a otra, se derivaron las categorías explicadas en los siguientes párrafos.

Las definiciones de la categorización de cambios es la siguiente:

Cobertura Natural sin cambios.- Corresponde a aquellas áreas donde no se evidenció ningún tipo de cambio sobre la cobertura vegetal natural. Es decir que era cobertura natural en la fecha histórica, y continuó siendo cobertura vegetal en el segundo período.

Pérdida de vegetación natural.- Corresponde a aquellas áreas en las cuales se ha producido un avance de la intervención antrópica de un 0% a un 25% o 50%. Es decir que pasaron de ser vegetación natural a frente de intervención.

Pérdida total de vegetación natural.- Son aquellas en las cuales se evidencia una transformación total de la cobertura vegetal natural a usos antrópicos como pastos y cultivos. Es decir que se ha producido un avance de intervención del 0% a un 75% o 100%.

Recuperación de cobertura vegetal.- Son zonas en las cuales se evidenciaba intervención y que han sido posiblemente relegadas por otras actividades económicas, dando lugar a la recuperación de esas coberturas. Principalmente se presenta en la transformación de frentes de intervención a cobertura vegetal natural. Es decir que se ha producido una disminución del grado de intervención del 50% a un 25% o 0%.

Frente de intervención sin cambios.- En estas zonas se evidencia una intervención estable, en las cuales el grado de alteración no ha cambiado entre las fechas de análisis. Son zonas que eran frente de intervención en el pasado continuaron siendo frente de intervención.

Intervención antrópica consolidada.- Esta categoría corresponde a aquellas zonas que en las dos fechas de análisis ya presentan una actividad antrópica, es el caso de los cultivos y el pasto plantado, y en la segunda fecha continuaron presentando el mismo tipo de intervención.

Avance de zonas urbanas.- Son sectores aledaños a los centros urbanos que en la segunda fecha de análisis ya forman parte de la zona urbana. Es decir que pasaron de ser cultivos o pastos a ser sectores urbanos.

Recuperación parcial de cobertura vegetal.- Se identificaron zonas en las cuales se practicaba algún tipo de intervención antrópica como pastoreo y cultivos, en las cuales se abandonaron estas actividades, dando paso a la lenta regeneración del bosque, es decir a frente de intervención. Es decir que se ha producido una disminución del grado de intervención del 100 o 75% a un 50 o 25%.

Regeneración natural.- Esta categoría identifica las zonas en donde antes no existía vegetación por causas naturales como deslizamientos de tierra, ríos o glaciares y que después tienen vegetación, por ejemplo, por el cambio de curso de un río, porque los glaciares desaparecieron y ahora existe superpáramo circundante o porque sobre los deslizamientos existe vegetación reciente.

Urbanización consolidada. Son aquellas áreas que en las dos fechas de análisis presentan la categoría de zona sin vegetación por causa antrópica, es el caso de las ciudades. Es decir que fueron y siguen siendo zonas urbanas.

Ver resultados de los análisis de cambios en el Capítulo IV.

Tasas de cambio

Una vez que se ha calculado las áreas de cada cobertura vegetal y uso del suelo de los tres periodos de estudio, se compara el área del segundo período de estudio con el área del primer período de estudio para cada cobertura vegetal y se calcula el porcentaje de cambio de dicha cobertura según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cambio} = \left(\frac{A_2 * 100}{A_1} \right) - 100 \text{ Ecuación V}$$

A_1 : Area de la cobertura vegetal para el primer período
 A_2 : Area de la cobertura vegetal para el segundo período

Posteriormente se divide este porcentaje de cambio para el número de años del periodo de estudio, por ejemplo si A1 es el año 1998 y A2 es el año 2004 el número de años del periodo de estudio sería 6 años (2004-1998). Esto es la tasa anual de cambio para cada cobertura vegetal y uso del suelo.

3.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA

3.2.1 Recopilación de Información Secundaria

Para la realización de la recopilación de información secundario fue muy importante contar con datos de diferentes fuentes y que principalmente fueron las

instituciones publicas tales como: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), SENPLADES, INFOPLAN como también ONG'S. Además de información que disponen los gobiernos locales las cuales se encuentran involucrados dentro de la zona de estudio (Parque Nacional Llanganates). La información con la que se contó fueron de los datos censales del 2001.

El objetivo de contar con información secundaria principalmente fue para la generación de un análisis de los escenarios y con este poder establecer las causas que en alguna manera podrían haber influido en el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo del PNL, así como también permitirnos dar propuestas de solución y resaltar de sobre manera la importancia de conservar esta área protegida.

3.2.2 Procesamiento de la Información

Para el procesamiento de la información fue muy importante contar con datos de diferentes fuentes. Esto fue muy importante debido a que nos ayudó a verificar la correspondencia entre estas y en base a esta dicha comparación tomar la más oportuna y acertada información para nuestros propósitos. Toda esta información recopilada fue de gran utilidad para el análisis de escenarios que corresponde a la Fase IV. Lo relevante que se pudo obtener de la recopilación de dicha información fue sobre sus cantones en donde se detalla el número de habitantes, la actividad que desempeñan, las potencialidades que tienen sus tierras entre otras. Características que nos ayudaron a realizar un análisis de cómo se encontraba el sector. Cabe destacar que el procesamiento de la información se lo utilizó para la Fase III y IV. La información posteriormente fue jerarquizada en el modelamiento de los escenarios prospectivos de cada variable.

3.2.3 Mapeo de la información

El 99% de toma de decisiones están relacionadas con el espacio físico, y casi todas pueden ser mapeadas. El 80% de los problemas de la toma de decisiones tiene connotación espacial, las cuales no pueden ser relegadas si se desea encontrar decisiones justas y eficientes para la solución de problemas.

Bajo esta premisa se puede dar cuenta de la importancia que tiene la representación del entorno geográfico que nos rodea. Dichas connotaciones espaciales, puede describir distribuciones e interacciones de diferentes comportamientos y que están en función de ciertas características de tipo interna como externa las cuales interactúan entre sí y explican determinado fenómeno. Para nuestro estudio se procedió a mapear información que fue útil para nuestro modelo, claro esta que para la selección de la información se realizó una comparación entre el grupo de fuentes en donde se determinaba la más adecuada para nuestra zona de estudio, en función de su disponibilidad y actualidad.

La información espacializada se convirtió posteriormente en nuestro juego de variables que posteriormente nos ayudó a modelar un escenario futuro del Parque Nacional Llanganates. Las variables que se consideraron fueron de tipo antrópicasocial, físico y biótico. La información secundaria en su mayoría correspondían a fuentes en donde se encontraban a una escala de 1:250.000 por lo que el productos del Modelo Prospectivo se encontrará a dicha escala. Ver Anexo 2.

3.3 GENERACIÓN DEL ESCENARIO PROSPECTIVO DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL

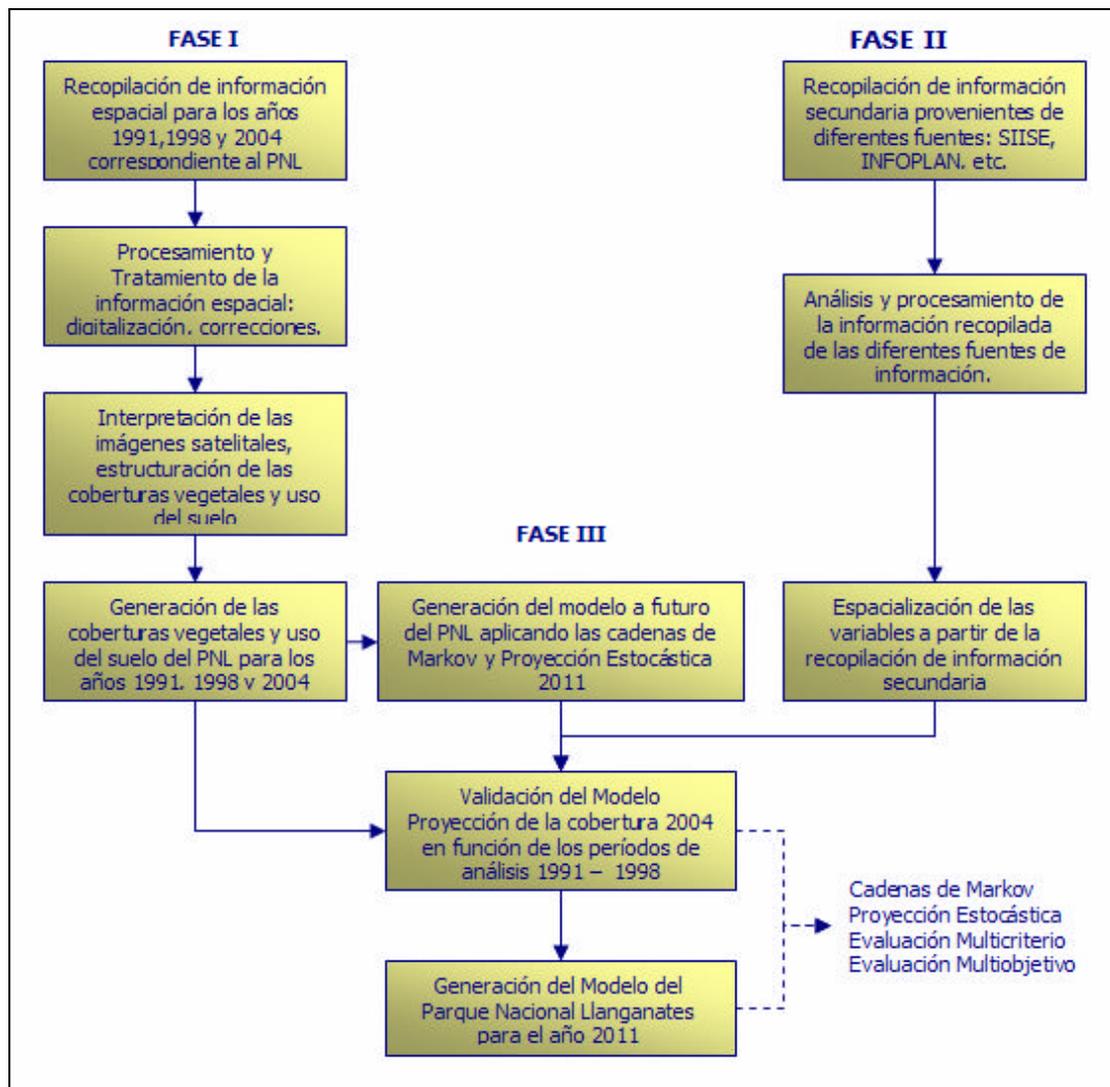


Figura 3.3 Metodología para Generar el Escenario Prospectivo

Últimamente la generación de un modelo a futuro o como bien llamaríamos una prospectiva de un modelo se lo realiza a través de análisis estadísticos, socioeconómicos, ambientales, etc.; Los cuales incluían informes técnicos que expresaban proyecciones a través de análisis FODA, datos estadísticos entre otros. Informes que son muy importantes pero a la vez carecían de una representación gráfica de la zona de análisis. La utilización de las cadenas de Markov que por sus características de proyección junto a las técnicas de evaluación multicriterio y multiobjetivo han permitido la realización del escenario futuro del Parque Nacional Llanganates a través del tiempo y del espacio.

Para la aplicación de las cadenas de Markov y la utilización de las técnicas evaluación multicriterio y multiobjetivo se han utilizado las herramientas SIG, las cuales han aportado y contribuido en gran manera para la generación de análisis espaciales.

3.3.1 Cadenas de Markov

Las cadenas de Markov permitieron modelar un escenario futuro a partir de dos estados anteriores en donde el valor del tiempo t_2 depende de los valores de los tiempos t_0 y t_1 , el análisis de las cadenas de Markov se basa en la dinámica interna del sistema (Proceso Estocástico), en donde registra una tendencia evolutiva de la cobertura vegetal y uso del suelo del Parque Nacional Llanganates, por lo cual no considera variables explicativas y descriptivas en el modelo.

Para la aplicación del modelo se tomo las coberturas vegetales y uso del suelo correspondientes a los años 1991 – 1998 – 2004 las que fueron obtenidas a partir del análisis multitemporal de cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo desarrollado en la Fase I.

Para las coberturas vegetales y uso del suelo de los períodos de análisis se asignó una nueva categoría, por ejemplo en la nueva categoría “Bosque Natural” se agrupó al bosque de neblina montano, siempreverde montano bajo, siempreverde montano alto y piemontano; de igual manera se realizo para el resto de coberturas. En la Tabla 3.3.1a se indican las nuevas categorías que participaron en el desarrollo del modelo a futuro.

Tabla 3.3.1a Categorías de Análisis de Cambios

Cod_Veg	Tipo Vegetación	Grados de Intervención	Cod_Cambio	Cod_Markov
1	Bosque de neblina montano	Vegetación Natural	1	1
2	Bosque de neblina montano intervenido	Frente de Intervención	2	2
3	Bosque plantado	Intervención Antrópica	3	7
4	Bosque siempreverde montano alto	Vegetación Natural	1	1
5	Bosque siempreverde montano alto intervenido	Frente de Intervención	2	2
6	Bosque siempreverde montano bajo	Vegetación Natural	1	1
7	Bosque siempreverde montano bajo intervenido	Frente de Intervención	2	2
8	Bosque siempreverde piemontano	Vegetación Natural	1	1
9	Bosque siempreverde piemontano intervenido	Frente de Intervención	2	2
10	Cuerpo de agua (Río)	Sin vegetación (natural)	4	5
11	Cultivo	Intervención Antrópica	3	7
12	Laguna	Sin vegetación (natural)	4	5
13	Matorral	Vegetación Natural	1	6
14	Páramo de frailejones	Vegetación Natural	1	3
15	Páramo herbáceo y almohadillas	Vegetación Natural	1	3
16	Páramo herbáceo y almohadillas intervenido	Frente de Intervención	2	4
17	Pasto plantado	Intervención Antrópica	3	7
18	Sin cobertura vegetal	Sin vegetación (natural)	4	5
19	Superpáramo	Vegetación Natural	1	3
20	Zona urbana	Sin vegetación (antrópica)	5	5

Fuente: Baquero F.; Sierra R; Ordóñez L.; Tipan M. Rivera M.B. Memoria Explicativa de los mapas de Vegetación.

Los motivos por los que se realizó una nueva categorización son los siguientes:

- Limitación del software ya que permitían trabajar con un máximo de 10 categorías.
- Factores de tiempo, un proceso de modelamiento toma varias horas.
- Para las fechas de análisis se debía contar con las mismas categorías de análisis.

Períodos de Análisis

Tanto para la proyección del modelo a futuro como para la validación del mismo se tuvo que contar con varias series cronológicas en las cuales se consideraron proyecciones prospectivas como retrospectivas las cuales se presentan en la Tabla 3.3.1b.

Tabla 3.3.1b Períodos de Análisis

Período	Fecha Análisis(t ₀)	Fecha Análisis (t ₁)	Proyección (t ₂)
I	1991	1998	2004
II	2004	1998	1991
III	1991	1998	2011
IV	1991	2004	2011
V	1998	2004	2011

Fuente: Martínez C. Estudio multitemporal de cambios en la cobertura vegetal (1979-2004 - 2015) Modelización prospectiva de la provincia de Cotopaxi.

Para la realización del modelo a futuro de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo del 2011 se utilizaron los períodos entre 1991 – 1998 (Tabla 3.3.1c), 1991 – 2004 (Tabla 3.3.1d) y 1998 – 2004 (Tabla 3.3.1e). Las cadenas de Markov representan un sistema dinámico de clases especiales y que a su vez son presentadas a través de la matriz de transición. La matriz de transición se caracteriza por que sus valores se encuentran entre 0 - 1 por lo que la sumatoria en sus filas da como resultado 1, además de ser una matriz cuadrada. A continuación se presenta la matriz de probabilidades de transición generada para los períodos de análisis.

Tabla 3.3.1c Matriz de Markov 1991 – 1998 → 2011
Valores de las Probabilidades de Transición

Categoría	Bosque Natural	Bosque Intervenido	Páramo Natural	Páramo Intervenido	Cuerpos de Agua	Matorral	Intervención Antrópica
Bosque Natural	0,6662	0,2471	0,0002	0,0001	0,0022	0,0000	0,0842
Bosque Intervenido	0,0519	0,4941	0,0009	0,0006	0,0180	0,0000	0,4344
Páramo Natural	0,0006	0,0011	0,7594	0,1997	0,0063	0,0000	0,0330
Páramo Intervenido	0,0000	0,0018	0,4456	0,5052	0,0005	0,0000	0,0468
Cuerpos de Agua	0,0233	0,0684	0,0537	0,0013	0,8394	0,0000	0,0139
Matorral	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,8500	0,0250
Intervención Antrópica	0,0052	0,2355	0,0010	0,0083	0,0213	0,0000	0,7287

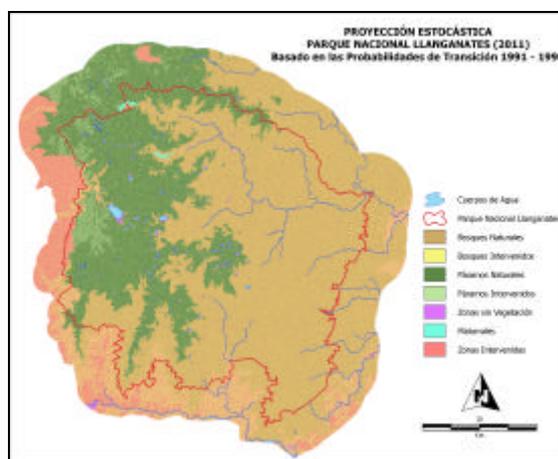


Tabla 3.3.1d Matriz de Markov 1991 – 2004 → 2011
Valores de las Probabilidades de Transición

Categoría	Bosque Natural	Bosque Intervenido	Páramo Natural	Páramo Intervenido	Cuerpos de Agua	Matorral	Intervención Antrópica
Bosque Natural	0,7799	0,2018	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0180
Bosque Intervenido	0,0165	0,6486	0,0007	0,0000	0,0095	0,0000	0,3247
Páramo Natural	0,0004	0,0000	0,7413	0,2378	0,0001	0,0000	0,0204
Páramo Intervenido	0,0000	0,0000	0,4715	0,4272	0,0000	0,0000	0,1013
Cuerpos de Agua	0,0180	0,0096	0,1144	0,0000	0,8416	0,0000	0,0165
Matorral	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,8500	0,0250
Intervención Antrópica	0,0136	0,1975	0,0000	0,0058	0,0086	0,0000	0,7746

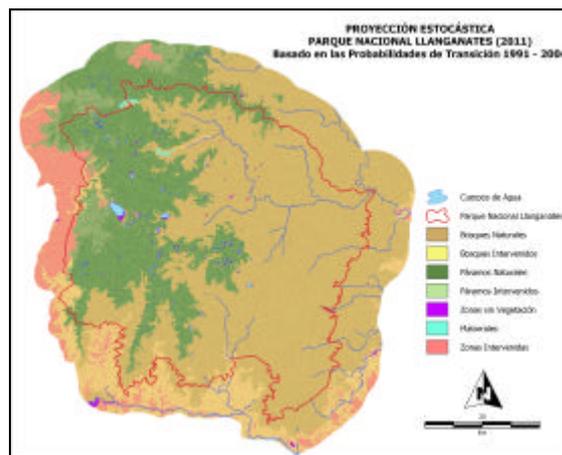
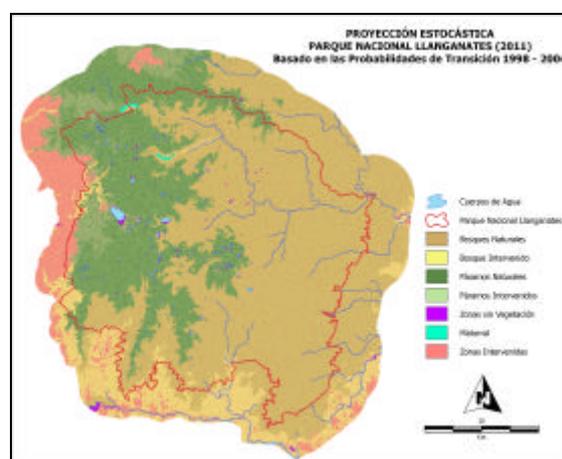


Tabla 3.3.1e Matriz de Markov 1998 – 2004 → 2011
Valores de las Probabilidades de Transición

Categoría	Bosque Natural	Bosque Intervenido	Páramo Natural	Páramo Intervenido	Cuerpos de Agua	Matorral	Intervención Antrópica
Bosque Natural	0,8118	0,1829	0,0006	0,0000	0,0013	0,0000	0,0033
Bosque Intervenido	0,0659	0,6793	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,2540
Páramo Natural	0,0007	0,0000	0,7196	0,2485	0,0002	0,0000	0,0311
Páramo Intervenido	0,0000	0,0000	0,4505	0,4106	0,0000	0,0000	0,1389
Cuerpos de Agua	0,0389	0,0019	0,1469	0,0000	0,8050	0,0000	0,0073
Matorral	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,8500	0,0250
Intervención Antrópica	0,0364	0,1680	0,0000	0,0000	0,0106	0,0000	0,7850



3.3.2 Evaluación Multicriterio y Multiobjetivo

Las técnicas de la evaluación multicriterio y multiobjetivo son utilizadas principalmente para la resolución de diferentes problemas de planificación, que mediante un análisis equilibrado de varios conceptos y criterios pueden modelar

aspectos tangibles como intangibles que se conjugan para brindar una respuesta que explique el comportamiento de cierto fenómeno.

Los modelos que se obtuvieron a partir del análisis de las cadenas de Markov corresponden a una proyección estocástica, la cual no considera procesos físicos, biofísicos, ambientales, sociales entre otros que se producen en el área de estudio, es por esto que se busca dar ciertos parámetros que me permitan fijar y afinar el modelo proyectado. Las variables que participaron en esta etapa fueron obtenidas en la Fase II y las cuales se indican en la Tabla 3.3.2. **Ver Anexo 2**

Tabla 3.3.2 Variables integradas en el modelamiento prospectivo

Variables	Tipo
Física	Altura
	Pendiente
	Temperatura
	Precipitación
	Distancia a cuerpos de agua
Antrópico – Social	Accesibilidad
	Distancia a vías de acceso
	Distancia a centros poblados
	Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas
	Distribución Población
	Concentración de la población por parroquia
	Tasa de crecimiento poblacional
Biótica	Distancia a zonas núcleo
	Representatividad
	Circularidad

3.3.3 Variables de análisis

Variable Física: Con esta variable lo que se pretende fue representar las características propias del entorno geográfico.

Variable Antrópico – Social: Utilizada para describir las condiciones de la población que podrían influir en la presencia de procesos a causa de presencia antrópica.

Variable Biótica: Representa condiciones de asociación y relación en lo que respecta a la distribución de las categorías de la cobertura vegetal.

Estandarización de las variables

Para que las variables puedan incluirse dentro del proceso de análisis tuvieron que ser estandarizadas, en esta etapa se procedió a reclasificar las variables por cada categoría en donde los valores que se asignaron fueron de 0 (Nada apto) – 255 (Muy apto) en la presencia del tipo de cobertura vegetal.

$$a = \left[b - \frac{b - \text{Min_Var}}{3} \right]$$

$$b = \left[\text{Mean} - \frac{\text{Std}}{2} \right]$$

$$c = \left[\text{Mean} + \frac{\text{Std}}{2} \right]$$

$$d = \left[c + \frac{\text{Max_Var}}{3} \right]$$

a, b, c, d : Puntos de quiebre necesarios para la estandarización.

Min_Var : Mínimo valor de la variable general analizada .

Mean : Media aritmética de la variable con respecto a la categoría de análisis .

Max_Var : Máximo valor de la variable general analizada .

Std : Desviación Es tan dar de la variable con respecto a la categoría de análisis .

C. Martínez

Posteriormente al conjunto de variables se las llevo al proceso MCE (multicriterio) en donde se asignaron sus correspondientes pesos, con lo que se obtuvo como resultado los mapas potenciales entre 0 - 255 en función de cada una de sus variables. Las obtenciones de las ponderaciones de cada variable se explicarán en la etapa de validación.

En la evaluación multiobjetivo finalmente se integra los modelos realizados a través de la proyección estocástica (cadenas de Markov) con los mapas potenciales obtenidos a partir de la evaluación multicriterio en donde se procede a la asignación a cada píxel una categoría de ocupación para la fecha que fue proyectada. Cabe destacar que en esta etapa se aplico un algoritmo de automatismo celular en donde se usa un filtro booleano de 5x5, que mide la contigüidad local, en el cual se incrementa la probabilidad de pertenecer a una categoría por su condición de vecindad.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}_{5 \times 5}$$

3.3.4 Validación

En la etapa de validación se analizaron los cambios producidos entre los años 1991 – 1998 y se proyectó la cobertura vegetal y uso del suelo para el año 2004 respecto a cada variable generada, los resultados fueron validados con el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2004 obtenido a través del Análisis Multitemporal, de esta manera se determinó cual es la combinación de variables que genera el resultado más ajustado con la realidad. Evaluándose de esta manera la precisión de los modelos obtenidos en cada modelamiento para cada cobertura vegetal y uso del suelo de acuerdo a cada variable. Para determinar dichas precisiones se utilizó el índice Kappa, el cual es utilizado para evaluar la concordancia entre lo real de lo modelado.

$$Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

P_o : Pr oporción de concordancia observada

P_e : Pr oporción de concordancia esperada

Tabla 3.3.4a Índice Kappa

Kappa (k)	Grado de concordancia
0	Ninguna
0.01 – 0.20	Insignificante
0.21 – 0.40	Mediano
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Sustancial
0.81 – 1.00	Casi Perfecto

Realizado este análisis se obtuvieron las siguientes precisiones que a su vez nos permitieron obtener las ponderaciones para cada una de las variables.

Tabla 3.3.4b Precisión de las variables

Número	Variable	Kappa
1	Accesibilidad	0.8253
2	Altura	0.8246
3	Circularidad	0.8212
4	Concentración de la Población	0.8109
5	Distancia Zonas Núcleo	0.8273
6	Distancia Poblados	0.8258
7	Distancia Ríos	0.8150
8	Distribución de la Población	0.8144
9	Distancia Vías	0.8269
10	INBI*	0.8019
11	Pendientes	0.8201
12	Precipitación	0.7868
13	Representatividad	0.8093
14	Tasa Crecimiento Poblacional	0.8083
15	Temperatura	0.8157

Finalmente se realizó el modelo general para el año 2004 en donde se considero las variables generadas con sus correspondientes ponderaciones, con lo que se obtuvo un índice de concordancia del 83% que dentro de la tabla califica a este porcentaje como un valor considerable y de alta aceptación.

Selección del período de análisis para la generación del modelo futuro al 2011

Para la selección del período de análisis para la proyección del modelo al año 2011 se consideraron varios aspectos los cuales se destacan:

- La realización del Análisis Multitemporal del Parque Nacional Llanganates se consideraron los períodos entre los años 1991 – 1998 y 2004. Los cuales presentan un tiempo de análisis cada 7 y 6 años respectivamente por lo cual fue muy importante tomar dicha secuencia de análisis en la proyección.
- Al analizar las matrices de transición se puede notar que entre los períodos de III y IV las probabilidades de cambio son muy altas y esto se debe a que el cálculo de las proyecciones obedecen a períodos temporales largos. Es decir que para el período de los años 1991 –1998 el tiempo de análisis es de 7 y la proyección para el 2011 es de 13 años. La Tabla 3.3.4c indica los diferentes tiempos de análisis para el modelamiento prospectivo.

Tabla 3.3.4c Periodos de análisis para el modelo prospectivo

Período	Fecha Análisis (t ₀)	DT ₁	Fecha Análisis (t ₁)	DT ₂	Proyección (t ₂)
III	1991	7	1998	13	2011
IV	1991	13	2004	7	2011
V	1998	6	2004	7	2011

Como se puede ver en la tabla el período de análisis que mejor se ajusta a las tendencias del análisis multitemporal es el período V, el cual es corroborado por la matriz de probabilidades de transición calculada para ese período.

- Otro factor muy importante y que involucra a todos son las matrices de probabilidades de transición de Markov, las cuales muestran cierto tipo de

linealidad, la que se acentúa cada vez más, cuando los períodos de análisis son demasiado largos. Para tener un cierto control a este proceso se considero nuevamente dichos períodos de análisis para la selección adecuada de este.

Con estos aspectos analizados y con las pruebas realizadas en la elaboración del modelo a futuro del año 2011 se optó por el período V como el más adecuado para la presentación del modelo futuro del Parque Nacional Llanganates 2011.

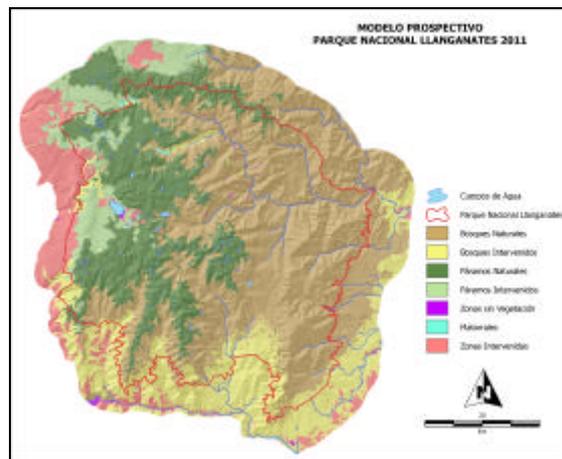


Figura 3.3.4 Modelo prospectivo de cobertura vegetal y uso del suelo del PNL para el 2011

3.4 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

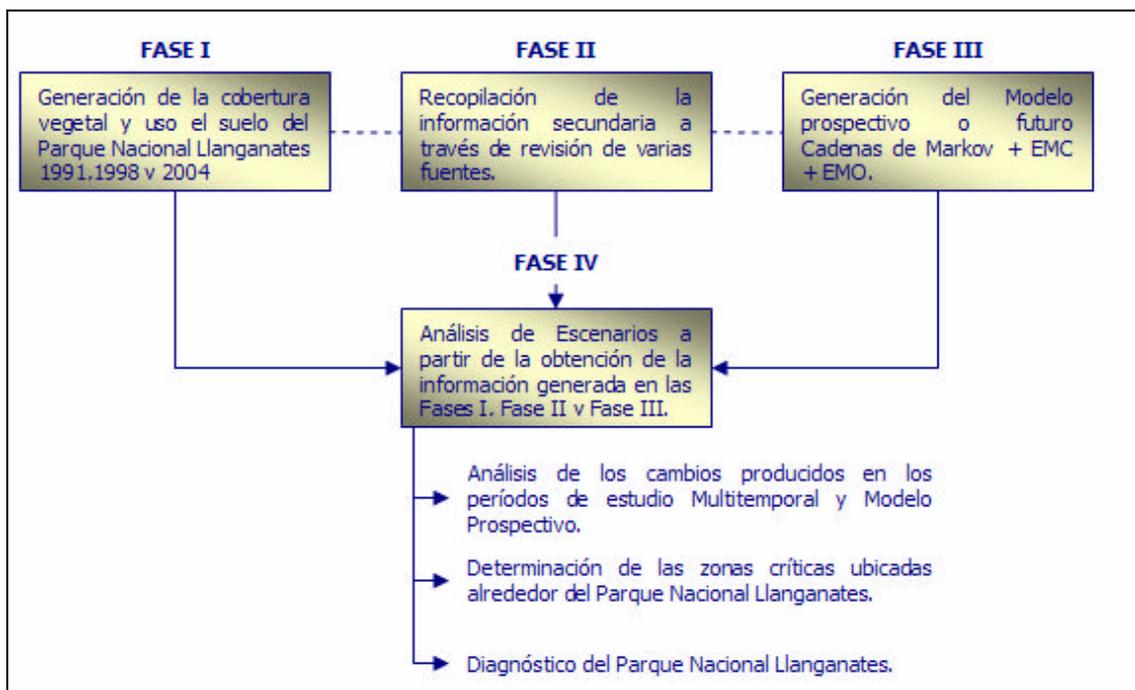


Tabla 3.4 Metodología para el análisis de escenarios

Los Escenarios reflejan la historia, el presente y futuro de diferentes entornos, entornos que pueden tener connotaciones espaciales, económicas, ambientales y las cuales se conjugarse y relacionarse para la explicación de cierto fenómeno que inquiete a cierto grupo de la sociedad.

Estos escenarios tienen gran importancia ya que permiten y ayudan al grupo de decisores a generar ideas y sus posibles soluciones de una manera concreta y óptima ante ciertos problemas. Encontrar la mejor decisión y resolver los problemas en una forma óptima resulta una tarea difícil y muy compleja, tener un escenario ideal requiere de muchos aspectos y esfuerzos en donde lo más importante es que exista un verdadero compromiso por parte de los actores.

El propósito fundamental de esta fase fue la de reflejar los diferentes aspectos que en cierta manera se encuentran relacionados con el Parque Nacional Llanganates y que ayuden a determinar un escenario tendencial en base a la información generada a través de los procesos anteriores. Siendo esta una etapa que permita resumir el estado situacional del PNL y su estado a un futuro no muy lejano. Por lo que permitirán establecer un grado de atención o por lo contrario de aceptación por parte de los decisores que están involucrados en el manejo de esta área protegida.

Es por eso que luego de los resultados alcanzados del análisis multitemporal y el modelamiento prospectivo de la cobertura vegetal y uso del suelo del Parque Nacional Llanganates para el año 2011, producto de un estudio serio y fundamentado, se puede tomar como un insumo para realizar planes de manejo, toma de decisiones, planificación y demás, estos resultados que a la final puede ser el escenario que tenga el parque en el futuro, sin decir con certeza que eso puede ocurrir, pero nos da una idea de lo que puede suceder con una probabilidad de ocurrencia.

3.4.1 Análisis de los cambios producidos en los períodos de estudio

Para la realización del análisis de cambios producidos en el PNL, se procedió a interpretar las tasas de cambio generadas en el análisis multitemporal en los períodos de estudio. Con esta información se pudo establecer en que manera el PNL ha sufrido un cambio y cual de los períodos de estudio ha tenido mayor influencia en el cambio, sobre todo en las fronteras y zonas aledañas del PNL. Cabe destacar que otra fuente en la cual nos permitió establecer un análisis de escenario y el cual esta también involucrado con la zona de estudio esta el modelo prospectivo del PNL para el 2011, información que en alguna manera nos permitió establecer el comportamiento tendencial en un futuro no muy lejano.

3.4.2 Determinación de las zonas críticas en el área de estudio

A partir de la información generada en el análisis multitemporal y el modelo a futuro del PNL se procedió a establecer las zonas críticas, las cuales presentan un mayor riesgo para ser intervenidas y que por ende podrían afectar en gran manera a la conservación de esta área protegida. Esta etapa es muy importante ya que nos permitió establecer las zonas más sensibles y vulnerables a cierto tipo de cambio y que ayudarán en gran manera a enfocar planes de manejo que coadyuven a la mitigación y frenen la intervención que pueda afectar al PNL.

Diagnóstico del Parque Nacional Llanganates

En esta etapa se procedió a realizar evaluaciones de los Sistemas Político - Administrativo, Biofísico y Socioeconómico. Dicha evaluación se lo hizo a partir de la información proporcionada en la Fase II y también a través de las observaciones realizadas y descritas en el PNL cuando se realizó las visitas de campo. Esta evaluación estuvo determinada en una forma integral para PNL y por lo cual se ha

realizado una síntesis del área de estudio. Para llevar a cabo esta tarea se procedió a elaborar un análisis por cada sistema de evaluación en el cual se rescata y describe lo más relevante del PNL. Una vez terminado el análisis del área de estudio se procedió a realizar matrices FODA los cuales nos permitirán establecer las potencialidades que nos permitirán resaltar características esenciales y primordiales de cada sistema en relación al PNL, así como también las limitantes que podrían interferir en la conservación, el buen manejo del área y que se consideran como llamados de alerta ante posibles amenazas a largo y corto plazo.

Este escenario es a final de cuentas un escenario tendencial, porque muestra cuales serían las condiciones de cobertura vegetal y uso del suelo en un plazo generacional, si se mantuvieran las tendencias actuales propias del modelo sin modificaciones, o sea que no toma en cuenta casos fortuitos o eventos casuales sociales o ambientales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 MAPAS DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL PARA LOS PERÍODOS DE ESTUDIO

Ver Anexo 5

- Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 1991 (Mapa No. 1).
- Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 1998 (Mapa No. 2).
- Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 2004 (Mapa No. 3).
- Mapa de cambios de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 1991-2004 (Mapa No. 4).
- Mapa de cambios de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 1991-1998 (Mapa No. 5).
- Mapa de cambios de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 1998-2004 (Mapa No. 6).
- Modelo Prospectivo estocástico de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 2011 (Mapa No. 7).
- Modelo Prospectivo cobertura vegetal y uso del suelo PNL 2011 (Mapa No. 8).
- Mapa de cambios de cobertura vegetal y uso del suelo PNL 2004-2011 (Mapa No. 9).

4.2 TASAS DE CAMBIOS OCURRIDOS SOBRE EL USO DEL SUELO Y LA COBERTURA VEGETAL

Aquí se presentarán las tablas y gráficos explicativos que reflejan el avance del Frente de Intervención. La superficie de cambio representa una substracción entre la superficie del primer año y la superficie del segundo año de análisis, si es positiva significa que ha aumentado la superficie de esa categoría, si es negativa que ha disminuido. El porcentaje de cambio significa el porcentaje en superficie que esa superficie de cambio representa con respecto a la superficie inicial. La tasa anual es el porcentaje de cambio dividido para el número de años de diferencia entre el primero y el segundo año de análisis.

Zona de estudio

En la Tabla 4.2.1 se muestra el total de superficie de cada categoría de tipo de vegetación que se clasificó para el presente proyecto, en hectáreas; y su proporción con relación al total de la superficie del Área de Estudio para los tres periodos de estudio (1991, 1998 y 2004).

Tabla 4.2.1. Cobertura Vegetal existente en cada Período de Análisis en la Zona de Estudio

Tipo de Vegetación			1991		1998		2004	
			Área (ha)	% Zona de Estudio	Área (ha)	% Zona de Estudio	Área (ha)	% Zona de Estudio
Vegetación Natural	Bosque	Bosque de neblina montano	71137,86	19,14	68611,37	18,46	68634,53	18,47
		Bosque siempreverde montano alto	50986,19	13,72	49177,39	13,23	48793,00	13,13
		Bosque siempreverde montano bajo	88733,29	23,87	83593,22	22,49	80861,66	21,76
		Bosque siempreverde piemontano	4755,56	1,28	3428,15	0,92	4032,51	1,08
		Subtotal	215612,90	58,01	204810,12	55,11	202321,70	54,44
	Vegetación Arbustiva	Matorral	362,41	0,10	362,41	0,10	362,41	0,10
		Subtotal	362,41	0,10	362,41	0,10	362,41	0,10
	Páramo	Páramo de frailejones	2,91	0,00	2,91	0,00	2,91	0,00
		Páramo herbáceo y almohadillas	97522,98	26,24	91697,78	24,67	85413,68	22,98
		Superpáramo	55,19	0,01	59,87	0,02	74,99	0,02
Subtotal		97581,08	26,26	91760,56	24,69	85491,58	23,00	
	Subtotal	313556,39	84,37	296933,09	79,89	288175,68	77,54	
Frente de Intervención	Bosque	Bosque de neblina montano intervenido	9554,78	2,57	10928,70	2,94	12215,84	3,29
		Bosque siempreverde montano alto intervenido	6457,48	1,74	5697,46	1,53	5899,23	1,59
		Bosque siempreverde montano bajo intervenido	14494,16	3,90	16777,09	4,51	19447,27	5,23
		Bosque siempreverde piemontano intervenido	629,36	0,17	1826,77	0,49	1082,69	0,29
		Subtotal	31135,76	8,38	35230,01	9,48	38645,02	10,40
	Páramo	Páramo herbáceo y almohadillas intervenido	5989,26	1,61	11071,21	2,98	15115,72	4,07
	Subtotal	5989,26	1,61	11071,21	2,98	15115,72	4,07	
	Subtotal	37125,02	9,99	46301,23	12,46	53760,74	14,46	
Intervención Antrópica		Bosque plantado	53,27	0,01	22,69	0,01	88,94	0,02
		Cultivo	10294,08	2,77	13897,64	3,74	17799,27	4,79
		Pasto plantado	7023,52	1,89	10757,36	2,89	8061,17	2,17
	Subtotal	17370,87	4,67	24677,69	6,64	25949,37	6,98	
Sin Vegetación	Causa Natural	Cuerpo de agua (Río)	2030,61	0,55	2022,47	0,54	2023,30	0,54
		Laguna	1361,03	0,37	1362,30	0,37	1360,98	0,37
		Nieve	19,47	0,01	14,79	0,00	0,00	0,00
		Sin cobertura vegetal	40,17	0,01	86,70	0,02	95,75	0,03
		Subtotal	3451,27	0,93	3486,26	0,94	3480,03	0,94
	Causa Antrópica	Zona urbana	159,33	0,04	264,61	0,07	297,05	0,08
	Subtotal	159,33	0,04	264,61	0,07	297,05	0,08	
	Subtotal	3610,60	0,97	3750,87	1,01	3777,08	1,02	
	TOTAL	371662,88	100,00	371662,88	100,00	371662,88	100,00	

En las Figuras 4.2.1 y 4.2.2 se muestra el cambio en la superficie para los tres períodos de estudio ya mencionados, para las cuatro agrupaciones que representan los grados de intervención sobre la vegetación. En las Figuras 4.2.4 y 4.2.5 se muestran barras solo para el Parque Nacional Llanganates.

Figura 4.2.1. Análisis Multitemporal de los cambios en los grados de intervención de la Cobertura Vegetal durante los períodos de análisis en la Zona de Estudio (área que comprende el Parque Nacional Llanganates y el área de amortiguamiento o influencia).

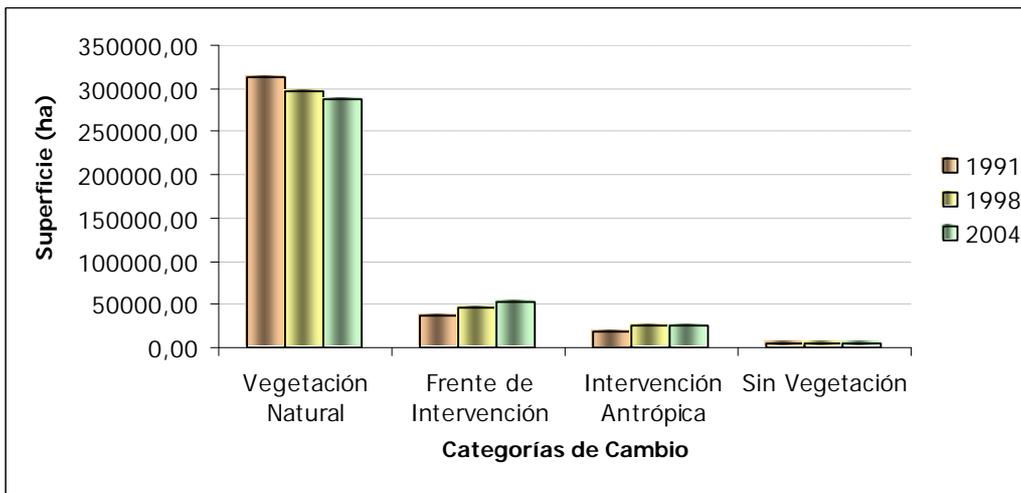
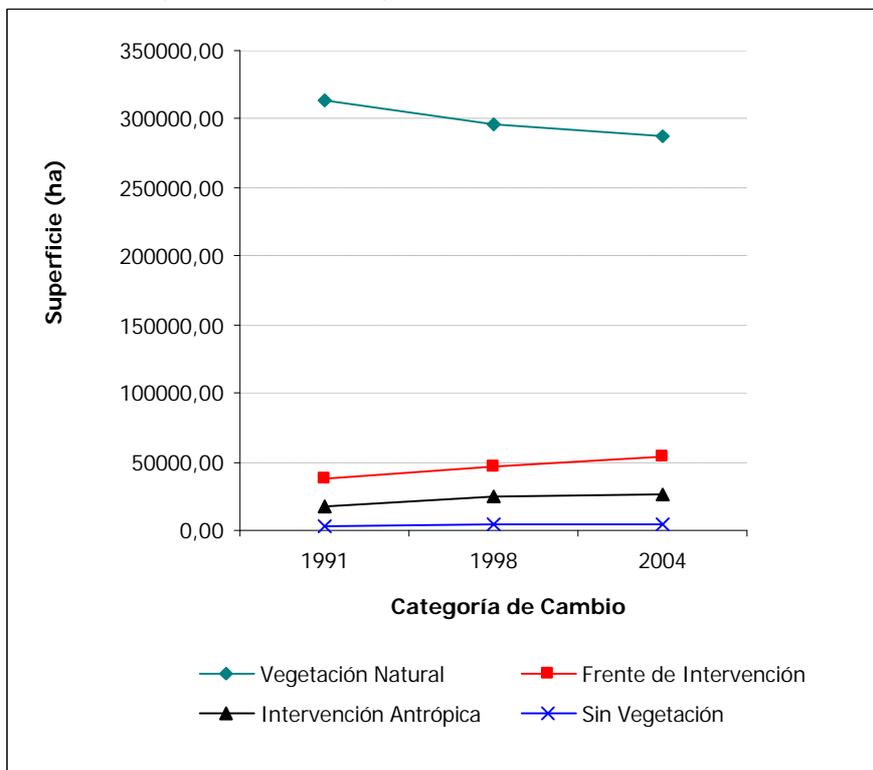


Figura 4.2.2 Análisis Multitemporal de los cambios en los grados de intervención de la cobertura vegetal de las categorías de cambio en la Zona de Estudio.



En la Figura 4.2.3 se muestran los porcentajes de superficie con respecto a la superficie total del Área de Estudio de las categorías de cambio para cada período de estudio.

Figura 4.2.3. Porcentaje de superficie de los grados de intervención de la Cobertura Vegetal de las categorías de cambio para cada período en la Zona de Estudio.

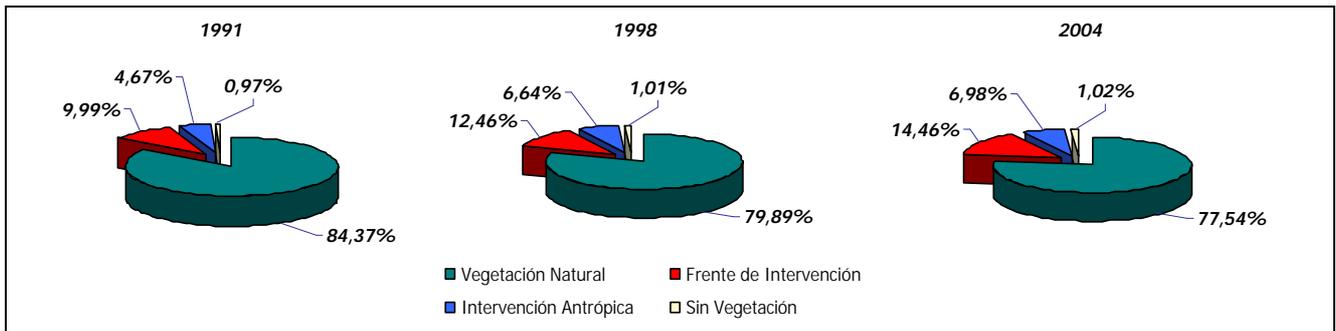


Tabla 4.2.2. Tasas de Cambio calculadas para cada período de análisis en la Zona de Estudio

Tipo de Vegetación			1991 - 2004			1991 - 1998			1998 - 2004		
			Superficie de Cambio (ha)	% de Cambio	Tasa Anual	Superficie de cambio (ha)	% de Cambio	Tasa Anual	Superficie de Cambio (ha)	% de Cambio	Tasa Anual
Vegetación Natural	Bosque	Bosque de neblina montano	-2503,33	-3,52	-0,27	-2526,49	-3,55	-0,51	23,16	0,03	0,01
		Bosque siempreverde montano alto	-2193,19	-4,30	-0,33	-1808,80	-3,55	-0,51	-384,39	-0,78	-0,13
		Bosque siempreverde montano bajo	-7871,64	-8,87	-0,68	-5140,08	-5,79	-0,83	-2731,56	-3,27	-0,54
		Bosque siempreverde piemontano	-723,05	-15,20	-1,17	-1327,41	-27,91	-3,99	604,37	17,63	2,94
		<i>Subtotal</i>	-13291,21	-6,16	-0,47	-10802,78	-5,01	-0,72	-2488,43	-1,21	-0,20
	Vegetación Arbustiva	Matorral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		<i>Subtotal</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Páramo	Páramo de frailejones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Páramo herbáceo y almohadillas	-12109,30	-12,42	-0,96	-5825,20	-5,97	-0,85	-6284,10	-6,85	-1,14
		Superpáramo	19,80	35,87	2,76	4,68	8,48	1,21	15,12	25,25	4,21
	<i>Subtotal</i>	-12089,50	-12,39	-0,95	-5820,52	-5,96	-0,85	-6268,99	-6,83	-1,14	
		<i>Subtotal</i>	-25380,71	-8,09	-0,62	-16623,29	-5,30	-0,76	-8757,41	-2,95	-0,49
Frente de Intervención	Bosque	Bosque de neblina montano intervenido	2661,06	27,85	2,14	1373,92	14,38	2,05	1287,14	11,78	1,96
		Bosque siempreverde montano alto intervenido	-558,25	-8,64	-0,66	-760,02	-11,77	-1,68	201,77	3,54	0,59
		Bosque siempreverde montano bajo intervenido	4953,11	34,17	2,63	2282,94	15,75	2,25	2670,17	15,92	2,65
		Bosque siempreverde piemontano intervenido	453,34	72,03	5,54	1197,41	190,26	27,18	-744,08	-40,73	-6,79
		<i>Subtotal</i>	7509,26	24,12	1,86	4094,25	13,15	1,88	3415,01	9,69	1,62
	Páramo	Páramo herbáceo y almohadillas intervenido	9126,46	152,38	11,72	5081,95	84,85	12,12	4044,51	36,53	6,09
	<i>Subtotal</i>	9126,46	152,38	11,72	5081,95	84,85	12,12	4044,51	36,53	6,09	
	<i>Subtotal</i>	16635,72	44,81	3,45	9176,20	24,72	3,53	7459,52	16,11	2,69	
Intervención Antrópica		Bosque plantado	35,67	100,00	7,69	-30,58	0,00	0,00	66,25	100,00	16,67
		Cultivo	7505,19	72,91	5,61	3603,56	35,01	5,00	3901,63	28,07	4,68
		Pasto plantado	1037,65	14,77	1,14	3733,85	53,16	7,59	-2696,19	-25,06	-4,18
	<i>Subtotal</i>	8578,51	49,38	3,80	7306,82	42,06	6,01	1271,68	5,15	0,86	
Sin Vegetación	Causa Natural	Cuerpo de agua (Río)	-7,31	-0,36	-0,03	-8,13	-0,40	-0,06	0,83	0,04	0,01
		Laguna	-0,05	0,00	0,00	1,27	0,09	0,01	-1,32	-0,10	-0,02
		Nieve	-19,47	-100,00	-7,69	-4,68	-24,03	-3,43	-14,79	-100,00	-16,67
		Sin cobertura vegetal	55,58	138,37	10,64	46,53	115,84	16,55	9,05	10,44	1,74
		<i>Subtotal</i>	28,76	0,83	0,06	34,99	1,01	0,14	-6,23	-0,18	-0,03
	Causa Antrópica	Zona urbana	137,72	86,44	6,65	105,28	66,08	9,44	32,44	12,26	2,04
	<i>Subtotal</i>	137,72	86,44	6,65	105,28	66,08	9,44	32,44	12,26	2,04	
	<i>Subtotal</i>	166,48	4,61	0,35	140,27	3,88	0,55	26,21	0,70	0,12	

Parque Nacional Llanganates

Tabla 4.2.3. Cobertura Vegetal existente en cada período de análisis en el PNL.

Tipo de Vegetación			1991		1998		2004	
			Área (ha)	% PNL	Área (ha)	% PNL	Área (ha)	% PNL
Vegetación Natural	Bosque	Bosque de neblina montano	59949,14	27,11	59071,46	26,71	58842,74	26,61
		Bosque siempreverde montano alto	41486,18	18,76	40581,72	18,35	40302,59	18,22
		Bosque siempreverde montano bajo	39159,64	17,71	38904,03	17,59	38895,38	17,59
		Bosque siempreverde piemontano	154,79	0,07	154,79	0,07	154,79	0,07
		Subtotal	140749,76	63,65	138712,00	62,72	138195,51	62,49
	Vegetación Arbustiva	Matorral	256,80	0,12	256,80	0,12	256,80	0,12
		Subtotal	256,80	0,12	256,80	0,12	256,80	0,12
	Páramo	Páramo de frailejones	2,91	0,00	2,91	0,00	2,91	0,00
		Páramo herbáceo y almohadillas	72094,89	32,60	68054,13	30,77	67277,44	30,42
		Superpáramo	55,19	0,02	59,87	0,03	74,99	0,03
Subtotal		72152,99	32,63	68116,91	30,80	67355,34	30,46	
	Subtotal	213159,54	96,39	207085,70	93,64	205807,64	93,06	
Frente de Intervención	Bosque	Bosque de neblina montano intervenido	896,80	0,41	1738,47	0,79	1963,83	0,89
		Bosque siempreverde montano alto intervenido	1456,56	0,66	2292,16	1,04	2532,51	1,15
		Bosque siempreverde montano bajo intervenido	409,71	0,19	661,14	0,30	670,53	0,30
		Subtotal	2763,07	1,25	4691,77	2,12	5166,87	2,34
	Páramo	Páramo herbáceo y almohadillas intervenido	2322,43	1,05	6269,22	2,83	6222,92	2,81
	Subtotal	2322,43	1,05	6269,22	2,83	6222,92	2,81	
	Subtotal	5085,50	2,30	10960,99	4,96	11389,79	5,15	
Intervención Antrópica	Bosque plantado	0,00	0,00	0,00	0,00	28,99	0,01	
	Cultivo	389,51	0,18	532,87	0,24	985,37	0,45	
	Pasto plantado	425,61	0,19	443,79	0,20	817,68	0,37	
	Subtotal	815,12	0,37	976,67	0,44	1832,04	0,83	
Sin Vegetación	Causa Natural	Cuerpo de agua (Río)	720,50	0,33	714,16	0,32	715,14	0,32
		Laguna	1307,68	0,59	1308,95	0,59	1307,61	0,59
		Nieve	19,47	0,01	14,79	0,01	0,00	0,00
		Sin cobertura vegetal	40,17	0,02	86,70	0,04	95,75	0,04
	Subtotal	2087,81	0,94	2124,60	0,96	2118,50	0,96	
	TOTAL	221147,97	100,00	221147,96	100,00	221147,96	100,00	

Figura 4.2.4. Análisis Multitemporal de los cambios en los grados de intervención de la cobertura vegetal durante los períodos de análisis en el PNL (Área que comprende exclusivamente el PNL).

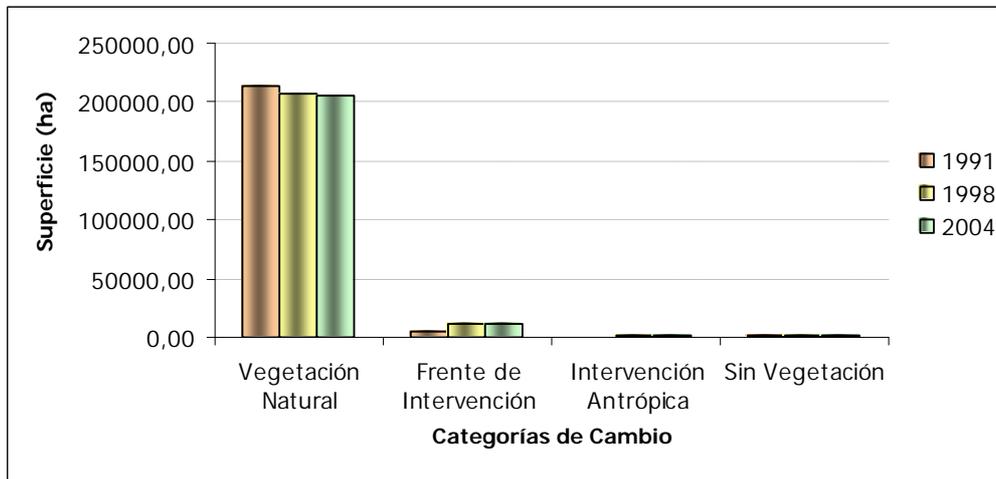
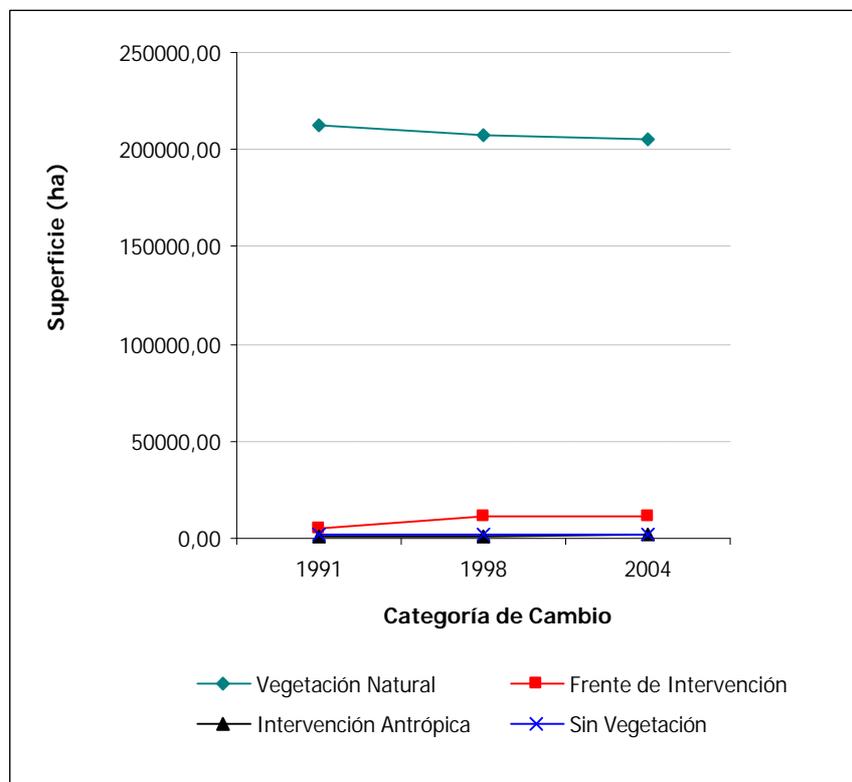


Figura 4.2.5. Análisis Multitemporal de los cambios en los grados de intervención de la cobertura vegetal de las categorías de cambio en el Parque Nacional Llanganates.



En la Figura 4.2.6 se muestran diagramas de pastel solo para el Parque Nacional Llanganates en el cual se puede observar la disminución de la Vegetación Natural y el avance del Frente de Intervención.

Figura 4.2.6. Porcentaje de superficie de los grados de intervención de la cobertura vegetal de las categorías de cambio para cada período en el PNL.

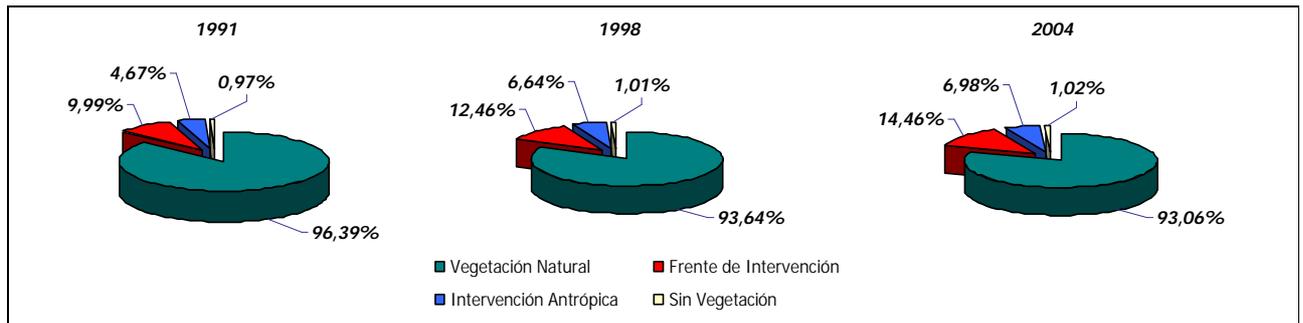


Tabla 4.2.4. Tasas de cambio calculadas para cada período de análisis en el Parque Nacional Llanganates.

Tipo de Vegetación			1991 - 2004			1991 - 1998			1998 - 2004		
			Superficie de Cambio (ha)	% de Cambio	Tasa Anual	Superficie de Cambio (ha)	% de Cambio	Tasa Anual	Superficie de Cambio (ha)	% de Cambio	Tasa Anual
Vegetación Natural	Bosque	Bosque de neblina montano	-1106,40	-1,85	-0,14	-877,69	-1,46	-0,21	-228,71	-0,39	-0,06
		Bosque siempreverde montano alto	-1183,59	-2,85	-0,22	-904,46	-2,18	-0,31	-279,13	-0,69	-0,11
		Bosque siempreverde montano bajo	-264,26	-0,67	-0,05	-255,61	-0,65	-0,09	-8,65	-0,02	0,00
		Bosque siempreverde piemontano	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Subtotal		-2554,25	-1,81	-0,14	-2037,76	-1,45	-0,21	-516,49	-0,37	-0,06
	Vegetación Arbustiva	Matorral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Subtotal		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Páramo	Páramo de frailejones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Páramo herbáceo y almohadillas	-4817,45	-6,68	-0,51	-4040,76	-5,60	-0,80	-776,69	-1,14	-0,19
		Superpáramo	19,80	35,87	2,76	4,68	8,48	1,21	15,12	25,25	4,21
Subtotal		-4797,66	-6,65	-0,51	-4036,09	-5,59	-0,80	-761,57	-1,12	-0,19	
Subtotal		-7351,91	-3,45	-0,27	-6073,84	-2,85	-0,41	-1278,06	-0,62	-0,10	
Frente de Intervención	Bosque	Bosque de neblina montano intervenido	1067,03	118,98	9,15	841,67	93,85	13,41	225,36	12,96	2,16
		Bosque siempreverde montano alto intervenido	1075,95	73,87	5,68	835,61	57,37	8,20	240,34	10,49	1,75
		Bosque siempreverde montano bajo intervenido	260,82	63,66	4,90	251,42	61,37	8,77	9,40	1,42	0,24
	Subtotal		2403,80	87,00	6,69	1928,70	69,80	9,97	475,10	10,13	1,69
	Páramo	Páramo herbáceo y almohadillas intervenido	3900,49	167,95	12,92	3946,80	169,94	24,28	-46,31	-0,74	-0,12
Subtotal		3900,49	167,95	12,92	3946,80	169,94	24,28	-46,31	-0,74	-0,12	
Subtotal		6304,29	123,97	9,54	5875,50	115,53	16,50	428,79	3,91	0,65	
Intervención Antrópica	Bosque plantado	28,99	100,00	7,69	0,00	0,00	0,00	28,99	100,00	16,67	
	Cultivo	595,86	152,97	11,77	143,36	36,80	5,26	452,50	84,92	14,15	
	Pasto plantado	392,07	92,12	7,09	18,19	4,27	0,61	373,88	84,25	14,04	
Subtotal		1016,92	124,76	9,60	161,54	19,82	2,83	855,38	87,58	14,60	
Sin Vegetación	Causa Natural	Cuerpo de agua (Río)	-5,36	-0,74	-0,06	-6,33	-0,88	-0,13	0,97	0,14	0,02
		Laguna	-0,07	-0,01	0,00	1,27	0,10	0,01	-1,34	-0,10	-0,02
		Nieve	-19,47	-100,00	-7,69	-4,68	-24,03	-3,43	-14,79	-100,00	-16,67
		Sin cobertura vegetal	55,58	138,37	10,64	46,53	115,84	16,55	9,05	10,44	1,74
Subtotal		30,68	1,47	0,11	36,79	1,76	0,25	-6,11	-0,29	-0,05	

Zona de Estudio

Tabla 4.2.5. Porcentaje de cambio respecto a la cobertura original del Área de Estudio (1991-2004)

Vegetación Inicial	Cambios 91 – 04	Tipo de Cambio	Área (ha)	% Cambio	% Zona de Estudio
Vegetación Natural	Vegetación Natural	Cobertura natural sin cambios	283906,02	90,54	76,39
	Frente de Intervención	Pérdida de vegetación natural	25209,96	8,04	6,78
	Intervención Antrópica	Pérdida total de vegetación natural	4366,94	1,39	1,17
	Sin Vegetación (natural)	Pérdida total de vegetación natural	68,68	0,02	0,02
	Sin Vegetación (antrópica)		12,18	0,00	0,00
		Subtotal	313563,78	100,00	84,37
Frente de Intervención	Vegetación Natural	Recuperación de cobertura vegetal	3885,63	10,45	1,05
	Frente de Intervención	Frente de intervención sin cambios	26618,97	71,62	7,16
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	6549,53	17,62	1,76
	Sin Vegetación (antrópica)	Avance de zonas urbanas	114,93	0,31	0,03
		Subtotal	37169,06	100,00	10,00
Intervención Antrópica	Vegetación Natural		355,86	2,05	0,10
	Frente de Intervención	Recuperación parcial de cobertura vegetal	1950,13	11,26	0,52
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	15003,29	86,62	4,04
Sin Vegetación (causa natural)	Vegetación Natural	Regeneración natural	36,25	1,05	0,01
	Frente de Intervención	Regeneración natural	2,63	0,08	0,00
	Sin Vegetación (natural)	Cobertura natural sin cambios	3411,23	98,87	0,92
		Subtotal	3450,10	100,00	0,93
Sin Vegetación (causa antrópica)	Sin Vegetación (antrópica)	Urbanización consolidada	158,67	100,00	0,04
		Subtotal	158,67	100,00	0,04
		TOTAL	371662,86	100,00	100,00

Parque Nacional Llanganates

Tabla 4.2.6. Porcentaje de cambio respecto a la cobertura original y al PNL (1991 – 2004)

Vegetación Inicial	Cambios 91 - 04	Tipo de Cambio	Área (ha)	% Cambio	% Cambio PNL
Vegetación Natural	Vegetación Natural	Cobertura natural sin cambios	204422,73	95,89	92,44
	Frente de Intervención	Pérdida de vegetación natural	8090,68	3,80	3,66
	Intervención Antrópica	Pérdida total de vegetación natural	593,52	0,28	0,27
	Sin Vegetación (natural)	Pérdida total de vegetación natural	68,68	0,03	0,03
		Subtotal	213175,60	100,00	96,40
Frente de Intervención	Vegetación Natural	Recuperación de cobertura vegetal	1352,67	26,63	0,61
	Frente de Intervención	Frente de intervención sin cambios	3285,61	64,67	1,49
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	441,97	8,70	0,20
		Subtotal	5080,25	100,00	2,30
Intervención Antrópica	Frente de Intervención	Recuperación parcial de cobertura vegetal	14,99	1,84	0,01
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	800,13	98,16	0,36
		Subtotal	815,12	100,00	0,37
Sin Vegetación (causa natural)	Vegetación Natural	Regeneración natural	36,25	1,75	0,02
	Frente de Intervención	Regeneración natural	2,63	0,13	0,00
	Sin Vegetación (natural)	Cobertura natural sin cambios	2038,12	98,13	0,92
		Subtotal	2077,00	100,00	0,94
		TOTAL	221147,96	100,00	100,00

4.3 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS EN LOS PERIODOS DE ESTUDIO

Cobertura vegetal del Parque Nacional Llanganates

- Para el primer período de análisis que fue el año de 1991, el Parque Nacional Llanganates se encontraba cubierto en un 96.39% por vegetación natural, en un 2.67% con zonas con algún tipo de intervención y en un 0.94% por áreas sin vegetación entre las que se agrupan glaciares, cuerpos de agua (ríos y lagunas) y zonas sin cobertura vegetal por causas naturales. Mientras que hacia el 2004 los porcentajes varían a 93.06%, 5.98% y 0.96% respectivamente. Se observa un incremento en la superficie del frente de intervención principalmente por la expansión de bosques y páramos intervenidos. (Ver Tabla 4.2.3)

- La vegetación natural se encontró distribuida de la siguiente manera; El bosque: 63.65% para 1991, 62.72% para 1998 y 62.49% para el 2004. La vegetación arbustiva se mantuvo estable durante los tres períodos de análisis con un 0.12%. El páramo: 32.63% para 1991, 30.8% para 1998 y 30.46% para el 2004. (Ver Tabla 4.2.3)

- Las áreas con algún tipo de intervención se distribuyeron así; el frente de intervención: el 2.3% para 1991, 4.96% para 1998 y 5.15% para el 2004. Los cultivos: 0.18% para 1991, 0.24% para 1998, y alcanzó el 0.45% para el 2004. Los pastos plantados 0.19% para 1991, 0.2% para 1998, mientras que para el 2004 este valor se transformó en 0.39%. Finalmente los bosques plantados aparecieron después de 1998 y para el 2004 llegaron al 0.01%. (Ver Tabla 4.2.3)

Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el Parque Nacional Llanganates

- El PNL presenta una tasa anual de pérdida de la vegetación natural del 0.1% (2.13 km² anuales), el frente de intervención tienen una tasa anual de crecimiento del 0.65% y las zonas con intervención antrópica presentan una tasa de crecimiento anual del 14.6% lo que representa que cada año existan 1.43 km² de nuevas zonas con bosques plantados, cultivos y pastos plantados. (Ver Tabla 4.2.4)
- El páramo de Frailejones presente en la zona, llega apenas a las 3 Ha, sin embargo esta formación se encuentra mapeada en las coberturas temáticas generadas.
- Con respecto a la interpretación de páramos de pajonal y almohadillas, es necesario mencionar que la diferenciación entre natural e intervenido se convirtió en una tarea muy compleja debido a que existe una dinámica constante en el cambio de uso del páramo, estando este generalmente intervenido por pastoreo de ganado bravo, excepto en las zonas muy inaccesibles.
- Por otro lado, de manera similar, los bosques y páramos dentro del parque se caracterizan principalmente por ser de difícil acceso, lo que determina que no exista una marcada presión antrópica sobre éstas áreas. Se puede concluir que la cobertura vegetal natural con mayor cambio es el páramo herbáceo y almohadillas debido a que existe intervención especialmente en la zona de la laguna de Pisayambo. Sin embargo entre el segundo y tercer periodo existió una recuperación del páramo talvez por la creación del PNL, la principal actividad de intervención en el páramo es el pastoreo, lo que quiere decir que esta actividad dentro del Parque ha sido controlada.

- La cobertura vegetal generada para el análisis Multitemporal del período intermedio tuvo que ser construida con parches de información referencial como el mapa de uso del suelo y cobertura vegetal realizada por Carlos Mena para el libro “Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas” en 1999. Esto debido a la escasa información disponible en la imagen de la zona para ese año (se utilizó la información existente); principalmente por la presencia de nubes en ciertos sectores.
- En la comparación de los tres períodos de análisis se puede evidenciar que la vegetación natural del Parque Nacional Llanganates permaneció casi intacta en las zonas inaccesibles, principalmente. Basándonos en los resultados expuestos en la Tabla 4.2.3, vemos que los bosques que eran naturales en el primer período de análisis permanecieron como tal casi en su totalidad, se observa disminución en un pequeño porcentaje. En general se puede decir que hubo pérdida de bosque natural entre el 1991 y el 2004 en un 1.81% (Ver Tabla 4.2.4). La pérdida del bosque siempreverde montano alto es la más acelerada, especialmente en los del occidente del Parque debido a que son las zonas con mayor accesibilidad y a la expansión de la frontera agrícola.

4.4 ANALISIS DEL MODELO PROSPECTIVO 2011

Zona de estudio

Tabla 4.3.1. Cobertura vegetal modelada para el año 2011 en la Zona de Estudio.

Tipo de Vegetación	2011	
	Área (ha)	% Zona de Estudio
Bosques Naturales	172238,49	46,34
Bosques Intervenidos	66113,19	17,79
Páramos Naturales	74198,16	19,96
Páramos Intervenidos	24165,18	6,50
Sin Vegetación	2924,10	0,79
Matorrales	318,78	0,09
Intervención Antrópica	31704,98	8,53
TOTAL	371662,88	100,00

Figura 4.3.1. Análisis Multitemporal y Prospectivo de los cambios en el tipo de vegetación de la cobertura vegetal durante los periodos de análisis en la Zona de Estudio (área que comprende el PNL y el área de amortiguamiento o influencia).

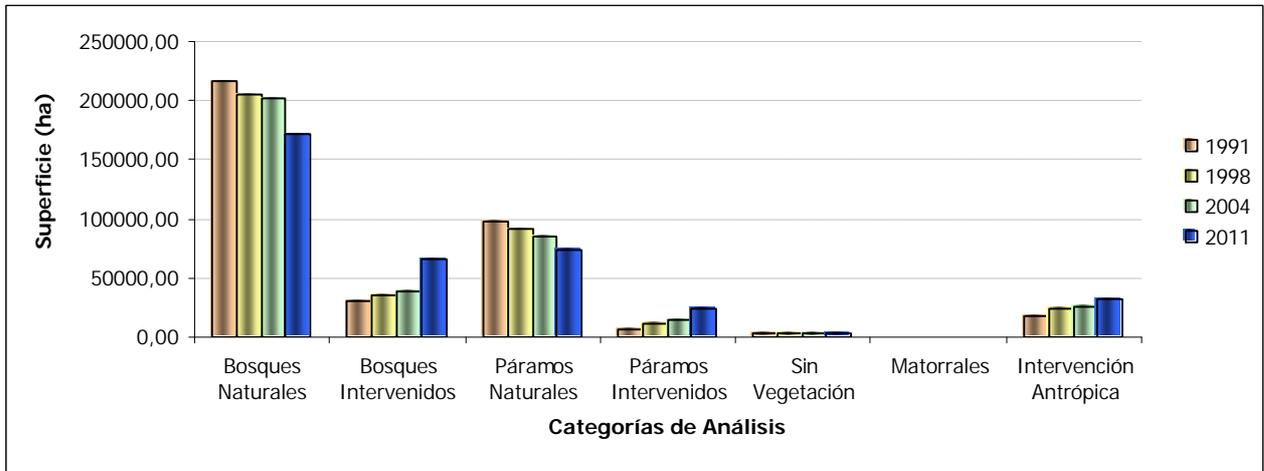


Figura 4.3.2 Análisis Multitemporal y Prospectivo de los cambios en el tipo de vegetación de la cobertura vegetal durante los periodos de análisis en la Zona de Estudio.

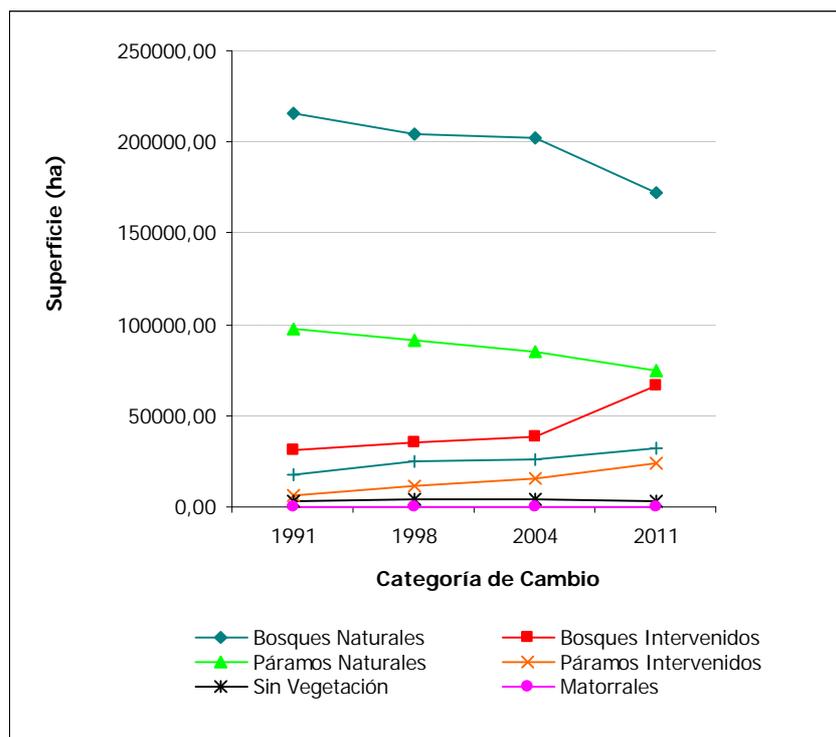


Figura 4.3.3. Porcentaje de superficie por tipo de vegetación de la cobertura vegetal para los 2 últimos periodos y el Prospectivo en la Zona de Estudio.

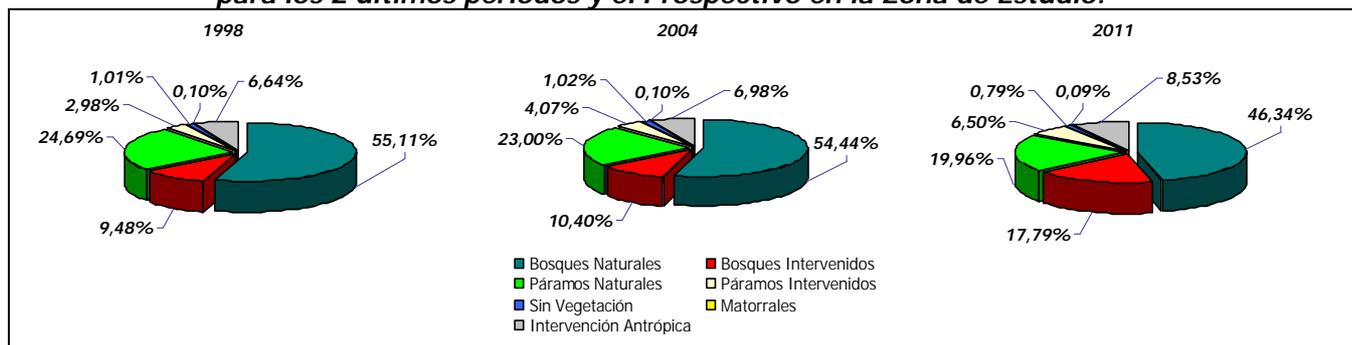


Tabla 4.3.2. Tasas de cambio calculadas para el año 2011 en la Zona de Estudio

Tipo de Vegetación	2004 - 2011		
	Superficie de Cambio (ha)	% de Cambio	Tasa Anual
Bosques Naturales	-30083,21	-14,87	-2,12
Bosques Intervencionados	27468,17	71,08	10,15
Páramos Naturales	-11293,42	-13,21	-1,89
Páramos Intervencionados	9049,46	59,87	8,55
Sin Vegetación	-852,98	-22,58	-3,23
Matorrales	-43,63	-12,04	-1,72
Intervención Antrópica	5755,60	22,18	3,17

Tabla 4.3.3. Porcentaje de cambio respecto a la Cobertura original y al Área de Estudio (2004 – 2011).

Vegetación Inicial	Cambios 04 - 11	Tipo de Cambio	Área (ha)	% Cambio	% Zona de Estudio
Vegetación Natural	Vegetación Natural	Cobertura natural sin cambios	244172,94	84,73	65,70
	Frente de Intervención	Pérdida de vegetación natural	42283,56	14,67	11,38
	Intervención Antrópica	Pérdida total de vegetación natural	1518,41	0,53	0,41
	Zonas sin Vegetación	Pérdida total de vegetación natural	200,73	0,07	0,05
		Subtotal		288175,64	100,00
Frente de Intervención	Vegetación Natural	Recuperación de cobertura vegetal	33,29	0,06	0,01
	Frente de Intervención	Frente de intervención sin cambios	48910,36	90,98	13,16
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	4735,72	8,81	1,27
	Zonas sin Vegetación	Pérdida total de vegetación	81,36	0,15	0,02
		Subtotal		53760,73	100,00
Intervención Antrópica	Vegetación Natural	Recuperación de cobertura vegetal	192,07	0,74	0,05
	Frente de Intervención	Recuperación parcial de cobertura vegetal	351,72	1,36	0,09
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	25366,45	97,75	6,83
	Zonas sin Vegetación	Cambio de curso del río / Avance de zonas urbanas	39,13	0,15	0,01
		Subtotal		25949,36	100,00
Zonas sin Vegetación	Vegetación Natural	Regeneración natural	1274,03	33,73	0,34
	Frente de Intervención	Regeneración natural	323,70	8,57	0,09
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	40,99	1,09	0,01
	Zonas sin Vegetación	Cobertura sin cambios	2138,34	56,61	0,58
		Subtotal		3777,06	100,00
	TOTAL		371662,79	100,00	100,00

Parque Nacional Llanganates

Tabla 4.3.4. Cobertura vegetal modelada para el año 2011 en el PNL.

Tipo de Vegetación	2011	
	Área (ha)	% PNL
Bosques Naturales	126271,62	57,10
Bosques Intervenidos	16860,83	7,62
Páramos Naturales	62163,36	28,11
Páramos Intervenidos	11432,70	5,17
Sin Vegetación	1330,83	0,60
Matorrales	227,43	0,10
Intervención Antrópica	2861,19	1,29
TOTAL	221147,96	100,00

Figura 4.3.4. Análisis Multitemporal y Prospectivo de los cambios en el tipo de vegetación de la cobertura vegetal durante los períodos de análisis en el PNL.

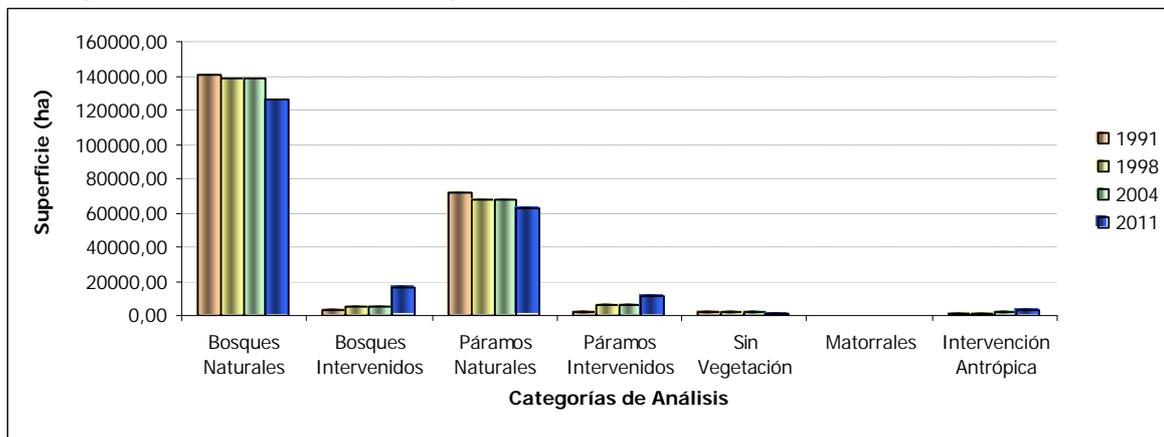


Figura 4.3.5 Análisis Multitemporal y Prospectivo de los cambios en el tipo de vegetación de la cobertura vegetal durante los períodos de análisis en el PNL.

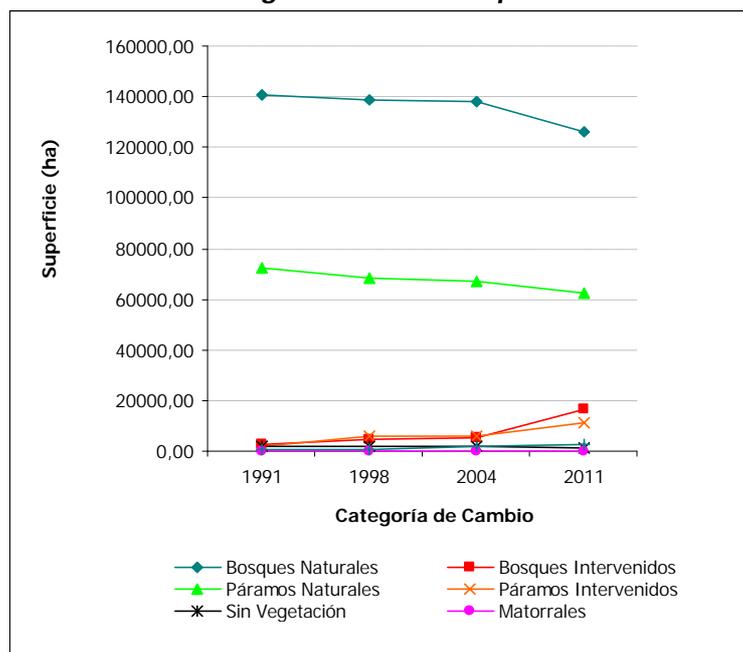


Figura 4.3.6. Porcentaje de superficie por tipo de vegetación de la cobertura vegetal para los dos últimos periodos y el Prospectivo en el PNL.

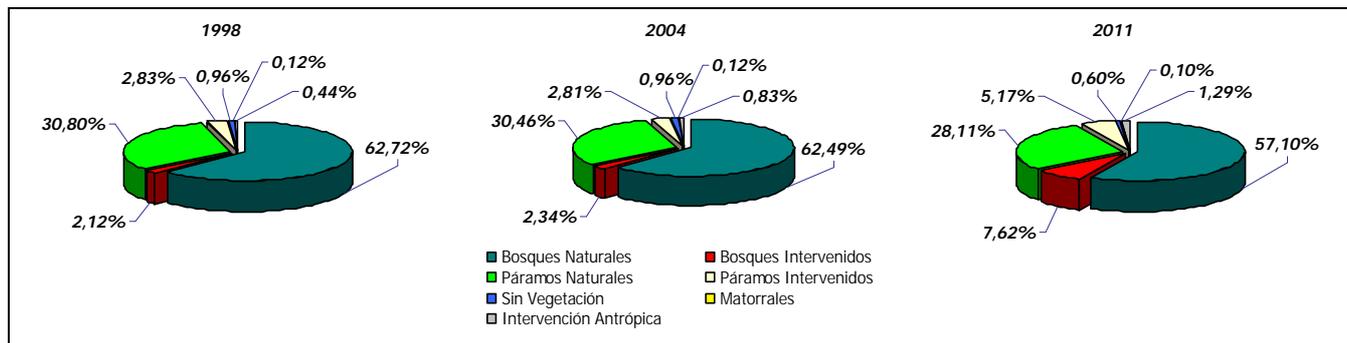


Tabla 4.3.6. Porcentaje de cambio respecto a la cobertura original y el PNL (2004 – 2011).

Vegetación Inicial	Cambios 04 - 11	Tipo de Cambio	Área (ha)	% Cambio	% PNL
Vegetación Natural	Vegetación Natural	Cobertura natural sin cambios	187080,10	90,90	84,60
	Frente de Intervención	Pérdida de vegetación natural	18218,54	8,85	8,24
	Intervención Antrópica	Pérdida total de vegetación natural	373,84	0,18	0,17
	Zonas sin Vegetación	Pérdida total de vegetación natural	135,07	0,07	0,06
		Subtotal		205807,55	100,00
Frente de Intervención	Vegetación Natural	Recuperación de cobertura vegetal	16,21	0,14	0,01
	Frente de Intervención	Frente de intervención sin cambios	10691,21	93,87	4,83
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	671,69	5,90	0,30
	Zonas sin Vegetación	Pérdida total de vegetación	9,88	0,09	0,00
		Subtotal		11388,98	100,00
Intervención Antrópica	Vegetación Natural	Recuperación de cobertura vegetal	8,18	0,45	0,00
	Frente de Intervención	Recuperación parcial de cobertura vegetal	8,21	0,45	0,00
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	1816,03	99,08	0,82
	Zonas sin Vegetación	Cambio de curso del río	0,43	0,02	0,00
		Subtotal		1832,84	100,00
Zonas sin Vegetación	Vegetación Natural	Regeneración natural	1043,67	49,26	0,47
	Frente de Intervención	Regeneración natural	115,22	5,44	0,05
	Intervención Antrópica	Intervención antrópica consolidada	6,81	0,32	0,00
	Zonas sin Vegetación	Cobertura sin cambios	952,81	44,98	0,43
		Subtotal		2118,51	100,00
	TOTAL		221147,88	100,00	100,00

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS EN FUNCIÓN DEL MODELO PROSPECTIVO 2011

Cobertura vegetal del Parque Nacional Llanganates

- Para el año 2011, el análisis Prospectivo del PNL indica que se encontrará cubierta en un 85.3% por vegetación natural, en un 14.1% con zonas con algún tipo de intervención y en un 0.6% por áreas sin vegetación entre las que se agrupan glaciares, cuerpos de agua (ríos y lagunas) y zonas sin cobertura vegetal por causas naturales. Se observa un gran incremento en la superficie de los bosques intervenidos. (Ver Tabla 4.3.4)

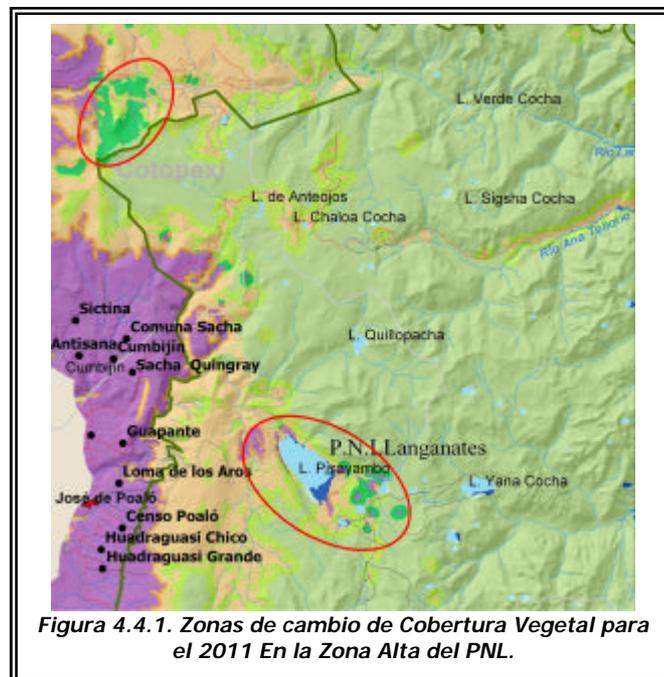
- La vegetación natural se encontrará distribuida de la siguiente manera; El bosque disminuirá al 57.1%; la vegetación arbustiva se mantendrá estable con un 0.1%; y el páramo disminuiría al 28.1%. (Ver Tabla 4.3.4)

- Las áreas con algún tipo de intervención se distribuirían así; El frente de intervención (bosques y páramos intervenidos) llegarían al 12.79%, y las áreas con intervención antrópica (bosques plantados, pastos plantados y cultivos) comprenderán el 1.29%. (Ver Tabla 4.3.4)

4.5 ZONAS CRÍTICAS IDENTIFICADAS A PARTIR DEL MODELO PROSPECTIVO

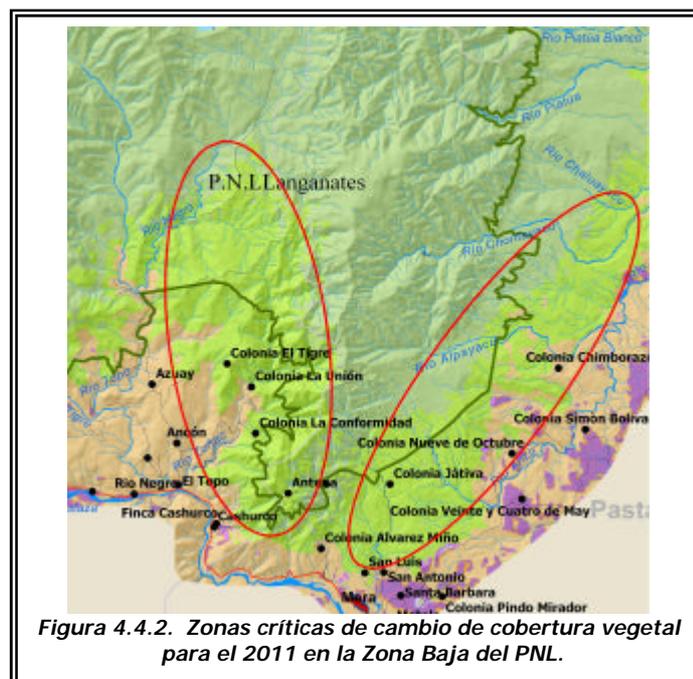
- Por la generalización de las clases de cobertura vegetal para poder realizar el modelo Prospectivo, algunas categorías no se encuentran mapeadas, como es el caso del páramo de frailejones, el pasto plantado, el bosque plantado, los cultivos, las zonas urbanas, entre otros, pero que se encuentran dentro de categorías más grandes que se pueden analizar desde otro punto de vista.

- El comportamiento del modelo Prospectivo de cobertura vegetal y uso del suelo para el 2011 es diferente en dos zonas claramente establecidas, la zona alta, en donde se encuentra la vegetación de alta montaña como los páramos, y la zona baja, en donde se encuentran los bosques tropicales orientales del Ecuador.
- En la zona de alta montaña el cambio de uso del suelo y cobertura vegetal hacia el futuro es relativamente tendencial comparado a los años anteriores, no existen cambios abruptos, y responde a un avance uniforme del frente de intervención hacia el interior de la vegetación natural. En todos los sectores desde Pishahua Alto hasta la zona de Río Verde. (Figura 4.4.1). El 0.3% de bosques y páramos intervenidos; como se observa cerca de la Laguna de Pisayambo y en el sector de Cumbijín hacia las Lagunas de Antejos podría haber transformación de tipo antrópico. En la vía Salcedo – Tena habrá un cambio de bosques y páramos naturales a tener algún grado de intervención. (Ver Tabla 4.3.6)



- En la zona baja de la zona de estudio, el cambio de uso del suelo y cobertura vegetal para el 2011 es más dramático que el anterior. El modelo presenta áreas muy grandes de cambio en la zona del Río Negro

y a lo largo del Río Anzu de bosque natural que pasa a tener algún grado de intervención (Figura 4.4.2). El modelo puede presentar este comportamiento porque en este sector existen varias comunidades y senderos que ayudados por la baja pendiente del terreno hacen que este sector sea de gran accesibilidad. Sin embargo las áreas de cultivo o pasto plantado no presentan cambios futuros, siendo un poco contradictorio, lo que puede significar que la gente se dedicará a la agricultura solo para el sustento diario y que utilizarán los bosques para la extracción de madera, y todos los productos que proporcione una economía más rentable para ellos. Por otro lado, las tasas de cambio calculadas para el año 2011, así lo confirman, un 8.24% de vegetación natural del PNL se convertirá en vegetación intervenida que es el cambio más importante. (Ver Tabla 4.3.6)



4.6 DIAGNÓSTICO DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES

El Ecuador consta de 33 áreas protegidas que representan el 19% del territorio continental ecuatoriano dentro de las cuales se encuentra el Parque Nacional Llanganates. La importancia de conservación del Parque Nacional Llanganates radica en su gran biodiversidad, la cual brinda características

únicas que hacen especial esta área protegida. Su valor histórico, científico, paisajístico y megadiverso es invaluable. En tiempos inmemorables este lugar era considerado por su belleza y majestuosidad como templo sagrado digno de veneración y respeto ante los ojos de nuestros antepasados.

La historia habla del General Rumiñahui, hombre de confianza de Atahualpa y jefe de sus tropas. Personaje quien por frenar la sed de poder y conquista española combatió y defendió los intereses del imperio del Reino de Quito sin escatimar esfuerzo y sacrificio hasta el punto de ofrendar su vida. Según los historiadores señalan que el Gral. Rumiñahui habría depositado los tesoros del Reino de Quito en las estribaciones de los Llanganates, tesoros que aún no han sido encontrados todavía. Pero si podemos estar seguros que el verdadero tesoro que brinda el PNL esta en sus paisajes, biodiversidad y en su gente que han guardado celosamente durante cientos de años esta verdadera reliquia.

La Figura legal para la conservación de áreas naturales o “lugares especiales” se originó con el establecimiento del Parque Yellowstone en 1872 (USA). La idea de conservar sitios para fines de protección a la biodiversidad es una idea mucho más antigua. En nuestro país la primera declaratoria de un sitio especial fue en 1934, con los “Asilos Reservados de Flora y Fauna” en algunas islas de Galápagos, hasta ser declarados como Parque Nacionales en 1959.

Las áreas protegidas son sistemas manejados por estados, provincias y/o municipios, se han establecido categorías del manejo para las áreas protegidas de las cuales se cita en La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre en su Título II, Capítulo I, Art. 69. La cual hace referencia sobre las Áreas Naturales como Patrimonio Nacional y que textualmente reza: *“El patrimonio de áreas naturales del Estado se halla constituido por el conjunto de áreas silvestres que se destacan por su valor protector, científico, escénico, educacional, turístico y recreacional, por su flora y fauna, o porque constituyen*

ecosistemas que contribuyen a mantener el equilibrio del medio ambiente".
 Art70. Las áreas naturales del patrimonio del Estado se clasifican para efectos de su administración, en las siguientes categorías:

Tabla 4.6.1 Correspondencia de las categorías de manejo de las áreas protegidas de I Ecuador con las categorías adoptadas por la UICN

Categoría UICN	Categoría SNAP	Descripción
I a Reserva Natural Estricta	Reserva Biológica – Reserva Ecológica	Un área que es protegida principalmente para la ciencia.
I b Área Silvestre	Refugio de Vida Silvestre	Protegidas principalmente para la conservación de las áreas naturales silvestres.
II Parque Nacional	Parque Nacional	Área de manejada principalmente para la protección de ecosistemas y la recreación.
III Monumento Natural	Reserva Geobotánica	Área manejada para la conservación de algunas características naturales específicas.
IV Área de Manejo de Hábitat/Especies	Refugio de Vida Silvestre	Área administrada principalmente para la conservación a través de intervenciones de manejo.
V Paisaje terrestre/marino protegido	Área Nacional de Recreación	Área manejada principalmente para la conservación de paisajes terrestres y marinos y la recreación.
VI Área Protegida de Recursos Manejados	Reserva de Producción Faunística Reserva Marina	Área protegida manejada principalmente para el uso sostenible de los ecosistemas naturales.
No existe categoría análoga	Área de Caza y Pesca	Pueden ser áreas naturales o parcialmente alteradas, específicamente para fomentar y desarrollar la cacería y pesca controladas.

Fuente: Las Áreas Protegidas en el Contexto Mundial y Nacional, Fundación Natural; Áreas protegidas UICN.

En teoría, según esta categorización, las áreas protegidas podrían cubrir una amplia gama de usos de los recursos, exceptuando actividades a escala industrial y de extracción masiva de recursos como agricultura intensiva, plantaciones, minería a gran escala y ganadería.

Dentro de esta categorización de las Áreas Protegidas se califica al Parque Nacional como una área extensa, con uno o varios ecosistemas, comprendidos dentro de un mínimo de 10.000 Ha, la cual posee una gran diversidad de especies de flora y fauna, rasgos geológicos y hábitat de importancia para la ciencia, la educación y la recreación; la cual se debe mantener el área en su condición natural, para la preservación de los rasgos ecológicos, estéticos y culturales, siendo prohibida cualquier explotación u ocupación.

Descripción del Entorno

El PNL se encuentra localizado a 60 Km. al nororiente de la ciudad de Ambato, por la vía que conduce al cantón Pillaro y la parroquia de San José de Poaló; desde la ciudad de Salcedo, el ingreso al PNL dista aproximadamente 30 Km. en dirección este por la carretera Salcedo Tena. Desde la ciudad del Tena el PNL se ubica al occidente a una distancia de 60 Km.; y desde la ciudad del Puyo, el PNL se encuentra al noroccidente y se puede llegar a él a través de la carretera Puyo – Mera – Río Anzu. (Cañar y Equipo de Trabajo, 1998).

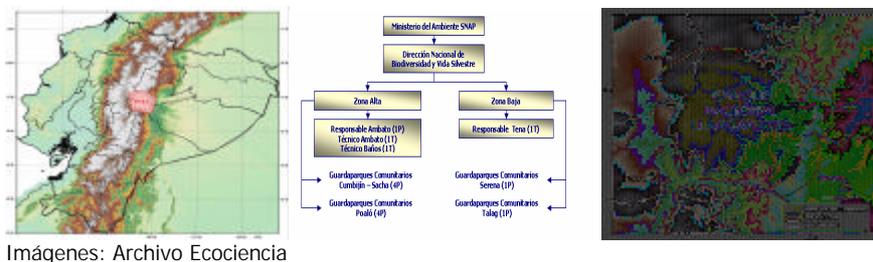
Geográficamente, el PNL se localiza entre los ríos Chalupas y Verdeyacu al norte, Pastaza al sur, Anzu y Jatunyacu al este y Yayayacu y Patate al oeste. De norte a sur comprende una longitud aproximada de 61 Km.; y de este a oeste, aproximadamente una distancia de 55 Km. (Cañar y Equipo de Trabajo, 1998).

Tabla 4.6.1 Descripción del Área de Estudio

Punto Cardinal	Latitud Sur	Longitud Oeste	Descripción del Lugar
Norte	00° 52' 24"	78° 20' 00"	Loma Acines, punto extremo norte
Sur	01° 25' 24"	78° 08' 54"	Punto extremo al sur, en la Cordillera Abitagua.
Este	01° 03' 00"	77° 59' 00"	Confluencia del Río Multados y Verdeyacu, Punto Extremo al este.
Oeste	01° 13' 24"	78° 28' 42"	Desembocadura del Río Chorro Grande en la Quebrada Chalhuayacu, punto extremo al oeste

Diagnóstico del Sistema Territorial

4.6.1 Sistema Político-Administrativo



Imágenes: Archivo Ecociencia

El Sistema Administrativo conlleva todo un proceso de manejo de recursos económicos, humanos, técnicos, logísticos entre otros; que mediante la aplicación de leyes y normas permite establecer responsabilidades de control

y vigilancia del área protegida que en este caso es el Parque Nacional Llanganates el cual a su vez está involucrado bajo el Sistema Político.

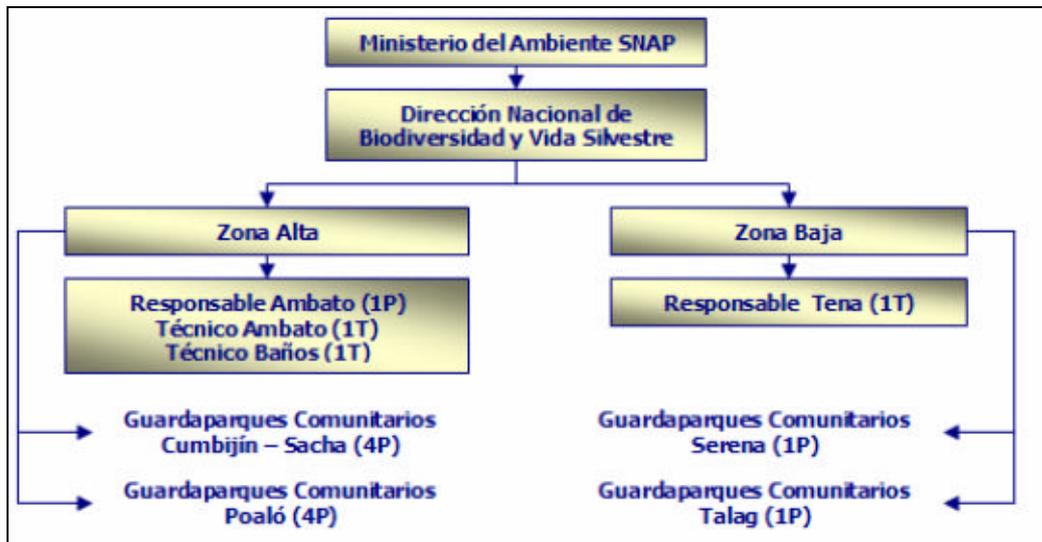
Mediante Resolución No. 00002 del 18 de Enero de 1996, publicado en el registro oficial No. 907 del 19 de Marzo de 1996, se estableció al Parque Nacional Llanganates como área protegida. Área que se encuentra ubicada en la zona central del Ecuador, territorio el cual es compartido con las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Pastaza y Napo. El área total del PNL es de 221.148 hectáreas El 90% del territorio lo es compartido por las provincias de Tungurahua y Napo mientras que el 10% restante lo comparten las provincias de Cotopaxi y Pastaza.

Tabla 4.6.1.1 Jurisdicciones Político – Administrativo del PNL

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
Cotopaxi	Salcedo	San Miguel de Salcedo
Tungurahua	Pillaro	San José de Poaló
		Marcos Espinel
	Patate	Sucre
		El Triunfo
	Baños	Ulba
		Río Verde
Río Negro		
Napo	Tena	Talag
		Arosemena Tola
Pastaza	Mera	Shell
	Santa Clara	Santa Clara

La administración del PNL se lo hace a través de distritos regionales del Ministerio del Ambiente, los cuales se encuentran establecidos de la siguiente manera: Distrito Regional Sierra Centro bajo responsabilidad de las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar; Distrito Napo – Pastaza bajo responsabilidad de las provincias de Napo y Pastaza. Las oficinas administrativas del Parque se encuentran en las ciudades de Baños y Ambato las cuales se encargan del PNL Zona Alta mientras que la ciudad del Tena controla el PNL zona baja.

Organigrama Administrativo del Parque Nacional Llanganates



4.6.2 Sistema Biofísico



Fotografías: Archivo EcoCiencia

El Parque Nacional Llanganates posee una riqueza enorme en recursos naturales, esto se lo debe a su diversidad climática y a su posición geográfica ya que parte de su territorio es compartido con la región Sierra y Oriental otorgándole así un matiz especial. El recurso flora es uno de los más importantes. Dentro de los trabajos e investigaciones realizadas por la fundación EcoCiencia se cuenta con un registro de 1500 colecciones para herbario.

Las formaciones vegetales principales son: el páramo de frailejones, páramo herbáceo, bosque de neblina; en lo que respecta a la fauna, su gran abundancia y diversidad hace que esta zona sea especial y única, los registros de especies de aves son alrededor de 195 las cuales se encuentran distribuidas en 41 familias y a su vez agrupadas en 16 órdenes según el trabajo realizado por M. Vásquez, M. Larrea y L. Suárez sobre la Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates.

Un recurso que es de vital importancia y que ultimadamente ha tomado realce es el agua, el PNL posee una considerable red hidrográfica la cual su fuente de alimentación principal de abastecimiento son los páramos. El recurso paisajístico es otra gran riqueza del PNL, pues la transición de cambio de vegetación y geomorfología de la zona es espectacular, en sus estribaciones se pueden observar bellezas escénicas como volcanes, lagos y lagunas, sin duda este recurso puede fomentar al turismo. La precipitación anual más alta se registra en la parte oriental, a medida que avanza hacia occidente este disminuye. Se puede considerar que no existe estación seca en el PNL siendo el período de octubre y marzo el de menos precipitación.

4.6.3 Sistema Socioeconómico



Fotografías: Archivo Ecociencia

Del Sistema Socioeconómico se puede decir que la influencia de las poblaciones tiene un mayor impacto en los cantones correspondientes a las provincias del Tungurahua y Cotopaxi, quienes concentran su población en la parte sur y occidente del PNL. Esta influencia puede ser un detonante que provoque un mayor avance de intervención por parte de los pobladores que por satisfacer sus necesidades empiecen a disponer de los recursos naturales que ofrece el parque, recursos que pueden ser aprovechados en una forma inadecuada.

Otro factor importante y que tiene mayor influencia son las vías de comunicación que son la vía Salcedo – Tena y la vía que comunica al Proyecto Hidroeléctrico de Pisayambo las cuales se encuentran en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua respectivamente, de dichas vías podemos destacar que pese a existir un control por parte de los guardaparques de la comunidades

vecinas existe cierto grado de vulnerabilidad para ser intervenido debido principalmente a condiciones de espacio y disposición de recursos económicos, logísticos y humanos que impiden que la vigilancia sea efectiva y eficiente.

Las presiones en el área lamentablemente se deben a gente que visita el parque y que en su mayoría pertenecen a los cantones próximos al área protegida, los cuales realizan actividades de caza y pesca deteriorando así la conservación del PNL. Por otro lado se puede decir que en la zona oriental la población se encuentra muy alejada de la frontera del PNL y además la vía Tena – Jatanyacu que llega a la parroquia Pano en donde se realizan actividades Ecoturísticas se encuentra en malas condiciones que junto a las condiciones climáticas y topográficas hacen que la intervención humana este limitada.

Dentro del PNL no viven muchas personas, y estas pocas personas se encuentran hacia el occidente de la laguna de Pisayambo, cerca de Poaló y en la vía Salcedo-Tena. Pero las personas que interactúan con el Parque son potencialmente unas 4000, provenientes principalmente de las comunidades aledañas entre las que se señalan: Cumbijín, Poaló, El Triunfo, Río Verde y pequeñas vaquerías cercanas al Parque.

Otro dato importante proveniente de los guardaparques del Parque Nacional Llanganates es que entre mayo y septiembre de 2005 ingresaron 1598 personas, de las cuales 42% de estas personas son turistas.

Se tomó la información socioeconómica de estas parroquias para estimar algunos datos importantes, que en forma general, nos da una idea de lo que sucede en las inmediaciones y dentro del PNL.

En Poaló la población ha decrecido por motivos de emigración, pero en general la población de todas estas comunidades ha tenido un pequeño

incremento en los últimos 15 años. La tasa de crecimiento poblacional para las parroquias en donde se encuentran las poblaciones cercanas es de aproximadamente 2,8 entre 1990 y el 2001.

Con respecto a la educación, se ha estimado que un 16% de la población mayor a los 16 años es analfabeta, la población tiene una media de 4.8 años de estudio, el 47% de personas mayores de 12 años terminó la primaria, tan solo el 6% de los mayores de 18 años terminaron la secundaria y un 4% de los mayores de 24 años tienen al menos un año de instrucción superior. Esto nos demuestra el déficit de educación que tiene la población adulta de estas comunidades, la mayoría solo llegó a aprobar el cuarto año de primaria.

El 93% de niños de entre 6 y 11 años asisten a la escuela, sin embargo el 35% de adolescentes de entre 12 y 18 años asisten al colegio y tan solo el 4% de los jóvenes entre 18 y 24 años están matriculados en la universidad. Esto nos demuestra que luego del tercer año del colegio, la mayoría de los adolescentes no siguen sus estudios por diferentes motivos, empiezan a trabajar, no tienen acceso a la educación o no tienen los medios para seguir estudiando.

Cabe mencionar que en las comunidades de Cumbijín, El Triunfo y Río Verde existe una escuela en cada comunidad y en las comunidades de Cumbijín y El triunfo existe un colegio en cada comunidad.

Con respecto a la salud, se puede decir que el mal es generalizado, la deficiente infraestructura, la mala calidad de los servicios y además de una falta de atención gubernamental a este sector a contribuido a la mala calidad de vida de los pobladores asentados alrededor del PNL, se señala que en Cumbijín el agua que se usa proviene de las vertientes y se entuba cuando es para las casas. En Poaló el agua también es tomada de las vertientes que bajan del páramo y de las grandes lagunas que existen, pero es agua potable. En El

Triunfo hay bastante agua todo el tiempo, pues el pueblo está rodeado de bosques, y es entubada, además existe un centro de salud. En Río Verde tienen agua potable y están rodeados de ríos y cascadas, también existe un subcentro de salud.

Con respecto a la economía, se estima que el 65% de la población que está en edad de laborar (12 años o mas) es económicamente activa. En este punto es importante dividir a las comunidades en dos: las de la zona alta (Cumbijín y Poaló) y las de la zona baja (El Triunfo y Río Verde).

Los habitantes de la zona alta ocupan los páramos y se dedican a la agricultura, la cría de animales, la pesca de truchas, todas estas actividades las realizan para consumo propio. La ganadería, el turismo y la migración de jefes de familia y jóvenes en trabajos eventuales como peones en las ciudades o dentro de la misma comunidad en las haciendas complementan la economía local y permiten contar con ingresos seguros.

Los habitantes de la zona baja ocupan los bosques nublados y se dedican a la agricultura, la ganadería, el turismo, el comercio local que la mayor parte de la producción está destinada al autoconsumo. Sin embargo a diferencia de los de la zona alta, se emplean tanto dentro como fuera de la zona en distintas actividades como chóferes, artesanía, y la madera extraída de los bosques que les da rentabilidad. Se puede decir en especial que Río Verde no es una comunidad pobre.

Con respecto a la vivienda, un 33% de la población habitan viviendas con características físicas inadecuadas o inapropiadas para el alojamiento humano (paredes exteriores de material precario, o con piso de tierra), y un 77% de la población habitan viviendas con servicios inadecuados (sin acueducto o tubería, o sin sanitario conectado a alcantarillado o pozo séptico).

El 86% de las viviendas tienen déficit de servicios residenciales básicos, es importante mencionar que en todas estas comunidades existe luz eléctrica, agua entubada de consumo doméstico y agua para regar los cultivos, pero solo en las comunidades de la zona baja tienen teléfono, agua potable y una red de alcantarillado. Se estima que existe un promedio de 3 personas por dormitorio, lo cual hace pensar en la falta de infraestructura no solo domiciliaria, sino de servicios públicos. Sin embargo en Río Verde la condición de las viviendas está relativamente en buen estado.

Con respecto a la pobreza, el 49% de la población es considerada en pobreza extrema por el índice de necesidades básicas insatisfechas, son considerados indigentes, o sea personas que pertenecen a familias que no consumen una canasta de alimentos que permita satisfacer los requerimientos nutricionales de un hogar en una quincena. Cabe recalcar que las personas de estas comunidades viven de su propia producción y si bien son ciertas las actividades realizadas no satisfacen plenamente las necesidades de la familia, cubren las básicas, además son organizadas y tienen acceso a servicios fundamentales.

Finalmente podríamos destacar que existen proyectos en desarrollo que involucran directamente al PNL y los tiene un gran impacto debido a que se efectuarán en el interior del mismo. Dentro de los proyectos que están considerados y que algunos están en ejecución tenemos: Proyecto Hidroeléctricos Pisayambo, Mulatos, Agoyan, San Francisco, Muyo y Río Topo. No se descarta la culminación de la vía Salcedo – Tena. Dentro de los proyectos mineros que se encuentran en las zonas aledañas al PNL y que en cierta manera tienen gran influencia se destacan los siguientes proyectos: Macarena, La Estancia 2, Archi 1, Boardwalk 1 las cuales se encuentran ubicadas en la zona sur oriental y nor oriental del Parque Nacional Llanganates.

EVALUACIÓN GENERAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA SOCIOECONÓMICO

UNIDADES	POTENCIALIDADES		LIMITANTES	
	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
POBLACIÓN	Realizan mingas periódicas. Tienen acceso a servicios fundamentales.	Trabajo en las poblaciones aledañas. Comités, asociaciones, cooperativas, juntas y clubes que ayudan a una mejor organización.	Falta de capacitación y motivación para la organización. Falta de mano de obra familiar. Falta de fuentes de trabajo.	Desunión y desorganización de la comunidad. Migración de jefes de familia y jóvenes.
EDUCACIÓN	Poseen escuelas y colegios. Casi todos los niños asisten a la escuela.	Programas de educación ambiental del Ministerio de Educación y Cultura (MEC). Relación muy importante de la curia.	Mala calidad de la educación primaria. La mayoría de la población no terminó la primaria. Falta de educación ambiental.	Mal uso de los recursos naturales del PNL. Incapacidad para el manejo y conservación del PNL.
SALUD	Poseen centros y subcentros de salud. Poseen una variedad de plantas medicinales.	Capacitación de la población en el mejoramiento de la dieta familiar. Jornadas médicas.	Inseguridad alimenticia. Atención médica de mala calidad y bajo presupuesto. Falta de agua potable.	Desnutrición. Mala salud de la población. Epidemias, virus y enfermedades contagiosas.
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	Poseen amplios recursos naturales.	Programas de forestación comunitaria y conservación de suelos por parte de la Fundación Pastaza.	Falta de apoyo del gobierno para la conservación del PNL. Conflictos de uso y criterios de jurisdicción. Las áreas de pastoreo se encuentran dentro del PNL.	Erosión del suelo. Avance de la frontera agrícola. Deforestación. Contaminación ambiental. Desequilibrio ecológico.
TURISMO	Es una actividad rentable. Disponibilidad de recursos naturales para el descanso y recreación.	Interés nacional y extranjero. Planes de Ecoturismo y Manejo adecuado del Parque.	Turismo desordenado. Falta de capacitación de guardaparques y compromiso de un manejo adecuado del turismo. Falta de control a los turistas.	Degradación del ambiente por las actividades de caza y pesca. Arrojo de desperdicios en las lagunas.

DIAGNOSTICO GENERAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA BIOFÍSICO

UNIDADES	POTENCIALIDADES		LIMITANTES	
	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
AGUA	Importantes y bien distribuidas fuentes de agua como lagunas y ríos. Importante cantidad de lluvias.	Planes de manejo y administración de agua potable.	Falta de apoyo institucional para tener agua potable. Mal uso del recurso por desorganización.	Degradación de las vertientes de agua. Disminución de lluvias por la tala del bosque.
SUELO	Poseen importantes extensiones de territorio. Poseen tierras fértiles, buena composición físico-química.	Planes de manejo de uso del suelo de manera sostenible y sustentable. Planes de ordenamiento territorial.	Conflictos de uso del suelo. Suelo erosionable por condiciones naturales Malas prácticas de agricultura. Se cultiva el páramo.	Empieza a asomar la cangagua. Las lluvias se llevan las tierras. Tierra improductiva.
FAUNA	Diversidad de mamíferos, reptiles, anfibios y aves. Hábitat de especies migratorias.	Programas de monitoreo de especies en la bioreserva del cóndor.	Falta de control de la caza y pesca. Disminución de animales y peces. Especies exóticas introducidas.	Alteración de la cadena alimenticia. Migración de especies.
FLORA	El 93,1% de la vegetación del PNL se encuentra en estado natural. Gran diversidad de plantas. Páramo de frailejones único de la región.	Programas de reforestación comunitaria. Plantación de bosques de pino y eucalipto para uso de las comunidades.	La tasa de cambio anual es de -0,1 para la vegetación natural. Quema indiscriminada del páramo. Sobrepastoreo.	Para el 2011 la vegetación natural se podría reducir al 85,3% del PNL. El bosque intervenido podría aumentar del 2,4% al 7,62% del PNL.

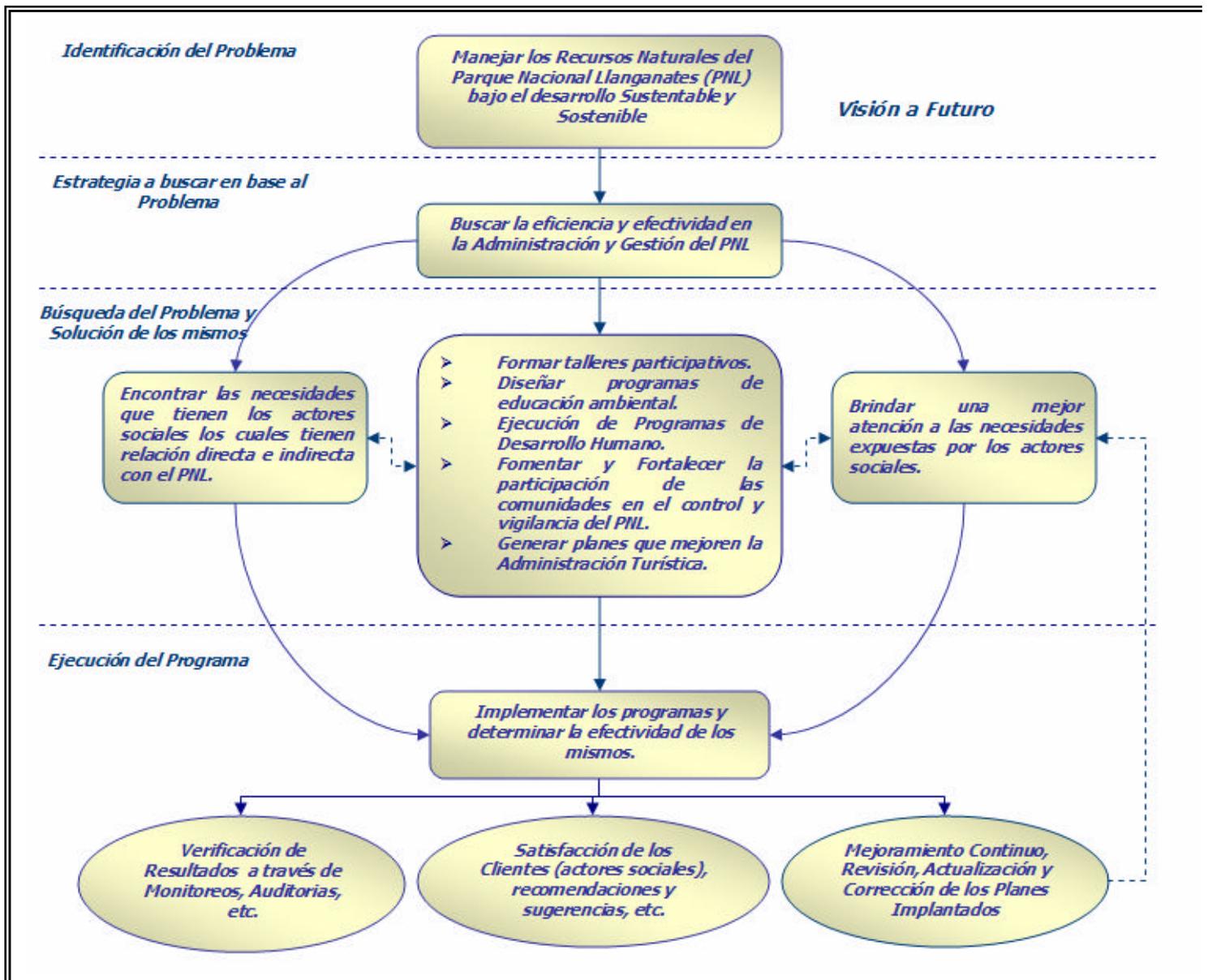
4.7 PERSPECTIVA TERRITORIAL

Analizando las matrices FODA del sistema socioeconómico y el biofísico se concluye que el Parque Nacional Llanganates se encuentra en un escenario no muy alentador y que es desfavorable para la conservación del Parque Nacional Llanganates, desde el punto de vista de su conservación de un estado natural inicial.

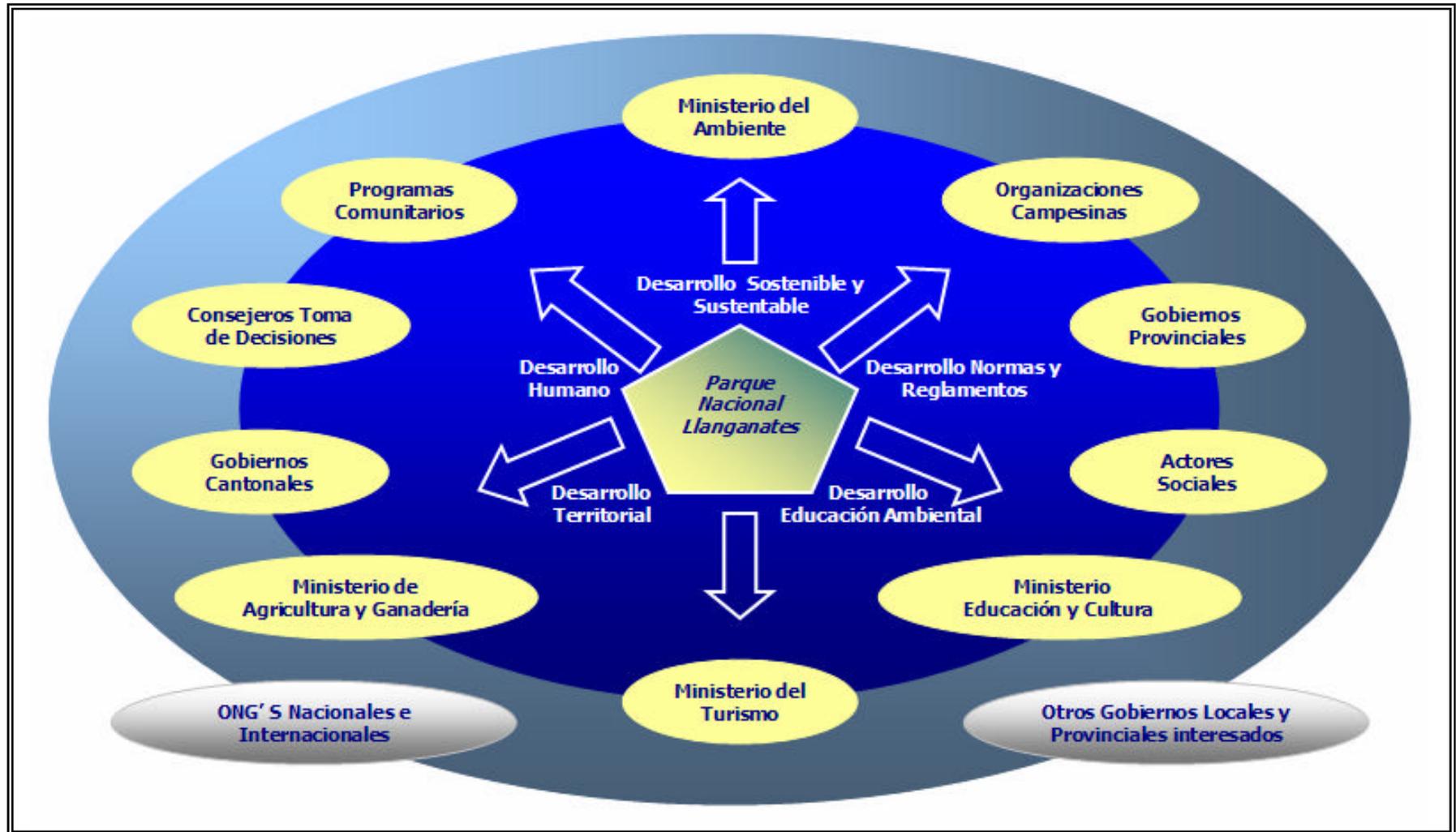
ESCENARIO TENDENCIAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES

Dimensión	Variable Clave	Tendencia
Biofísico	Agua	A pesar de que la calidad de agua mejorará por la instalación y funcionamiento de infraestructura, agua entubada y potable, la abundancia de lluvias disminuirá por la tala del bosque; el mal manejo de los ojos de agua en el páramo creará conflictos por poseer el recurso.
Biofísico	Suelo	Empeorará, se deteriorará, la capa de humus será tan fina que la lluvia se la llevará y se acabará, quedando inservible y ya no se podrá cosechar. La causa de esto es producto del mal manejo del tractor, el abuso de químicos y del mismo suelo (sin descanso), pérdida de variedades locales, monocultivos, cultivo en el páramo y plagas en el bosque nublado.
Biofísico	Fauna	Con respecto a los animales de la montaña, la tendencia es a estabilizarse, ahora ya existe control por parte de los guardaparques que vigilan la caza y pesca.
Biofísico	Flora	La vegetación natural del PNL tenderá a disminuir, el bosque intervenido aumentará del 2,34% al 7,62% para el 2011, esto se evidencia especialmente en la zona baja del PNL donde la gente extrae mucha madera en los bosques nublados para venderla, no importa la distancia ni la inaccesibilidad.
Socioeconómico	Población	Se considera un crecimiento de la población moderado.
Socioeconómico	Educación	Futuro positivo para la educación, pues existe más conciencia de la importancia de que todos los niños vayan a la escuela.
Socioeconómico	Salud	Será igual que actualmente, no se ven grandes progresos especialmente porque sus centros y subcentros de salud no tienen apoyo institucional, y su atención es limitada.
Socioeconómico	Sistemas de Producción	El futuro indica que habrá escasez de agua, se secará todo y no habrá producción, el suelo será pésimo, no producirá y habrá hambre. La mayor parte de la producción estará dedicada al autoconsumo.
Socioeconómico	Turismo	Si se realizan los planes de ecoturismo y un manejo adecuado del PNL, podría convertirse en el futuro económico de las comunidades aledañas.

MAPA ESTRATÉGICO



COSMOVISIÓN DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

SOBRE LOS OBJETIVOS

- Se determinaron mapas multitemporales de cobertura vegetal y uso del suelo a escala 1:100.000 para los periodos de estudio (ver anexo 5) a partir de la interpretación de imágenes satelitales y posteriormente del cruce de mapas para hallar y clasificar las áreas de cambio multitemporal.
- Se analizó los cambios de uso del suelo del Parque Nacional Llanganates para los periodos 1991, 1998 y 2004 (ver 4.3) y se determinó que presenta una tasa anual de pérdida de la vegetación natural del 0.1% (2.13 km² anuales), el frente de intervención tienen una tasa anual de crecimiento del 0.65% y las zonas con intervención antrópica presentan una tasa de crecimiento anual del 14.6% lo que representa que cada año existan 1.43 km² de nuevas zonas con bosques plantados, cultivos y pastos plantados.
- Se generó el escenario prospectivo del Parque Nacional Llanganates para el año 2011 a escala 1:250.000 (Ver Anexo 5). En la validación del modelo se obtuvo un índice de concordancia del 83%, factor considerable para este tipo de modelamientos, con lo que se puede concluir que el modelo prospectivo generado para el PNL puede ser utilizado como un insumo más para la ejecución de planes de manejo del parque.
- Se determinaron dos zonas críticas en el PNL, a partir del estudio multitemporal y prospectivo, la zona alta que está principalmente dominada por el páramo y la zona baja que son los bosques. En la zona alta a su vez se

determinaron dos áreas críticas: en el sector de las Lagunas de Anteojos en la vía "Salcedo-Tena" y en la Laguna de Pisayambo. En la zona baja también se determinaron dos áreas críticas: en el sector de Río Negro y a lo largo del Río Anzu.

SOBRE LOS RESULTADOS

- Los cultivos y pasto plantado dentro del PNL, aunque sus áreas son pequeñas en porcentaje, han ido incrementando a gran velocidad lo que obviamente representa una amenaza para la integridad del Parque, la frontera agrícola se esta internando cada vez más y se deben tomar medidas correctivas inmediatamente.
- Los bosques plantados aparecen en el último período como una medida de programas de reforestación o por la autogestión de los pobladores, no existe mucha extensión de bosques plantados pero se demuestra que hay interés por parte de la gente en recuperar el bosque y páramo a partir de la creación del PNL.
- Aunque el modelo prospectivo del PNL para el 2011 muestra una situación preocupante, sobre todo por del avance de los frentes de intervención. No implica una situación que se vaya presentar en el futuro. El propósito del desarrollo del modelo es brindar al grupo de decidores y actores sociales una herramienta de decisión, en las cuales se podrá tomar acciones y medidas correctivas para evitar ese futurible no deseado.
- El diagnóstico de la situación actual del sistema socioeconómico y biofísico del PNL y la perspectiva territorial revelan una tendencia preocupante pues la mayoría de sus principales componentes se ven degradados en el futuro, lo que coincide y respalda los resultados del estudio multitemporal y prospectivo de la vegetación y uso del suelo.

RECOMENDACIONES

- Para la realización de un Análisis Multitemporal se recomienda realizar una revisión inicial con la información que se dispone, sobre todo para el establecimiento de los análisis temporales que requieren estos estudios.
- Durante las visitas de campo se observó que las comunidades de Cumbijín, Poaló, El Triunfo y Río Verde están concientes de la importancia de conservar los recursos naturales del Parque, pero no tienen un buen manejo de ellos porque no están capacitados correctamente, pero es algo que se puede fortalecer con programas de capacitación ambiental incluidos en un plan de manejo del PNL.
- Las cadenas de Markov son de gran utilidad en el modelamiento de Espacios – Temporales, por lo que es muy importante tomar en cuenta el tiempo de proyección del modelo prospectivo en función de los períodos de análisis.
- Los modelos y análisis de los resultados son indicadores validos para la toma de decisiones correctas o la verificación de los planes y programas implantados anteriormente en el manejo del PNL. Es por esto que su importancia radica en las decisiones que se tomen posteriormente. Decisiones que deberán estar encaminadas al manejo y uso de lo recursos naturales del PNL en una manera sustentable y sostenible.

BIBLIOGRAFÍA:

- 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 / MAG SIGAGRO / CDC – Jatun Sacha / División Geográfica – IGM. Quito.

- Barredo, J.I., 1996. "Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio"; Ra-Ma. Madrid.
- Becerra D., Rigoberto A. "Propósito fundamental"; MAF.
- Beltrán, Karla; Rodríguez, Paulina, 2002. "Propuesta de Zonificación Agroecológica Económica del Cantón Penipe".
- Bernal, A. "Metodología de la Investigación Científica". Colombia.
- Cañar Cruz, Eduardo; Arellano, Maria Piedad; Espín Álvarez, Eduardo; Moya Iglesias, Tito; Tafur Recalde, Valdano, 1998. "Plan de Manejo del Parque Nacional Llanganates". INEFAN; Quito.
- Cárdenas, A., 2005, "Procnosis espacial y análisis multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo del cantón Baños (1991 – 2004), Tasas de cambio", EcoCiencia, Quito, Ecuador.
- Chuvieco, E., 1996. "Fundamentos de Teledetección Espacial", Ediciones Rialp, Madrid – España.
- Cochran G., William, 1965. "Sampling Techniques". John Wiley & Sons., New York, EE.UU. 413 p.
- Constitución Política de la Republica del Ecuador: "Legislación Ambiental Forestal".

- Doménech, J.M., 1999. "Curso de Métodos Estadísticos en Ciencias de la Salud, Cálculo del tamaño de la muestra, Estimación de parámetros"; Unidad 6. Signo. Barcelona.
- Doménich J.M., 1999. "Curso de Métodos Estadísticos en Ciencias de la Salud, Leyes de probabilidad de una variable discreta, Leyes de probabilidad: Binomial, Poisson, hipergeométrica y normal"; Unidad 5. Signo. Barcelona.
- Fundación Natura, 1999. "Las Áreas Protegidas en el contexto Mundial y Nacional; Boletín Trimestral *"Las Áreas Protegidas son espacios del futuro"* Enero/Marzo 1999"; Información Institucional 1999.
- García Goicoechea, Alfredo. "Tamaño de las muestras para el control de calidad de tuberculosis-semilla de papa"; Fascículo 5.
- Jensen, John R., 1996. "Introductory digital image processing: a remote sensing perspective". New Jersey.
- Lind; Marchal; Mason, 2004. "Estadística para la Administración y Economía".
- Martínez, C., 2005, "Estudio Multitemporal de cambios en la cobertura vegetal (1979 – 2004) y modelización prospectiva en la provincia de Cotopaxi", EcoCiencia, Quito.
- OSSO para el municipio de Buenaventura, 1998. "Estudio Demostrativo Sobre Coberturas y Cambios en los Usos del Suelo en la Región de Buenaventura".
- Pontius Jr., R. Gil; Cornell B.R., Joseph D.; Hallb, Charles A.S.; Crist, Patrick; Deitner, Robert. "Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica"; University of California Santa Barbara, CA.

- Sierra, R., 1999. "Vegetación remanente del Ecuador continental. Circa 1996. 1:1.000.000." Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Wildlife Conservation Society. Quito.
- SIISE, Versión 3.5, 2003. "Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, a partir de INEC, Censo de población y vivienda de 2001".
- Sotomayor, J. 2000. "El Parque Nacional Llanganates y sus comunidades vecinas. Cumbijín, Poaló, El Triunfo y Río Verde". EcoCiencia. Quito.
- Tipán, M.E., 2005. "Vegetación del Cantón Baños". EcoCiencia. Quito.
- Universidad de Deusto, Abril 2005. "Sistemas Expertos, Redes Bayesianas y sus aplicaciones", Semana ESIDE.
- Valadez, J.J.; Disprete, L.; Vargas, W.; Morley, D., 1996. "Using lot quality Assurance Sampling to assess measurements for growth monitoring in developing country's primary health care system". International Journal of Epidemiology; 25 (2): 382-387.
- Valencia, R.; Cerón, C.; Palacios, W.; Sierra, R., 1999. "Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Pp. 79-108. En: R. Sierra (Ed.). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental". Proyecto INEFAN/GEF-BIRD y EcoCiencia. Quito.
- Vásquez, M.A.; Larrea, M.; Suárez, L., 2000. "Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: Un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas". EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural. Quito.

- "World Development" Vol. 28, No. 6, pp. 983±999, 2000 Elsevier Science Ltd. All rights reserved Printed in Great Britain 0305-750X/00/\$ - see front matter.
- Yamane, Taro, 1967. "Elementary Sampling Theory". Prentice-Hall International Inc., London. Reino Unido. 405 p.
- Yates, Frank, 1960. "Sampling Methods for Censuses and Surveys". Charles Griffin & Company Limited. London, Reino Unido. 440 p.
- "Análisis de los patrones espaciales de la vegetación en Extremadura mediante técnicas basadas en probabilidades de transición".
- Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES – INFOPLAN.