



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La puesta en marcha de políticas sectarias, egocéntricas y globalizantes, sumadas a la ignorancia y necesidad de sobrevivir de amplios sectores de la sociedad, determinan que estemos afrontando las secuelas de la destrucción de los ecosistemas y de la biodiversidad, lo que ha llevado a considerar la protección y conservación de especies animales y vegetales un tema de especial importancia dada la continua y creciente alteración antropogénica que han sufrido hábitat y ecosistemas a nivel global y local.

Ante la necesidad de contar con mecanismos prácticos y cada vez más sofisticados y eficientes que puedan ser usados en la difícil tarea de la protección del ambiente y los individuos que dependen del mismo, se ha llegado a construir herramientas informáticas que automatizan y facilitan en gran medida el accionar de entidades encargadas de la defensa del espacio natural. La investigación de campo es así complementada con un trabajo de gabinete en donde se ordena y clasifica la información obtenida para luego en base a la misma conseguir productos que permitan una mejor interpretación de los resultados.

La determinación de la disponibilidad de hábitat para una especie permite entender de manera objetiva cuáles son las condiciones ambientales requeridas por la misma para su subsistencia y a la vez da una idea del espacio geográfico en el que se desarrolla.



1.2. Justificación e Importancia

El conocimiento del peligro de extinción tanto del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) como del tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*), ha motivado e impulsado la investigación de la temática:

”DETERMINACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE HÁBITAT PARA EL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) Y TAPIR DE MONTAÑA (*Tapirus pinchaque*) EN LOS ANDES TROPICALES DEL SUR DEL ECUADOR”.

El estudio se realiza sobre la investigación de dos especies emblemáticas que habitan en el Parque Nacional Podocarpus y cuya protección implica el mantenimiento y adecuado manejo del hábitat en el que viven, es decir el procurar su conservación ayuda en gran medida a mantener en buen estado a todo el ecosistema, esto último dado su carácter de especies “paraguas”.

Se entiende entonces que al propender la conservación de especies animales, se está al mismo tiempo impulsando la conservación de todo un espacio geográfico, el cual alberga múltiples recursos de un alto grado de importancia para mantener en buen estado a todos los seres vivos que habitamos el entorno natural. Es así que por ejemplo la región austral del Ecuador (principalmente las provincias de Loja y Zamora Chinchipe) tienen en el Parque Nacional Podocarpus una de sus más ricas fuentes del recurso hídrico, naciendo del mismo los principales ríos que abastecen de agua a las dos provincias antes señaladas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la disponibilidad de hábitat para las especies OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) Y TAPIR DE MONTAÑA (*Tapirus pinchaque*) en los andes tropicales del sur del Ecuador mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica.



1.3.2. Objetivos específicos

- Estructurar y validar una metodología apropiada para determinación de disponibilidad de hábitat de especies, que pueda ser empleada en futuros estudios.
- Conocer en forma detallada cuáles son las condiciones actuales de disponibilidad de hábitat en las que se desarrollan las especies en estudio.
- Determinar sitios críticos para la conservación de estas especies en base a los resultados obtenidos.

1.4. Metas

- Mapa de disponibilidad de hábitat para las especies en estudio.
- Determinación de las variables ambientales que afectan el normal desarrollo de las especies en el área de estudio.
- Modelo de disponibilidad de hábitat para las especies estudiadas.
- Metodología para estudios de disponibilidad de hábitat.

1.5. Alcance

El presente estudio pretende llegar a aplicar una metodología orientada a la conservación de especies en peligro de extinción, de forma que los proyectos que se emprendan con esta finalidad obtengan resultados confiables, a la vez que se optimiza el uso de recursos y se aplica a este tipo de disciplinas el desarrollo de la tecnología SIG.

El conocer qué tipos de hábitat son potencialmente favorables para el desarrollo del oso de anteojos y tapir de montaña, permitirá adoptar certeras medidas de conservación para estas especies.



La metodología propuesta en este estudio podrá ser aplicada para otros proyectos de conservación, logrando con esto extender los beneficios percibidos a la investigación de otras especies y en estudios realizados en otros lugares; además la reutilización de los procesos seguidos podrá servir como herramienta para la constante actualización de resultados mediante la retroalimentación de la información ingresada en el Sistema de Información Geográfica.



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Institucional

FUNDACIÓN ECOLÓGICA ARCOIRIS

La Fundación Ecológica Arcoiris es una organización no gubernamental sin fines de lucro, fundada el 24 de enero de 1989 en la ciudad de Loja, por un grupo de estudiantes universitarios interesados en la conservación del patrimonio natural de la Región Sur del Ecuador.

Fue reconocida legalmente, mediante Acuerdo Ministerial N° 0267 del 13 de junio de 1991 del Ministerio de Agricultura y Ganadería, publicado en el Registro Oficial N° 711 del 24 de junio de 1991.¹

MISIÓN:

"Conservar la biodiversidad y los recursos naturales, con la participación local, en beneficio de las generaciones actuales y futuras"

VISIÓN:

En el 2015 los actores de la Región Sur del Ecuador han tomado mayor liderazgo en la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales, sus gobiernos locales han establecido un marco legal - técnico claro, el cual propende hacia el mantenimiento de la funcionalidad ecosistémica, asegurando así la viabilidad de especies de flora y fauna silvestres, lo cual ha permitido mejorar la calidad de vida de los pobladores.

¹ Extraído de la página Web Fundación Ecológica Arcoiris, www.arcoiris.gov.ec



OBJETIVOS:

- Fortalecer la conservación y manejo de los manglares del Archipiélago de Jambelí y su zona de influencia con un enfoque de conservación binacional.
- Contribuir a la conservación de los bosques tropicales amazónicos del Sur del Ecuador, manteniendo la funcionalidad ecosistémica y asegurando así la viabilidad de especies de flora y fauna presentes en la Región; y, respetando la identidad cultural.
- Contribuir a la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales y biodiversidad de la Región Tumbesina del Sur del Ecuador.
- Mantener la integridad ecológica en los sistemas altoandinos del sur del Ecuador.

Escuela Politécnica del Ejército: Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente:

La Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente está orientada a la formación de profesionales con habilidades en el manejo de temáticas como: Geodesia, Cartografía, Fotogrametría, Sensores remotos, Medio Ambiente y Sistemas de Información Geográfica; técnicas fundamentales para el manejo de recursos naturales de forma apropiada y científica.²

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. El hábitat, definiciones e importancia

Se entiende como hábitat (del latín habitare = vivir) al ambiente o espacio físico en el que se dan ciertas condiciones para que determinada especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia; debe entenderse que las

² Extraído de la página Web de la Escuela Politécnica del Ejército, www.espe.edu.ec



condiciones que necesita una especie para que sea posible su vida son de carácter abiótico y biótico, es decir: ambientales, climáticas y biológicas.³

El hábitat puede catalogarse como real y potencial, dependiendo de la presencia o no de la especie, es decir un hábitat potencial es el espacio que presenta las condiciones bióticas y abióticas que hacen posible la vida de la especie, pero sin embargo ella no se encuentra.

En un concepto más moderno se hace referencia al hábitat no solo como el ambiente donde vive una especie, sino donde coexisten varias especies que requieren de condiciones similares (uniformidad de condiciones bióticas y abióticas) y por lo tanto comparten un mismo espacio, estableciéndose a la vez una función distinta para cada una de las especies dentro del hábitat (nicho ecológico), lo cual implica una especialización en la demanda de recursos del entorno para que de esta forma no exista competencia entre las especies que cohabitan dentro del mismo hábitat.

Dado que el hábitat se establece sobre un conjunto complejo de condiciones y una combinación de factores bióticos y abióticos que se manifiestan en un frágil equilibrio natural, es primordial el propender a la protección de los mismos para de esta manera no arrebatarse en poco tiempo lo que a la naturaleza le ha valido miles de años de evolución.

Debido a que este estudio está dirigido a determinar la “disponibilidad de hábitat” para dos especies en un lugar determinado, cabe destacar también la definición de otros conceptos relacionados con el de hábitat; entre estos está justamente el de “disponibilidad de hábitat” que se define como la existencia y accesibilidad de los componentes físicos y biológicos de un hábitat para los animales que viven en él y el de “calidad de hábitat” que se refiere a la

³ Extraído de la página Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A1bitat#searchInput>



habilidad del ambiente para proveer condiciones apropiadas que permitan la persistencia de individuos y poblaciones. ⁴

2.2.2. La conservación de especies animales

La afectación que año tras año ha ido sufriendo el ambiente natural como causa del accionar humano, ha dado como consecuencia que muchas de las especies animales que existen en el planeta se encuentren en peligro crítico de desaparecer mientras otras ya lo han hecho.

Con el transcurso del tiempo y el aumento desmesurado de especies que se ven afectadas, hemos podido asimilar la real magnitud de lo que este conflicto representa. Consientes de la dimensión catastrófica del proceso de extinción, algunas organizaciones encargadas de mitigar el problema han emprendido en la labor de identificar y categorizar las especies que se encuentran en peligro de extinción en el ámbito global y local. No obstante para que la extinción de especies sea en cierta medida frenado y pese a la gran importancia que tiene en el proceso de conservación de especies la elaboración de listados e inventarios, es necesario también el tomar acciones que influyan directamente en la corrección de las actividades humanas que han ido gradualmente destruyendo el equilibrio natural, factor clave para mantener el buen estado de la biodiversidad.

La conservación de la naturaleza invita a mantener comportamientos y actitudes que promuevan el uso sostenible de los recursos naturales; la destrucción de la biodiversidad y del medio en que habita, determina la pérdida de la singularidad del paraje o las especies presentes (patrimonio o acervo genético), además de comprometer el carácter estético o de paisaje.

Es entonces fundamental el tomar acciones a escala local y global que vayan encaminadas a fortalecer procesos de conservación de la biodiversidad como:

⁴Hall *et al*/1997; tomado de "Proyecto de Investigación para la conservación del oso andino", Manuel Peralvo 2000, Capítulo 2: Marco Teórico



uso sostenible y sustentable de los recursos naturales, educación de la población, siendo esta misma la encargada de proteger el ambiente; a nivel nacional es importante establecer políticas de estado que faciliten el accionar conservacionista y se correlacionen en un sistema de cooperación internacional.

2.2.3. Monitoreo de especies amenazadas

Para realizar una investigación sobre el hábitat de cualquier especie animal es indispensable en primer lugar hacer un trabajo de campo, es decir un estudio en el sitio en donde vive la especie, ésta es la única manera de conocer cuál es el estado actual de los animales en estudio y de saber en qué condiciones se encuentran los diferentes componentes de su ambiente.

El trabajo en campo consiste específicamente en un monitoreo de las especies en estudio y la consecuente recolección de información que sirva como indicadora de su presencia, además de esto se busca indagar en el uso que le dan a los recursos presentes y en general conocer su actividad dentro del ecosistema.

Los métodos empleados para el monitoreo de especies animales se pueden categorizar en dos tipos: intrusivos y no intrusivos. En definición los métodos intrusivos son aquellos que requieren que exista una interacción directa con los individuos para su estudio, al contrario de los no intrusivos que únicamente buscan registros o rastros de los mismos.

Para el presente estudio se ha utilizado el método de monitoreo no intrusivo llamado Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos (MRBI) que consiste en identificar señales como: huellas, heces, marcas en árboles, comederos, madrigueras, etc., que indican la actividad del animal dentro del área de estudio. Para realizar el monitoreo los investigadores hacen recorridos sobre senderos o trochas llamados rutas de monitoreo, esto con el objeto de ir buscando las señales antes indicadas.



Es necesario advertir que para que la información recopilada en campo sea la adecuada debe cumplir con características de independencia entre las observaciones y además de esto es importante la habilidad de los observadores para poder identificar los registros, destreza que sólo se consigue en base a la experiencia con que se cuente, la cual se traduce en la familiaridad que el observador tenga con las señales que puedan dejar los individuos estudiados en su hábitat.

Entre las cualidades positivas de MRBI podemos destacar que por las características del método, es factible hacer en forma paralela una indagación de otras variables relacionadas con la ecología de las especies.

La efectividad del método ha sido validada en muchos estudios de este tipo con excelentes resultados, al tiempo que ofrece al investigador la ventaja de no sobrepasar las posibilidades disponibles en términos de tiempo y recursos económicos.

2.2.4. Definición e importancia del modelamiento de hábitat

Una vez que se ha concluido el proceso de monitoreo de las especies, el siguiente paso es la aplicación en un modelo de los valores obtenidos para cada una de las variables.

Un modelo es una representación aproximada de la realidad, combina determinadas variables que actúan en un proceso y experimenta con cambios que potencialmente podrían ocurrir en cada una de ellas, para de esta forma llegar a resultados que hablan de los impactos que producirían estas variaciones en la naturaleza. Un modelo no es algo exacto y no está exento de tener errores, tampoco es estático por lo cual debe estar siempre sujeto a una retroalimentación.

El modelamiento de hábitat para una especie, facilita el estudio de la misma ya que en muchos casos la investigación de fauna silvestre demanda abarcar bastas extensiones de terreno o zonas de difícil acceso, y esto hace que sea



logísticamente inmanejable para los investigadores. El presente trabajo de investigación se acopla al tipo de prestaciones que se puede obtener de un modelamiento, debido a que las especies objeto de investigación son generalistas, con patrones de movimiento extensivos; es decir se torna indispensable contar con información disponible en espacios grandes de territorio sobre las variables utilizadas para caracterizar el hábitat en el que viven el tapir de montaña y el oso andino. Además dentro del Parque Nacional Podocarpus también es un factor crítico a considerar el difícil acceso que se tiene a gran parte del mismo debido principalmente a su irregular orografía.

Se considera la posibilidad de aplicar las ciencias exactas para el estudio de fauna silvestre como una oportunidad de ejecutar un proyecto de investigación que entremezcle el aporte de las ciencias biológicas y exactas con un único fin, el de la conservación de la biodiversidad.

“La Matemática es una ciencia, pero al mismo tiempo puede ser considerada como un instrumento y como un lenguaje, especialmente en el campo del modelamiento, esencialmente interdisciplinario. Su mejor contribución no está, contrariamente a lo que algunos creen, en el plano del cálculo numérico, sino más bien en el plano del análisis, en la construcción de los modelos conceptuales y el hallazgo de caracterizaciones de optimización o de relaciones novedosas entre las variables del modelo.”⁵

2.2.5. El empleo de Sistemas de Información Geográfica para el modelamiento de hábitat

Para realizar un modelamiento se cuenta con una herramienta indispensable que son los Sistemas de Información Geográfica, ya que esta herramienta es capaz de construir representaciones del mundo real partiendo de bases de datos digitales, a través de procedimientos específicos. El modelamiento y los Sistemas de Información Geográfica están estrechamente relacionados, sin embargo la capacidad de generar modelos de la realidad no es la única función

⁵ Jorge Amaya, Centro de Modelamiento Matemático - Universidad de Chile



de los SIG, ya que también pueden desempeñarse en la captura, administración, manipulación, análisis y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente.

La información que puede dar un SIG sobre cualquier elemento espacial está relacionada a tres preguntas básicas: ¿Qué es el elemento?, ¿Dónde está ubicado? y ¿Cuál es su relación con los demás elementos espaciales? Para esto los SIG almacenan información espacial empleando tres elementos fundamentales: nodos, arcos y polígonos.

Para poder responder ¿Qué es el elemento?, se anexa datos alfanuméricos (atributos) a los elementos espaciales (nodos, arcos, polígonos), los cuales definen el fenómeno que se está representando.

Para responder la pregunta: ¿Dónde está ubicado? se utiliza un sistema de coordenadas, por medio del cual se puede georeferenciar a los elementos espaciales.

Finalmente para establecer cuál es la relación que existe entre los elementos se recurre al concepto de topología que es un método matemático empleado para establecer relaciones espaciales de vecindad, pertenencia, contigüidad e inclusión.

Un Sistema de Información Geográfica está constituido por: equipos, programas, datos, recursos humanos y procedimientos.

Los equipos o hardware es donde opera el SIG, se puede usar desde servidores hasta computadores personales. Los programas o software proveen las funciones necesarias para: almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. La elección del software que se va a utilizar es definitorio en la implementación del SIG, y se la debe hacer no solo tomando en cuenta el costo del mismo, sino también considerando cuál es la herramienta de software que



mejor se adapta a las necesidades y requerimientos del proyecto y objetivos del mismo.⁶

No existe ningún paquete de software que pueda resolver todos los requerimientos, por eso una implementación va a requerir más de un paquete para que sea exitoso. El uso de un solo paquete va a traer falencias. Por esta razón es aconsejable disponer de un paquete principal, el cual cubra la mayor parte los requerimientos y varios soportes complementarios.

Los principales componentes de un SIG son:

- ♣ Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- ♣ Un sistema manejador de base de datos (DBMS)
- ♣ Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- ♣ Interfase gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el SIG, o también se los puede obtener por medio de terceros que ya los tienen disponibles, los datos son el elemento más importante en la implementación de un SIG, al mismo tiempo que la obtención de los mismos resulta ser la mayor inversión inicial. Otra característica relevante de los datos es que necesitan ser actualizados periódicamente.

Todo Sistema de Información Geográfica (SIG) es manejado por personas que necesitan tener cierto nivel de adiestramiento en el manejo y manipulación de los componentes del sistema. La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla, administra el sistema y establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.⁷

Finalmente los procedimientos son todos los pasos a seguirse en la implementación del SIG, y en la posterior actualización y uso del mismo.

⁶ ANDRADE, Alberto, “Introducción a la Tecnología SIG”, 1999

⁷ ANDRADE, Alberto, “Introducción a la Tecnología SIG”, 1999

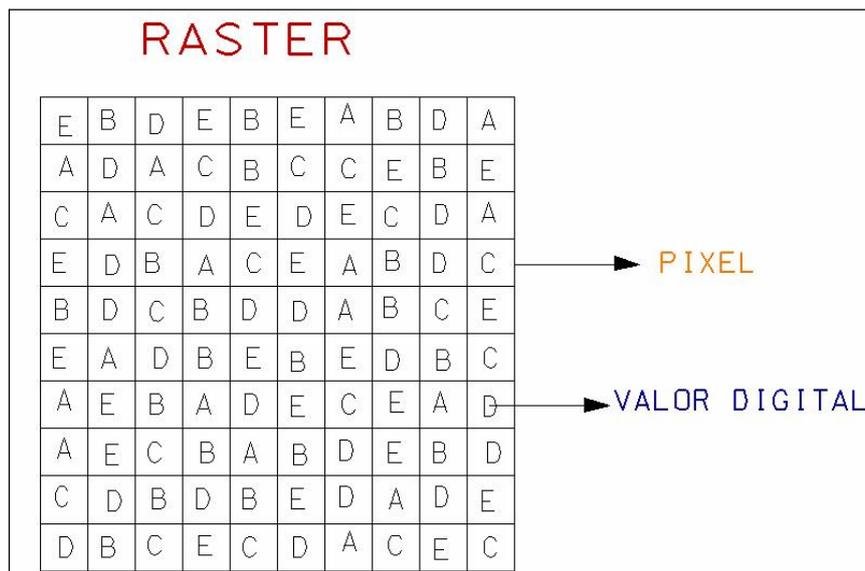


La información geográfica con la cual se trabaja en un SIG puede estar en dos presentaciones o formas: vectorial y ráster.

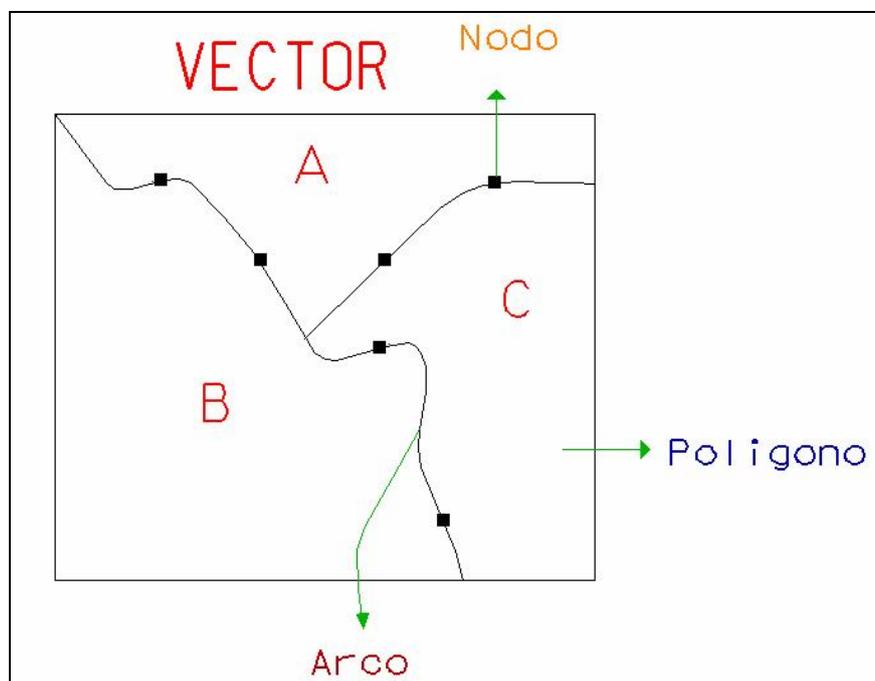
El modelo vectorial presenta a los elementos como arcos y nodos (líneas y puntos) y polígonos, cada uno de los cuales tienen una ubicación espacial dentro del mapa y un conjunto de atributos almacenados en una tabla, esto implica que un archivo en formato vectorial tendrá una base de datos gráfica ligada con una base de datos alfanumérica (de atributos), además de esto los elementos se encuentran interrelacionados en una forma ordenada y cumpliendo con ciertas normas y reglas fijadas por la topología.

El modelo ráster se presenta a modo de una matriz, es decir subdividida en filas y columnas las cuales determinan celdas o píxeles que por lo regular tienen forma cuadrangular. La posición de cada celda está definida por el número de fila y columna en la que se encuentra. El valor almacenado para cada celda (valor digital) indica la naturaleza del objeto, o dicho de otra manera la variable que representa. El tamaño de los píxeles determina la resolución espacial, siendo así, un ráster con tamaño de celda de 30 metros permitirá trabajar con objetos no menores a 30 metros.

La elección del modelo más apropiado, ráster o vector, depende de la naturaleza del fenómeno que se desea representar, los ráster están relacionados con variables de tipo continuas, mientras que la información en formato vectorial es aplicada para variables discretas. Para el presente modelamiento, se utiliza coberturas ráster, debido a que en las variables usadas predominan las de carácter continuo.



(a)



(b)

Figura 1. Modelos de datos en un SIG. (a) Modelo ráster, (b) Modelo vectorial.

Es entonces el uso de un Sistema de Información Geográfica una herramienta fundamental para el modelamiento del hábitat del oso andino y el tapir de montaña, al permitir la interacción de variables relacionadas con fenómenos de la realidad que son determinantes de las condiciones que favorecen o no el desarrollo de una especie en su hábitat natural.



2.2.6. Análisis Estadístico Multivariado

El análisis estadístico multivariado es un proceso matemático mediante el cual se logra establecer las relaciones entre variables que influyen en un fenómeno, el hábitat es una identidad multidimensional que está definido por un conjunto de variables que determinan las condiciones bióticas y abióticas que hacen o no posible la vida de una especie. Para realizar este tipo de análisis es necesario que se cuente con datos sobre las variables estudiadas, para luego por medio de métodos estadísticos llegar a resultados que interpretan las repercusiones reales de dichas variables.

Existen algunos métodos para realizar el análisis estadístico multivariado, entre ellos el Análisis de Componentes Principales, el cual consiste en reducir un conjunto relativamente grande de variables correlacionadas a otro más pequeño que retenga la información contenida por las variables originales⁸. Otros métodos multivariados usados para la determinación de hábitat son el análisis de la función discriminante y la regresión logística, los cuales presentan una limitante en su aplicación debido a que los datos recolectados deben ser sobre presencia y ausencia de las especies, habiendo frecuentemente dificultades para definir correctamente estos datos.⁹

El método multivariado que se usará en el presente estudio es la Distancia de Mahalanobis, el cual fue empleado por Clark (1993) en un estudio sobre osos negros.

El fundamento de este método se detalla de la siguiente manera: “Las técnicas estadísticas univariadas a menudo no pueden evaluar adecuadamente la naturaleza multidimensional de los hábitat usados por las especies. Por lo tanto, desarrollamos un método multivariado para modelar el potencial de uso del hábitat usando un conjunto de localizaciones de radio obtenidas de una

⁸Samuel y Fuller, 1994; tomado de “Proyecto de Investigación para la conservación del oso andino”, Manuel Peralvo 2000

⁹Samuel y Fuller, 1994; tomado de “Proyecto de Investigación para la conservación del oso andino”, Manuel Peralvo 2000, Cap. 2, Marco Teórico, Análisis Estadístico Multivariado



muestra de osos negros hembras y de datos sobre el hábitat. Estos datos consistieron en tipo de formación vegetal, elevación, aspecto, pendiente, distancia a vías, distancia a ríos y diversidad de cobertura boscosa. El modelo estuvo basado en la Distancia de Mahalanobis (DM) en conjunto con el uso de tecnología de SIG. Esa estadística es una medida de disimilaridad y representa la distancia estandarizada al cuadrado entre un conjunto de variables de una muestra y un ideal basado en el promedio de las variables asociadas con los sitios donde se ubicaron los animales. Los cálculos fueron hechos con el SIG para producir un mapa conteniendo valores de Distancia de Mahalanobis para cada píxel de 60m x 60m. El modelo identificó áreas de gran potencial de uso del hábitat que de otra manera no hubieran podido ser identificadas mediante el uso aislado de cualquier capa de información. Estas técnicas evitan varios de los inconvenientes que afectan comúnmente los análisis multivariados típicos de uso de hábitat y son una herramienta útil para el manejo del hábitat de vertebrados terrestres que utilizan hábitat a una escala paisajística.”¹⁰

Lo que se hace en la práctica es generar capas de información en formato ráster, cada una de las cuales representa una variable utilizada para la caracterización del hábitat, es decir que para cada unidad mapeada (píxel o celda) se tienen la información concerniente a las variables involucradas, esto se hace posible gracias a un SIG que al mismo tiempo permite la visualización y análisis de los resultados. La información contenida en estas capas es contrastada con la información que se obtiene en campo para los lugares donde se registra la presencia de las especies y que a la vez determina las condiciones ideales de hábitat.

La Distancia de Mahalanobis se calcula mediante la siguiente fórmula para cada píxel luego de que se ha generado toda la información necesaria.

$$DM = (x - \hat{u})^T \Sigma^{-1} (x - \hat{u})$$

¹⁰ Clark (1993) ;tomado de “Proyecto de Investigación para la conservación del oso andino”,Manuel Peralvo 2000;
Cap. 2: Análisis Estadístico Multivariado

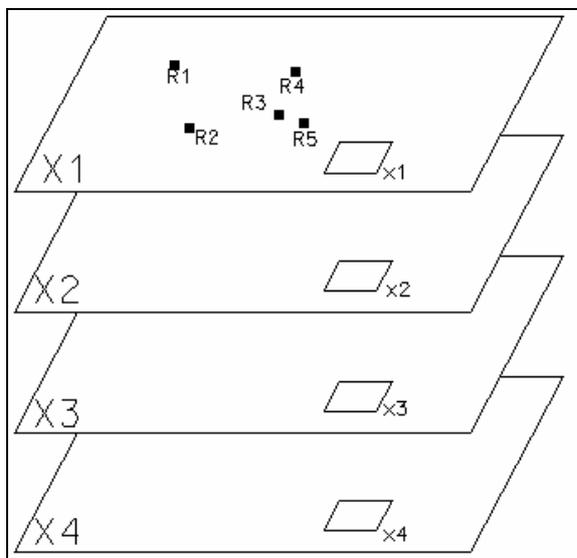


Donde:

x	Vector de las variables de hábitat para un píxel del área de estudio.
\hat{u}	Vector promedio de las variables de hábitat en los lugares donde se encontraron registros de las especies estudiadas.
Σ^{-1}	Inversa de la matriz varianza covarianza para los puntos donde se encontraron registros en campo.

Tabla 1. Descripción de componentes para la Fórmula de Distancia de Mahalanobis

Por medio del cálculo de la Distancia de Mahalanobis a cada píxel del área de estudio se le da un valor obtenido a partir de la comparación de las características propias de cada píxel (x) con las características correspondientes a las condiciones ideales que se representan como un vector promedio de las variables para aquellos píxeles en donde se encontró registros de oso de anteojos y tapir de montaña (\hat{u}).



$(X1, X2, X3, X4)$ = Capas de información

$(x1, x2, x3, x4)$ = Píxeles

$(R1, R2, R3, R4, R5)$ = Registros

Figura 2. Representación gráfica de las capas de información con sus componentes



La Distancia de Mahalanobis es una medida de disimilaridad, cuando más altos sean los valores obtenidos significa que las variables de hábitat están alejadas de cumplir con las condiciones ideales y sucederá lo contrario para valores más pequeños.



CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada en la presente investigación se orienta a determinar la disponibilidad de hábitat para el oso de anteojos y tapir de montaña en el Parque Nacional Podocarpus. Está dividida en dos grandes componentes: la etapa de investigación en campo, que comprende el Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos (MRBI), y la etapa de gabinete en la cual se ordena y depura la información obtenida en campo y la información cartográfica necesaria, para luego usar estos datos en un modelamiento basado en un análisis estadístico multivariado que nos ayudará a obtener como producto final un mapa de disponibilidad de hábitat.

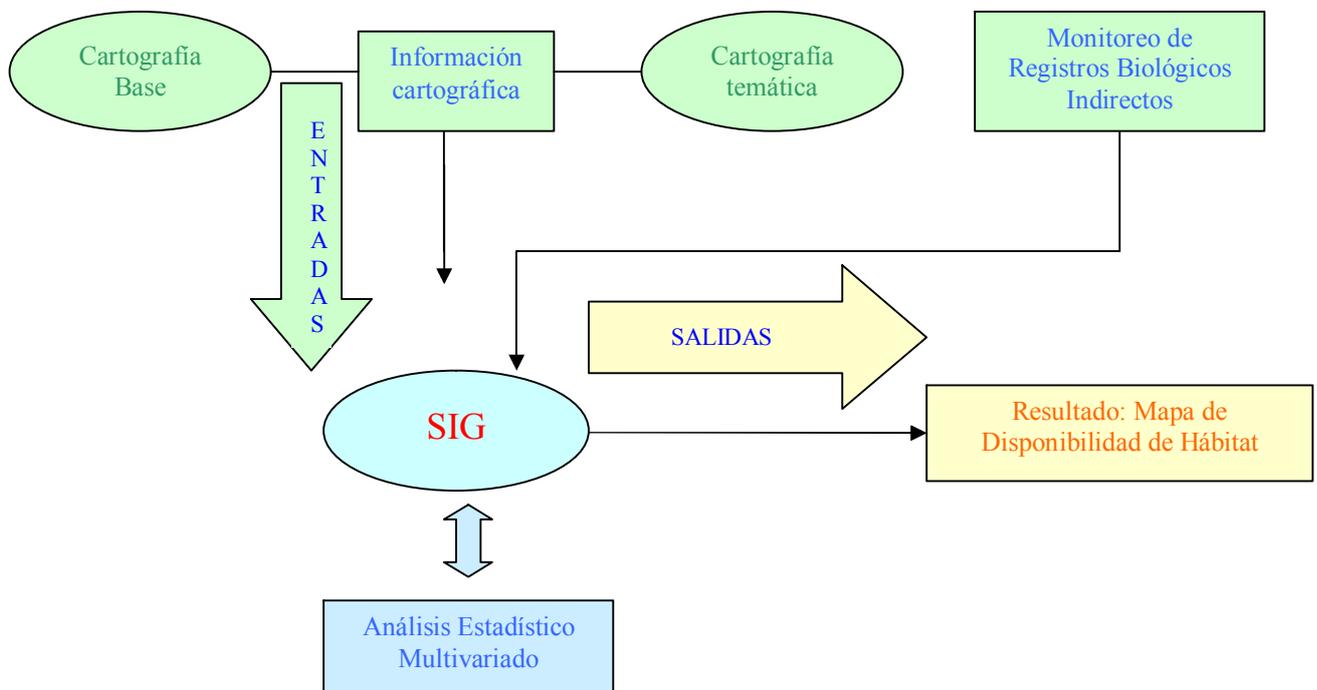


Figura 3. Esquema Metodológico



- Métodos de campo

Para la realización del trabajo de campo se utilizó como herramienta el método para monitoreo de especies conocido como monitoreo de registros biológicos indirectos (MRBI) que consiste en un muestreo de registros biológicos los cuales son indicio de la actividad de las especies estudiadas en el lugar donde se realiza el monitoreo

Este método de trabajo de campo incluye procedimientos como:

- Diseño del plan de Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos.
- Identificación del registro.
- Toma de puntos GPS.
- Identificación del tipo de formación vegetal presente.
- Medición de altitud.
- Medición de ángulos de orientación del terreno.
- Medición de pendientes del terreno.
- Registro de observaciones tomadas en campo.

Todos estos elementos constitutivos del monitoreo de campo hacen posible que al final del trabajo se cuente con un conjunto de registros biológicos que son usados para el posterior modelamiento de hábitat.

- Métodos de gabinete

Toda la información cartográfica recopilada (cartografía base, cartografía temática), debe ser procesada para que la misma pueda representar las distintas variables que participan en el modelamiento, luego los resultados del mismo son mapeados para permitir el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.



Para que esto sea posible es necesario ejecutar los siguientes procesos:

- ❖ Edición de cartografía base
 - Curvas de nivel
 - Hidrografía
 - Vías

- ❖ Edición de cartografía temática
 - Mapa de formaciones vegetales
 - Zonas agrícolas

- ❖ Definición de variables para el modelamiento:
 - Variables de influencia antrópica
 - Variables ecológicas.
 - Variables topográficas.

- ❖ Generación de coberturas ráster para las variables.
 - Ráster de alturas.
 - Ráster de distancia a cuerpos de agua.
 - Ráster de distancia a vías.
 - Ráster de distancia a zonas agrícolas.
 - Mapa de pendientes.
 - Mapa de orientaciones.

- ❖ Generación de la base de datos perteneciente a los registros biológicos.

- ❖ Generación de mapa de nube de puntos para registros biológicos.

- ❖ Fase de modelamiento
 - Métodos estadísticos



3.1. Delimitación del área de estudio

Para definir el área que se apegara más a los intereses y metas a alcanzar en el presente estudio, se tomó en cuenta aspectos como: importancia biogeográfica, estado de conservación y biodiversidad.

La ecorregión de los Andes Tropicales considerada como una de las más ricas y diversas del planeta, y definida como “epicentro mundial de la biodiversidad”¹¹, está conformada por cadenas montañosas de los Andes y abarca territorios de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Dentro de este contexto y destacando la importancia de la totalidad de esta región, podemos afirmar que la zona comprendida dentro de los andes del sur de Ecuador posee ciertas características de singular importancia, debido principalmente a que el sector está influenciado por la formación Fitogeográfica Huancabamba, siendo este el sitio donde la Cordillera Real de Los Andes posee las altitudes más bajas, determinando de esta forma la presencia de flora, vegetación y fauna de características excepcionales¹².

En esta zona las altitudes de los Andes se desploman hasta los 500 m, y no llegan a ser superiores a los 4.000 m, ésta formación se constituye en una de las principales barreras para la migración andina de flora y fauna, determinando de esta forma la presencia de especies únicas con rangos de distribución y endemismo restringidos a esta región.¹³

La región sur del país ha sido definida por innumerables investigadores, como una zona de gran importancia para la conservación de la biodiversidad, y los procesos ecológicos que sustentan el desarrollo de la región, dentro de esta importante zona biogeográfica, con la categoría de Parque Nacional, catalogado por la UNESCO como reserva de biosfera, y perteneciendo al

¹¹ Myers, 1988

¹² Conservation International, 1997

¹³ Mittermeier et al., 1999



Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP – Ecuador), se encuentra el Podocarpus.

Es entonces en el área que comprende el Parque Nacional Podocarpus (PNP) donde se ha realizado el presente estudio de disponibilidad de hábitat para dos especies emblemáticas de la región, y que además se encuentran en peligro crítico de extinción debido principalmente a la intervención humana dentro de su medio o ecosistema.

3.2. Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos (MRBI)

El Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos consiste en una técnica usada para estudios de fauna silvestre, la cual se basa en la recolección de muestras en campo que indican la presencia de individuos pertenecientes a la especie estudiada. Estas muestras o registros pueden ser: huellas, heces, comederos, senderos empleados por los animales para su desplazamiento, marcas en los árboles (en el caso del oso de anteojos), restos de pelo, madrigueras y también observaciones directas. Cada uno de los registros encontrados en campo tendrá que ir acompañado de su ubicación geográfica (medición de puntos GPS) y de una serie de variables adicionales medidas y tomadas para caracterizar el lugar.

Al escoger cuál es el método más apropiado a seguir para realizar un monitoreo de especies se debe tomar en cuenta factores como: demanda de tiempo y dinero, exactitud de los resultados, extensión del área de estudio, y beneficios complementarios que se pueda obtener a partir del estudio.

Una de las técnicas más usadas con buenos resultados para estudio de especies es el Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos, otros métodos como la radiotelemetría generan errores en cuanto a la precisión posicional, además el MRBI presta otras ventajas como su costo moderado, no requiere la manipulación de los animales, es fácil de implementar, posibilita cubrir grandes extensiones de terreno, además con los registros obtenidos se puede determinar patrones de uso y selección del hábitat.



3.2.1. Diseño del Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos

El Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos requiere el diseño de una red de monitoreo (conjunto de rutas) que debe cumplir con ciertas características o requerimientos para definir un nivel de confiabilidad apropiado para este tipo de estudios. Aunque el diseño de la red de monitoreo se lo puede hacer basándose en ciertas normativas establecidas y recomendadas, se debe considerar que cada red de monitoreo tiene características propias, dependiendo básicamente de singularidades geográficas y logísticas del sitio de estudio. Los requerimientos sugeridos para la realización de este tipo de estudio se consiguen apegándose a los siguientes criterios determinados por Kendall et al. (1992) y sistematizados por Clevenger (1993) y se detallan a continuación.

- ♣ Selección de las rutas.- las rutas deben tener una distribución espacial uniforme, de tal forma que abarquen la totalidad del área de estudio y sus componentes físico - geográficos, además todos los tipos de hábitat presentes en el área de estudio estarán cubiertos por las rutas de la red de monitoreo, esto tomando en cuenta adicionalmente que el total de rutas tiene que estar distribuido proporcionalmente a la ocurrencia de determinado tipo de hábitat.
- ♣ Longitud de segmentos de ruta.- la unidad básica de muestreo está determinada por la longitud de los segmentos de ruta, que es una distancia predeterminada. Esta distancia es definida por la movilidad o área de vida de la especie estudiada. Se debe procurar que esta distancia sea lo menor posible pero considerando que sea lo suficientemente extensa para que exista independencia de las observaciones.
- ♣ Longitud de la ruta.- la longitud de la ruta depende del número de segmentos de ruta que se va a tener, y a su vez el número de segmentos de ruta está determinado por la densidad de registros que se encuentre en el área de estudio y por los objetivos que se persiguen. Por ejemplo para



determinar tendencias poblacionales se requiere contar con una media de 0.5 registros por segmento mediante el monitoreo de entre 500 y 1000 segmentos, mientras que el monitoreo realizado por Clevenger y Purroy en 1996 para detectar tendencias de una población de osos pardos, contaba con una red de monitoreo cuyas rutas daban un total de 950 segmentos de 1.6 Km. de longitud.

- ♣ Identificación de las especies.- los registros encontrados en campo deben ser diferenciados perfectamente de tal manera que no exista confusión al atribuirlos a una u otra especie.

- ♣ Experiencia de los observadores.- la correcta identificación de los registros (huellas, heces, comederos, marcas de árbol, senderos, restos de pelaje, etc.) solo es posible cuando los observadores tienen experiencia en esta práctica, de no ser así, los parabiólogos que participen deberán ser capacitados.

- ♣ Recolección de heces y medición de huellas.- para poder realizar estudios de ADN o investigar cuál es la dieta de la especie estudiada, es necesario al encontrar un registro de heces el recolectar y etiquetar una muestra; y para lograr una individualización de los registros se debe realizar una medición de las huellas encontradas.

- ♣ Períodos de monitoreo.- el período de monitoreo recomendado para estudios poblacionales es de al menos una vez al año, y para estudios de uso de hábitat se deberían realizar los recorridos de monitoreo en forma bimensual o estacional. En general la definición de los períodos de monitoreo está determinado por los objetivos del estudio.



3.2.2. Diseño del Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos en el Parque Nacional Podocarpus para la "DETERMINACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE HÁBITAT PARA EL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) Y TAPIR DE MONTAÑA (*Tapirus pinchaque*) EN LOS ANDES TROPICALES DEL SUR DEL ECUADOR

La metodología sugerida por Morgan (1998) para este tipo de estudios fue sometida a ciertas adaptaciones que se acoplan principalmente a la gran extensión del área de estudio y al difícil acceso a ciertas zonas por tratarse de una región montañosa. Los criterios metodológicos que se emplearon para el diseño de la red de monitoreo se detallan a continuación.

Las rutas fueron ubicadas o distribuidas tomando como eje los ríos San Francisco, Bombuscaro, Shaime y Loyola, los cuales permitían el acceso a la parte oriental del parque; se ubicaron también en la zona correspondiente a Quebrada Honda en la parte sur del parque; y para la zona ubicada en la cordillera se definió rutas de monitoreo en los sectores El Tiro, Cajanuma, Cerro Toledo y en la región adyacente al sistema lacustre del PNP. Se registraron puntos GPS cada 100 metros en cada ruta para su posterior mapeo y ubicación.

Para la implantación de las rutas también se consideró que estén distribuidas tomando en cuenta las formaciones vegetales presentes en el área de estudio, es decir procurando que el número de líneas de monitoreo sea proporcional al nivel de ocurrencia de cada tipo de formación vegetal.

Al emplear la distancia de Mahalanobis, el tamaño de la muestra mínimo puede ser de 20 o 30 registros¹⁴ que estén distribuidos de tal forma que cumplan con un nivel de independencia; para que el modelo estadístico pueda correr es necesario que no existan más variables que registros, en el caso del presente estudio el tamaño de la muestra estuvo determinado por el número de rutas de monitoreo ubicadas de tal forma que abarquen la totalidad de formaciones

¹⁴ Morgan, 1999; tomado de "Proyecto de Investigación para la conservación del oso andino", Manuel Peralvo 2000; Cap. 3: Metodología, Diseño del MRBI



vegetales presentes. Es importante señalar que un determinado tipo de formación vegetal define e implica la existencia de un conglomerado de características biogeográficas, las cuales a su vez configuran un tipo de hábitat, de esta manera al ubicar una ruta de monitoreo dentro de un tipo específico de formación vegetal, estamos cubriendo un tipo de hábitat que pueden usar para su subsistencia las especies.

Al ser necesario que exista independencia entre las observaciones, se tomó sólo aquellos registros que se encontraran a más de 30 metros del anterior, esta distancia se la escogió debido a que los ráster del área de estudio están diseñados con una resolución espacial de 30 metros, esto quiere decir que ninguna distancia menor a la señalada es discernible dentro de las superficies mapeadas.

Como ya se indicó anteriormente para la identificación de los registros biológicos es indispensable que los observadores tengan experiencia en esta actividad. Particularmente en este caso es fundamental la correcta identificación, debido a la inminente posibilidad de poder confundir los registros de oso y tapir que se caracterizan por poseer cierto grado de similitud en el caso de registros de heces y senderos.

Es así que para la realización del monitoreo se contó con la ayuda de un parabiólogo perteneciente a la fundación auspiciante de este proyecto, el mismo que contaba con la experiencia necesaria, habiendo trabajado con anterioridad en proyectos de características similares al presente y teniendo conocimiento del área en la cual se debían hacer los recorridos.

Para el modelamiento se usaron los registros tomados en dos etapas de monitoreo, la primera etapa fue realizada por la Fundación Arcoiris en el período comprendido entre los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2003, y la segunda etapa realizada por los autores de este proyecto en los meses de octubre - diciembre del año 2006 y enero - febrero de 2007. De tal forma que el presente estudio tiene la condición de multitemporal, siendo esto una característica ventajosa, debido a que las especies estudiadas son



estacionales, esto quiere decir que el uso de hábitat que hacen depende de la época del año.

3.2.3. Datos tomados en campo

El modelamiento de una especie a partir del monitoreo de registros biológicos indirectos, implica que cada registro encontrado para oso de anteojos y tapir de montaña debe ir acompañado de datos recolectados en el sitio del muestreo para caracterizarlo. Para registrar esta información concerniente a cada registro biológico, se diseñó una hoja de campo que es usada posteriormente en gabinete para la elaboración de una base de datos.¹⁵

La medición de estas variables tomadas en campo debe cumplir con un protocolo que se describe a continuación.

- ♣ Tipo de registro.- se indica si el registro se trata de huella, heces, comedero, pelo, sendero, marca de árbol (para el oso de anteojos), madriguera u observación directa. El tipo de registro se utiliza como una información complementaria, para el modelamiento de disponibilidad de hábitat no se hace una diferenciación de los registros encontrados ya que no se busca realizar una caracterización de hábitat por su uso, simplemente se intenta saber en qué lugares existe la presencia de las especies.
- ♣ Posición.- La ubicación del punto se realiza mediante el uso de un GPS que nos da las coordenadas UTM del lugar en donde se encuentra el registro biológico. La medición de este dato se dificulta en ocasiones al no tener una satisfactoria cobertura de los satélites geodésicos que son los encargados de determinar la posición, esto se debe a que en ciertos lugares la cobertura del dosel no permite que existan buenas condiciones de recepción.

¹⁵ Ver Anexo 5: Hoja de campo



- ♣ Altitud.- se mide la altitud con respecto al nivel medio del mar empleando un altímetro, para esto se debe calibrar antes al altímetro en un punto de altura conocida.

- ♣ Orientación.- es el ángulo horizontal medido desde el norte (acimut) hasta el plano vertical perpendicular a la mayor pendiente del lugar en el que se encuentra el registro, se mide con una brújula y los valores van desde 0° hasta 360°.

- ♣ Pendiente.- es el ángulo vertical medido desde el horizonte hasta el plano tangente a la mayor pendiente del lugar, los valores van de 0° a 90° y se los obtiene con un clinómetro.

- ♣ Tipo de formación vegetal.- se observa qué tipo de vegetación predomina en el lugar y se la clasifica dentro de las categorías establecidas para formaciones vegetales dentro del área de estudio. Para realizar esta observación es indispensable contar con experiencia en poder identificar los diferentes tipos de formaciones vegetales presentes.

- ♣ Observaciones.- en caso que el lugar en el que se encuentra el registro tenga alguna característica relevante, se la señala con el objetivo de poder caracterizar con mayor precisión el sitio.

3.2.4. Equipo usado para el monitoreo

- ♣ GPS.-

Rendimiento:

- Receptor Tecnología de 12 canales paralelos, capta hasta 12 satélites para calcular y actualizar información con antena cuadrifilar.
- Tiempos de captación (en condiciones óptimas):
 1. Hot aproximado: 15 segundos.
 2. Warm aproximado: 1 minuto.
 3. Velocidad de actualización: 1 segundo continua.



Exactitud:

- Posición 7 metros, 95% 2D RMS w/WAAS <3 metros, 95% 2D RMS.
- Velocidad 0.1 nudo RMS régimen permanente.

Límites:

- Velocidad 951 mph.
- Altitud 17.500 metros.

Tipo:

Navegador



GPS MAGELLAN SporTrak

Foto: <http://www.adventurestation.com>

♣ Altimetro.-

Precisión = 20 m



Altimetro analógico

Foto: <http://www.casaclima.com>



♣ Clinómetro.-



Clinómetro de metal CST

Foto: <http://www.compuserv.com.br/lojavirtual>

♣ Brújula.-



Brújula analógica

Foto: Lucía Jaramillo – José Carrión, 2007

3.3. Preparación de insumos para el SIG

3.3.1. Información Cartográfica

La cartografía base y temática se encuentra georeferenciada en la proyección Universal Transverse Mercator (UTM) en la zona 17 sur y con dátum WGS84.

3.3.1.1. Cartografía Base

La cartografía base (curvas de nivel, red hidrográfica, senderos, vías y límite del PNP) correspondiente al área de estudio fue facilitada por parte de la Fundación Arcoiris, la digitalización de la misma fue realizada por el Instituto



Geográfico Militar y se basa en las cartas topográficas escala 1: 50000 producidas en base a fotografías aéreas (1965) por el IGM en el proyecto Carta Nacional. Esta información fue recibida en formato shp. y tuvo que ser importada desde el software TNT mips para su posterior edición.

El mapa de senderos creado en base a la cartografía base elaborada por el Instituto Geográfico Militar (IGM, Proyecto Carta Nacional, 1965), fue actualizado, ya que debido a la actividad humana presente en el parque, la creación de nuevos senderos es algo inevitable. La actualización fue hecha en base a puntos GPS tomados en recorridos de campo realizados por miembros de la Fundación Arcoiris.

Las cartas topográficas E: 1: 50000 que abarca el Parque Nacional Podocarpus son las siguientes: Loja Norte (NVI-F4), Loja Sur (NVII-B2), Vilcabamba (NVII-B4), Yangana (NVII-D2), Valladolid (NVII-D4), Zamora (ÑVII-A1), Cordillera de Tzunantza (ÑVII-A3), Playa de Oro (ÑVII-C1) y La Canela (ÑVII-C3).

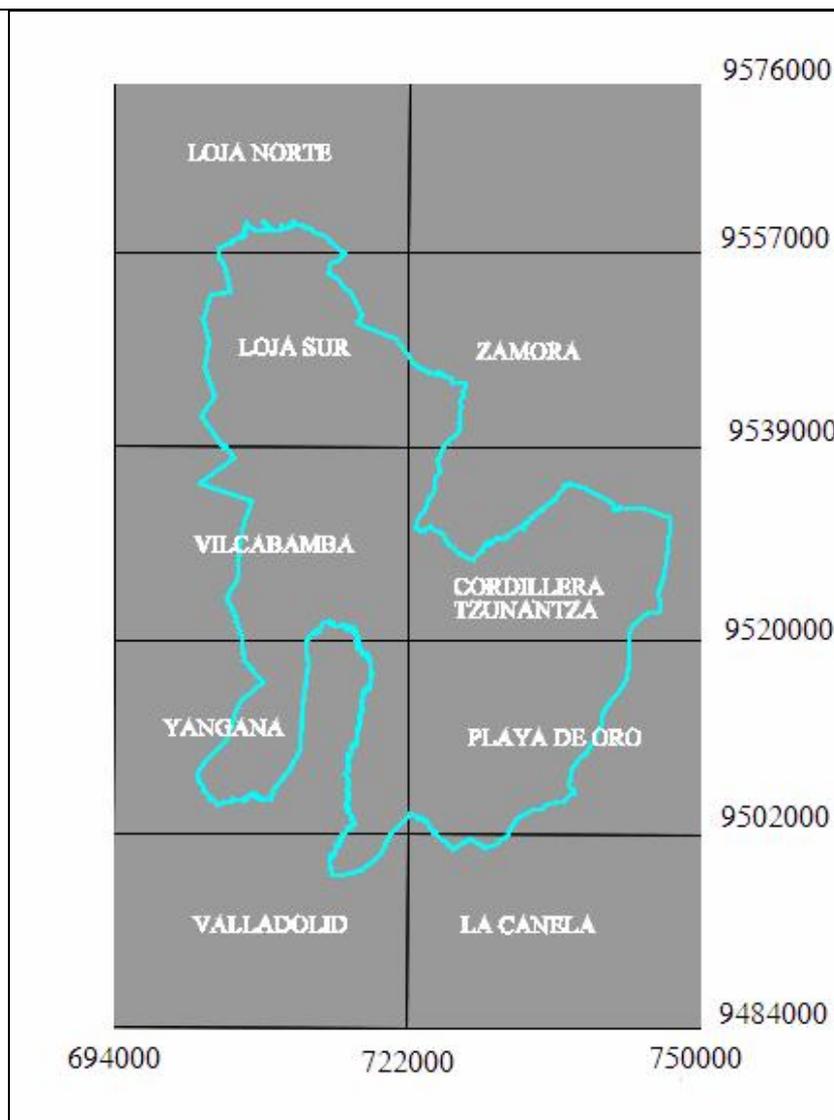


Figura 4. *Cartas topográficas que abarcan el área de estudio (PNP)*
Coordenadas UTM

La información digitalizada en base a las cartas topográficas contiene los componentes que se detallan en la siguiente tabla:

Elemento	Descripción
Curvas de nivel	Cada 40 metros
Cuerpos de agua	Ríos simples, ríos dobles, quebradas, lagunas
Red vial	Vías de primero, segundo y tercer orden
Senderos	Vías no carrozables

Tabla 2. *Información que contiene la cartografía base*



A continuación se señala mediante un esquema metodológico cuál es el proceso seguido para obtener la cartografía base del Parque Nacional Podocarpus.

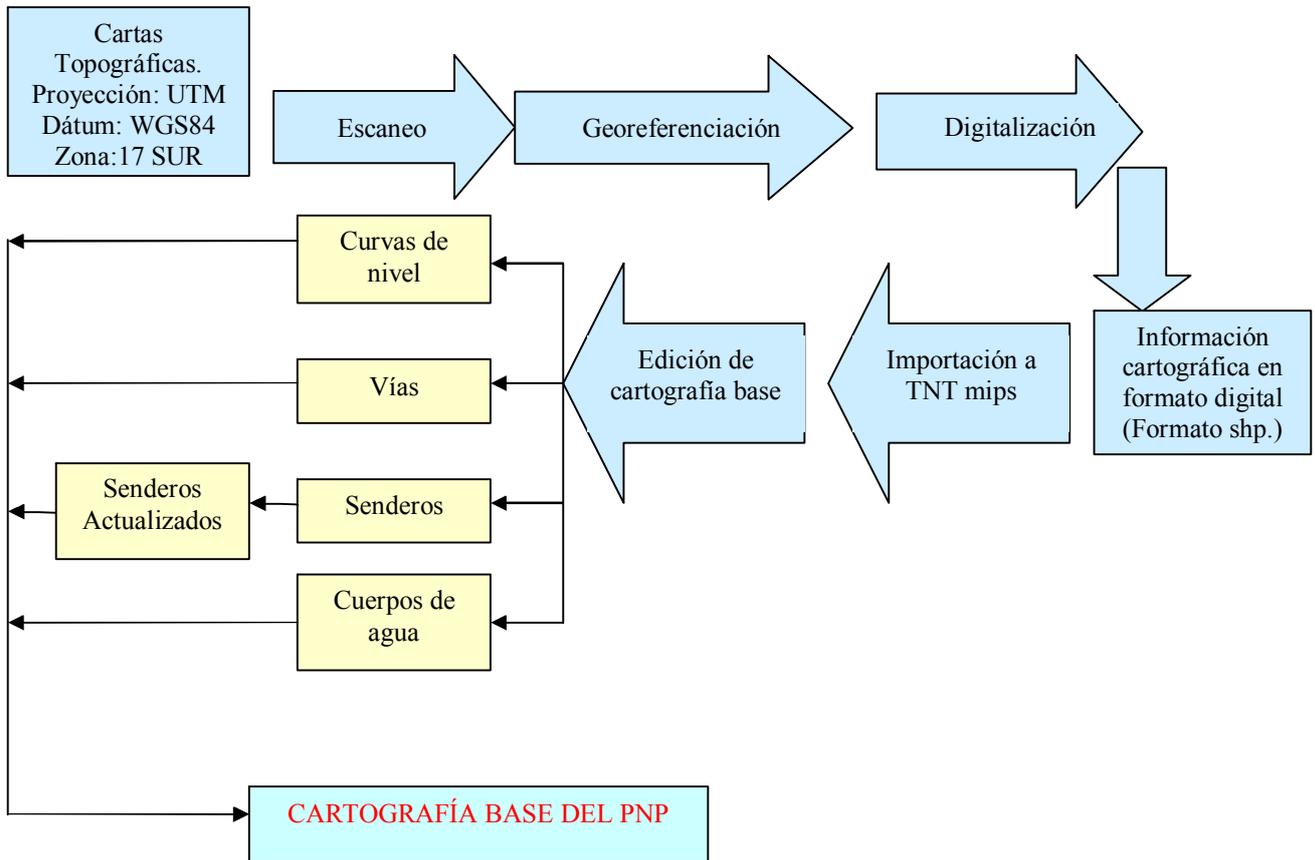


Figura 5. Proceso seguido para la obtención de la cartografía base del PNP.

3.3.1.2. Cartografía Temática: Formaciones Vegetales, Zonas agrícolas

La cartografía temática se orienta a representar una característica específica del área de estudio, debido a que para el modelamiento de hábitat de una especie la caracterización de la vegetación presente tiene un alto grado de significación, en esta investigación se hace indispensable contar con un mapa de formaciones vegetales. Además del mapa de formaciones vegetales, se usa dentro de una de las variables usadas en el modelamiento un mapa de ubicación de zonas agrícolas.



La elaboración del mapa de formaciones vegetales estuvo a cargo del CINFA (Centro Integrado de Geomática Ambiental, Universidad Nacional de Loja) en la etapa concerniente a gabinete y del herbario de la Universidad Nacional de Loja en la etapa de trabajo de campo, adicionalmente en forma paralela a la obtención del mapa de formaciones vegetales se obtuvo un mapa de uso de suelo, del cual se toma la cartografía correspondiente a las zonas agrícolas del PNP usada en la presente investigación.

3.3.1.2.1. Metodología empleada para la elaboración del mapa de formaciones vegetales

El mapa de formaciones vegetales se obtuvo como uno de los productos finales de un estudio de unidades de paisaje para el diseño del corredor de conservación entre el Parque Nacional Podocarpus, el Bosque Protector Corazón de Oro y la Reserva Comunal Yacuambi.¹⁶

Para el diseño del mapa de unidades de paisaje se realiza un análisis de fotografías aéreas para componer una Leyenda Preliminar de acuerdo a los elementos que conforman el paisaje, atendiendo a los objetivos del estudio. Es decir la interpretación de las fotografías aéreas se basó en la descripción de los foto - elementos teniendo en cuenta las foto-características, en este proceso se dieron los nombres preliminares a los elementos (clasificación) formando una Leyenda Preliminar.

Las fotografías aéreas que cubren la zona de estudio del proyecto son 49 en total, se encuentran distribuidas sobre las líneas de vuelo 1 hasta 4, según los registros del IGM, tienen escala 1: 60000 y son tomadas el año 1998 y 2000.

¹⁶ *Proyecto Diseño del Corredor de Conservación entre el Parque Nacional Podocarpus, el Bosque Protector Corazón de Oro y la Reserva Comunal Yacuambi.*



Línea	Año 1998	Año 2000	Número de fotografías
1	5349-5359	-	10
2	5272-5283	-	12
3	-	13963-13949	15
4	5335-5331	13899-13893	12

Tabla 3. Mosaico de fotografías aéreas empleadas en la elaboración del mapa de unidades de paisaje. (Empleadas en la determinación de unidades de paisaje en el Proyecto Diseño del Corredor de Conservación entre el Parque Nacional Podocarpus, el Bosque Protector Corazón de Oro y la Reserva Comunal Yacuambi.)

A continuación se detalla en qué consiste cada uno de los procedimientos necesarios para la obtención del mapa de unidades del paisaje.

Análisis de las fotografías aéreas

El estudio estuvo apoyado por técnicas de interpretación visual y estereoscópica de las fotografías aéreas, que fueron las herramientas básicas para sistematizar de manera apropiada el gran volumen de información recabada de las fotografías. En base a técnicas de fotointerpretación se dibujó sobre láminas transparentes las unidades de paisaje que se discernían en la fotografía.

Escaneo de las fotografías aéreas

Las fotografías aéreas fueron escaneadas en formato TIFF (Tag Image File Format) a una resolución de 400 dpi (puntos por pulgada). Cada fotografía se la escaneó, con los acetatos correspondientes de las unidades de paisaje, con la finalidad de facilitar su digitalización.

Elaboración del mosaico de ortofotos

Las fotografías aéreas, por causa del relieve y la proyección central usada por la cámara, presentan errores geométricos. Por tal motivo tales errores deben ser corregidos mediante el proceso de ortofotocorrección digital que puede



rectificar geoméricamente los errores y georeferenciar los datos. Para el efecto se usó el software SIG ILWIS versión 3.0.

Digitalización de unidades de paisaje

En esta etapa del proceso se utilizó las láminas transparentes de la fotointerpretación como referencia y se digitalizó en pantalla los polígonos de las unidades de paisaje, con la fotografía individual digital como fondo.

Considerando que cada unidad de paisaje tiene ciertas características de vegetación diferentes, se codificaron con caracteres alfabéticos (correspondientes a la descripción del tipo de formación vegetal). Estos códigos fueron incluidos en la base de datos con la capa de polígonos de unidades de paisaje.

Elaboración del mapa preliminar de unidades de paisaje

Se importaron las diferentes capas informativas, elaborados en el presente trabajo y en trabajos de cartografía digital anteriormente ejecutados, al software ArcView, para unirlos en un mapa preliminar de unidades de paisaje.

Trabajo de campo

El mapa preliminar sirvió como base para la planificación del trabajo de campo, el cual junto con los análisis posteriores de los datos recolectados, permitieron corregir los polígonos de las unidades de paisaje y ampliar la base de datos acerca de estas unidades.

Elaboración del mapa final de unidades de paisaje

El mapa preliminar de unidades de paisaje fue sometido a correcciones que surgieron de observaciones hechas luego del trabajo de campo y de una edición posterior que consistió en combinar y contrastar diferentes tipos de



información para poder detectar resultados inconsistentes al revisar la lógica de pertenencia de un elemento con respecto al contexto en el que se encuentra.

Determinación de comunidades vegetales

Con el fin de obtener el mapa de formaciones vegetales se realizó un análisis de agrupamientos y arreglo fitosociológico, para lo cual se utilizó el programa TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis)¹⁷, que agrupa las muestras (parcelas) y las variables (especies) basándose en la mayor similitud de la composición florística, es decir, el programa agrupa las parcelas que más se parecen e indica dónde se separan los diferentes grupos de parcelas y con qué valor de probabilidad (probabilidad que es dada por un eigenvalor que va de 0 a 1).

Del resultado de este análisis se establecen grupos de parcelas que representan las comunidades vegetales que se encuentran en la totalidad de la muestra.

Un eigenvalor que tiende a 1 indica que el nivel de división es más fuerte y confiable lo que demuestra que las comunidades son florísticamente diferentes. Un eigenvalor más bajo indica que la separación de las comunidades no es fuerte. Lo que generalmente significa que las comunidades no son florísticamente diferentes.

Tipos de formaciones vegetales encontrados para el área de estudio

Luego del análisis de las fotografías aéreas y de la depuración de la información a través del trabajo de campo se llegó a obtener la siguiente clasificación de formaciones vegetales para el área de estudio.

¹⁷ Hill, 1979; tomado de Fundación Ecológica Arcoiris, Proyecto Diseño del Corredor de Conservación entre el Parque Nacional Podocarpus, el Bosque Protector Corazón de Oro y la Reserva Comunal Yacuambi.



DENOMINACIÓN	TIPO
Bosque chaparro	Natural
Bosque denso	Natural
Páramo arbustivo	Natural
Páramo herbáceo	Natural
Bosque abierto	Antrópica
Complejo bosque-bosque chaparro	Antrópica
Bosque plantado (pino)	Antrópica
Complejo bosque chaparro-herbazal	Antrópica
Complejo bosque-pastizal	Antrópica
Complejo cultivo-pastizal-bosque chaparro	Antrópica
Complejo pastizal-bosque	Antrópica
Complejo pastizal-bosque-cultivo	Antrópica
Complejo pastizal-cultivo	Antrópica
Complejo-pastizal-matorral	Antrópica
Pastizal	Antrópica

Tabla 4. *Formaciones vegetales encontradas según CINFA, Herbario Universidad Nacional de Loja*

3.3.1.2.2. Formaciones vegetales empleadas en el modelamiento de hábitat

Las formaciones vegetales fueron subclasificadas dependiendo de si habían sido influenciadas por la actividad humana en dos tipos: naturales y antrópicas.

La clasificación hecha para las formaciones vegetales en naturales y antrópicas tiene gran relevancia debido a que al constituir las formaciones vegetales una variable para la implementación del modelo y ya que este estudio se realiza a un nivel de escala paisajística, la variable formación vegetal debe comprender unidades grandes, homogéneas y ecológicamente significativas para las especies estudiadas. Es así que aquellas zonas en las que las formaciones vegetales no tenían un origen natural fueron catalogadas como áreas intervenidas. Con lo cual la clasificación de las formaciones vegetales quedó establecida de la siguiente manera.¹⁸

¹⁸ Ver Anexo 1: Descripción de las Formaciones Vegetales Presentes en El Parque Nacional Podocarpus



FORMACIONES VEGETALES	ÁREA (Ha)
Bosque Denso	94393.98
Bosque Chaparro	19727.47
Páramo Arbustivo	12452.83
Páramo Herbáceo	9087.89
Área Intervenida	9412.84

Tabla 5. *Formaciones vegetales presentes en el área de estudio*

3.3.1.2.3. Mapa de zonas agrícolas

Las zonas agrícolas del Parque Nacional Podocarpus se obtuvieron del mapa de uso de suelo. El Uso Actual del Suelo identifica y caracteriza el estado actual del paisaje; refleja la dinámica social en cuanto al aprovechamiento del medio natural por parte del hombre. Se obtiene de la fotointerpretación de las fotografías aéreas, luego se verifica en el campo los diferentes usos y se realiza la corrección de ser necesario, finalmente con estos datos se elabora el mapa definitivo de uso del suelo.¹⁹

¹⁹ Proyecto Diseño del Corredor de Conservación entre el Parque Nacional Podocarpus, el Bosque Protector Corazón de Oro y la Reserva Comunal Yacuambi.

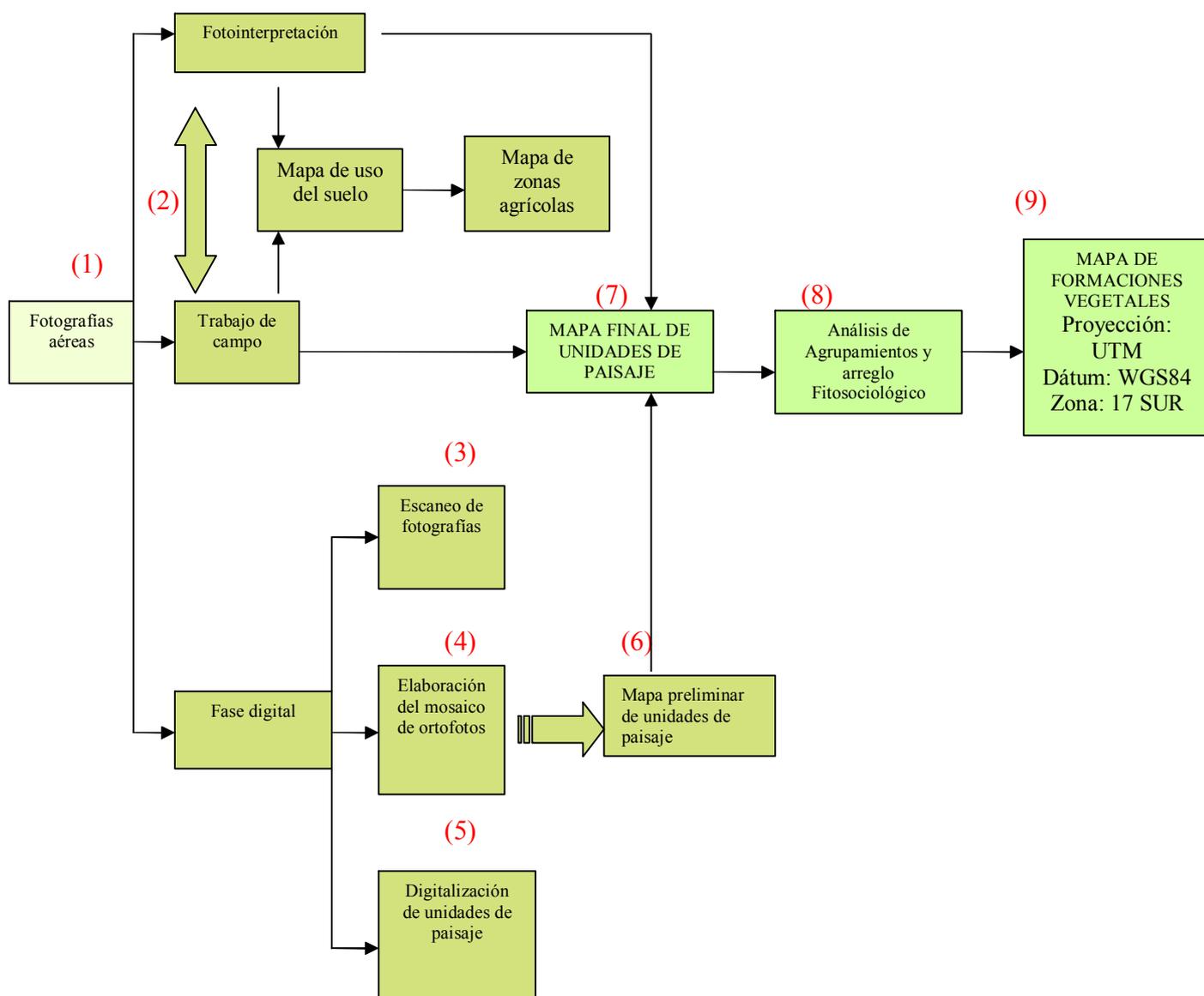


Figura 6. Proceso seguido para la obtención del mapa de formaciones vegetales y zonas agrícolas del PNP

3.3.1.3. Validación y edición de la base de datos espacial

Tanto la cartografía base como la cartografía temática, fue validada y editada en base a las cartas topográficas originales escaneadas²⁰, la edición fue realizada en TNT mips luego de identificar ciertos elementos presentes en la cartografía digitalizada que no coincidía con las cartas topográficas escaneadas, fueron detectados también errores en los atributos asignados a

²⁰ IGM, Proyecto Carta Nacional, 1965



los elementos gráficos, defectos referentes a la estructuración topológica de la información (polígonos irrelevantes, líneas no enlazadas, líneas sobrepuestas), desplazamientos con respecto a la correcta ubicación espacial de los elementos, y problemas en las bases de datos debido a que no se había usado un formato homogéneo para los registros alfanuméricos.

Se realizó adicionalmente una modificación en el mapa de formaciones vegetales, ya que todos los elementos cuyos atributos coincidían con aquellas formaciones vegetales catalogadas como de origen antrópico, fueron asignadas a una nueva clase denominada: “áreas intervenidas”.

3.3.2. Variables usadas en el modelamiento

Un modelamiento es una aproximación a la realidad, esta realidad tiene que ser definida en función de ciertas variables que hablan de las condiciones en las que se desarrolla el fenómeno estudiado. Es así que para el presente modelamiento se ha definido ciertas variables consideradas como fundamentales para caracterizar el hábitat del oso de anteojos y el tapir de montaña. Las variables incluidas en este modelamiento son las siguientes:

- Variables topográficas
 - Altitud
 - Pendiente
 - Orientación

- Variables de influencia antrópica
 - Distancia a vías.
 - Distancia a zonas agrícolas.

- Variables ecológicas
 - Distancia a cuerpos de agua.
 - Formaciones vegetales.



3.3.2.1. Variables topográficas

Altitud

La altitud define condiciones importantes del hábitat, como la temperatura y las formaciones vegetales presentes, particularidades que harán factible o no la vida de una especie en un determinado tipo de hábitat, la vegetación está estrechamente relacionada con los hábitos alimenticios y con otras conductas características, a la vez sólo aquellas especies que encuentran óptimos niveles de temperatura o que al menos estén dentro de sus márgenes de tolerancia podrán existir.

La altitud para el área de estudio es calculada mediante la elaboración de un DTM (modelo digital del terreno) en el software TNT mips a partir de las curvas de nivel a escala 1: 50000 y con una resolución espacial de 30*30 metros.

Pendiente

La pendiente en un punto es definida como el ángulo medido desde la horizontal a un plano tangente a la superficie en dicho punto, el cálculo para obtener el mapa de pendientes se realiza con una operación de vecindad, haciendo calzar para cada píxel un plano tomando en cuenta las elevaciones de los píxeles vecinos.

La pendiente está dada por el grado de inclinación del terreno, definiendo el nivel de dificultad para acceder a determinadas áreas, siendo así un factor influyente ya que ciertas especies pueden ver limitada su movilización al intentar llegar a zonas en las que las pendientes son mayores a aquellas en las que su desplazamiento es posible.

La pendiente del terreno tiene relación también con la formación vegetal presente, en pendientes menores la vegetación es predominantemente homogénea y sucede lo contrario en pendientes mayores, esto se explica



considerando que las pendientes mayores permiten la existencia de una sucesión natural de especies vegetales, el mecanismo por el cual se produce este fenómeno es que al haber continuamente deslizamientos de tierra en este tipo de pendientes, se da paso a especies vegetales que pueden desarrollarse en el nuevo suelo que queda después de producirse el deslizamiento.

El ráster de pendientes fue elaborado en el software TNT mips en base al DTM del área de estudio con resolución espacial de 30*30 metros.

Orientación

Teóricamente la orientación o aspecto es el ángulo medido en sentido horario desde el norte hasta la dirección de la mayor pendiente.

La orientación indica hacia dónde está expuesto un plano del terreno, tiene influencia en la determinación de un hábitat debido a que esta variable está relacionada con la exposición directa a la luz del sol que tiene un sitio (grado de insolación) y con la exposición a corrientes de viento con direcciones predominantes, factores que a su vez están ligados con el tipo de vegetación existente.

El mapa de orientación fue elaborado en el software TNT mips en base al DTM y con una resolución espacial de 30*30 metros.

3.3.2.2. Variables de influencia antrópica.

Son elementos relacionados con la actividad humana, intentan determinar cuál es el grado de influencia que ha tenido el hombre sobre las conductas y hábitos de vida de las especies, para este estudio se consideran las siguientes: distancia a vías y distancia a zonas agrícolas. Todas las coberturas fueron elaboradas en el software TNT mips con una resolución espacial de 30*30 metros en base a los vectores para cada una de estas coberturas existentes en el mapa base.



Distancia a vías

Se considera aquellas vías carrozables, las vías en el Parque Nacional Podocarpus están ubicadas predominantemente en la parte occidental del mismo, una de las principales vías que atraviesan el parque es la vía que conecta a las provincias de Loja y Zamora Chinchipe y se sitúa en la región noroccidental del PNP, también existe otra vía que cruza al parque en la parte sur que es un área predominantemente agrícola.

Distancia a zonas agrícolas

Pese a que el PNP es un área protegida, tienen en su interior asentamientos humanos dedicados a la agricultura, esto se debe principalmente a que estos sitios existían antes de la creación del parque, es decir antes de ser declarado como área protegida (1982) y es difícil encontrar una solución adecuada para que los “finqueros” abandonen esas zonas. La gran mayoría del territorio correspondiente al parque no está siendo usado para actividades humanas, sin embargo no se puede menospreciar la afectación que estas fincas pueden ocasionar a corto y largo plazo.

3.3.2.3. Variables ecológicas.

Las variables que están más estrechamente relacionadas con el hábitat son las variables ecológicas, para el presente estudio se consideraron: la distancia a cuerpos de agua y las formaciones vegetales presentes, estando estos dos aspectos relacionados con la alimentación, disponibilidad de abrigo y protección de las especies estudiadas, factores primordiales desde el punto de vista biológico para la caracterización del hábitat.

Distancia a cuerpos de agua

La distancia a cuerpos hídricos, se calculó en el software TNT mips partiendo de la cartografía digitalizada a escala 1: 50000 y quedó mapeada con una



resolución espacial de 30*30 metros. Se consideró para el cálculo los ríos, quebradas y lagunas.

Formaciones vegetales

La formación vegetal que predomina en determinado espacio geográfico tiene gran influencia en el tipo de hábitat que se establece, en muchas ocasiones el concepto de hábitat se cofunde con el de formación vegetal, sin embargo el hábitat está definido por otras variables bióticas y abióticas.

El mapa de formaciones vegetales para el PNP fue obtenido en base a fotointerpretación de fotografías aéreas que se contrastó con una inspección de campo para verificar la validez de la interpretación realizada sobre las fotografías²¹.

3.3.3. Generación de coberturas ráster para las variables analizadas

Para el análisis realizado en el modelamiento, es necesario que las variables se encuentren representadas para cada una de las unidades mapeadas en el área de estudio. Esto trae consigo la necesidad de elaborar coberturas ráster a partir de la cartografía base y cartografía temática ya que las variables son continuas y éste tipo de variables son mejor representadas en modelos ráster. Este procedimiento se lo realizó con la aplicación del software TNT mips.

Además el uso de coberturas ráster hace posible un efectivo procesamiento de datos dentro del SIG, y ayuda a una correcta visualización e interpretación de cada una de las variables usadas.

En el presente modelamiento el empleo de superficies ráster es fundamental, ya que estas tienen la función de representar a cada una de las variables incluidas en el modelo para posteriormente realizar los cálculos orientados a la obtención del mapa de disponibilidad de hábitat.

²¹ Ver sección 3.3.1.2 Cartografía Temática: Cobertura Vegetal

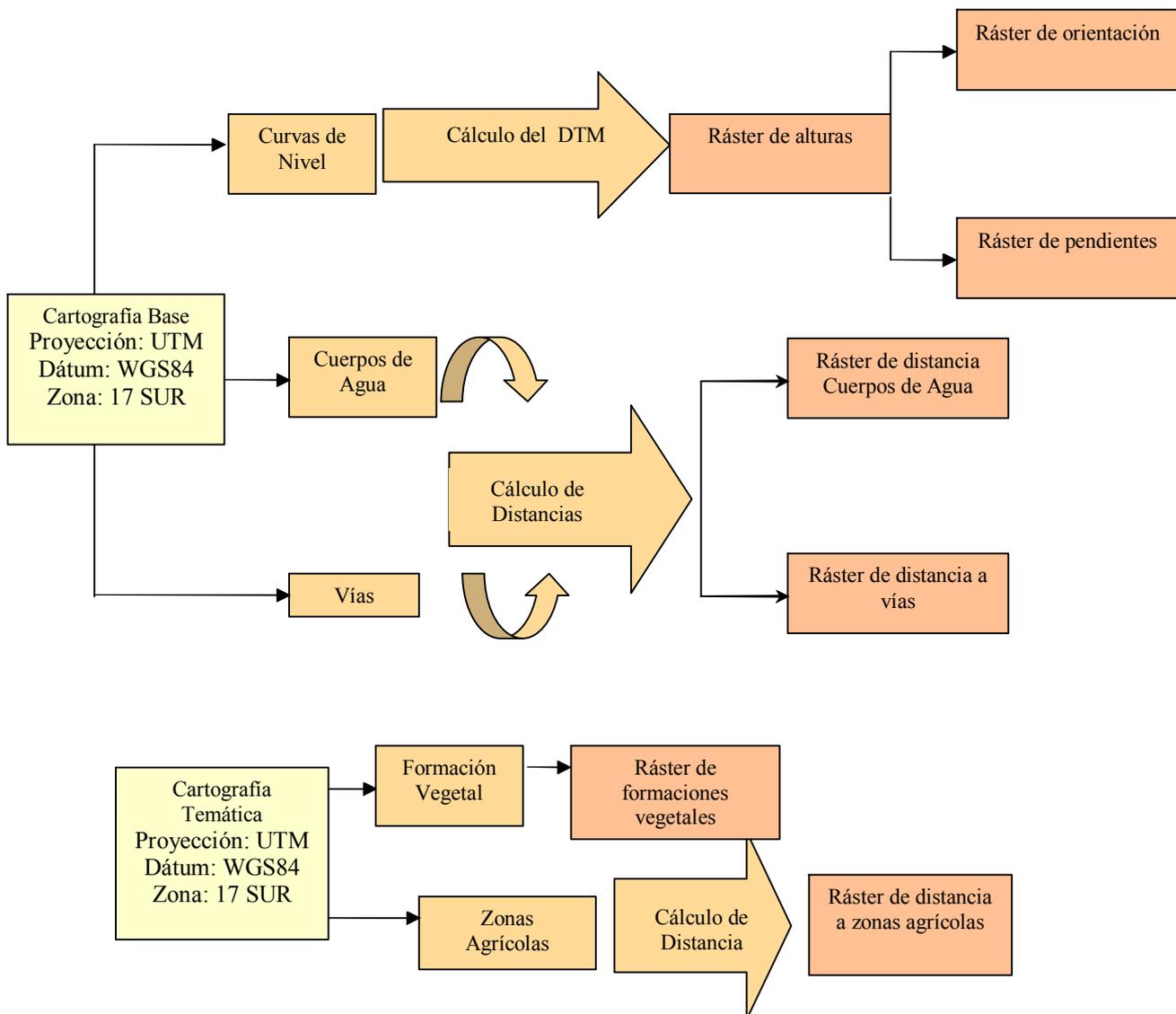


Figura 7. Elaboración de las coberturas ráster correspondientes a las variables empleadas en el modelo.

3.3.4. Adhesión de la base de datos perteneciente a los registros biológicos

Luego de haber realizado el monitoreo de registros biológicos indirectos, se procedió a ordenar en una base de datos todos los valores obtenidos en campo para las variables: tipo de registro, posición (coordenadas UTM), altitud, orientación, pendiente, y tipo de formación vegetal, la misma que quedó ligada a una nube de puntos, en la cual cada punto representa a un registro



encontrado. Se estableció una nube de puntos para los registros relacionados al oso de anteojos y otra para los del tapir de montaña.²²

Adicionalmente los valores de altura, distancia a cuerpos de agua, distancia a vías y distancia a zonas agrícolas, fueron asignadas a cada registro mediante intersección de las coberturas ráster pertenecientes a estas variables y la nube de puntos de registros biológicos.

3.4. Fase de modelamiento

Para esta etapa del estudio es necesario que ya estén construidas todas las coberturas (ráster) que corresponden a cada una de las variables empleadas en el modelamiento, además de las coberturas generadas a partir de la cartografía base y temática, también es necesario contar con una nube de puntos que representa los registros encontrados en el monitoreo de campo tanto para el oso de anteojos como para el tapir de montaña. Estos puntos contienen la información que se levantó para los mismos en campo, para las variables de formación vegetal, orientación y pendiente, y los valores que corresponde a cada uno de dichos puntos dentro de las coberturas generadas.

Posteriormente se calcula una medida de disimilaridad entre los valores de hábitat para cada píxel del área de estudio y los valores dados al vector promedio de condiciones “ideales” calculado a partir de las variables obtenidas para los registros de campo. Esta es una técnica estadística multivariada conocida como Distancia de Mahalanobis. Todos los cálculos correspondientes a la obtención de la Distancia de Mahalanobis para cada píxel del área de estudio se los realizó mediante la utilización de scripts que usan como soporte el software TNT mips.²³

²² Ver en Anexos Mapas

²³ Scripts elaborados por Ecociencia y modificados por los realizadores de este proyecto.



VARIABLE	UNIDAD	RANGO	ORIGEN
<i>Altura</i>	metros	988 – 3752	Calculado a partir de las curvas de nivel de cartografía base IGM, escala 1 : 50000
<i>Pendiente</i>	grados	0 – 70	Obtenida en base al DTM en el software TNT mips (función: SLOPE)
<i>Orientación</i>	grados	0 – 254	Obtenida en base al DTM en el software TNT mips (función: ASPECT)
<i>Distancia a cuerpos de agua</i>	metros	0 – 18018	Ráster de distancia calculado en TNT mips en base a la red hídrica del PNP escala 1 : 50000 (IGM)
<i>Distancia a zonas agrícolas</i>	metros	0 – 30838	Ráster de distancia calculado en TNT mips en base al mapa de formaciones vegetales del PNP escala 1 : 50000 (Universidad Nacional de Loja)
<i>Distancia a vías</i>	metros	0 – 45181	Ráster de distancia calculado en TNT mips en base a la red vial del PNP escala 1 : 50000 (IGM)
<i>Formación vegetal</i>	ninguna	Valores digitales de 1 a 5	Ráster de formaciones vegetales calculado en TNT mips en base al mapa de formaciones vegetales del PNP escala 1: 50000 (Universidad Nacional de Loja)

Tabla 6. *Caracterización de variables usadas en el modelamiento*

3.4.1. Definición del modelo

Para definir el modelo, consideramos en primer lugar al área de estudio con una notación X , cada elemento constitutivo del área de estudio (píxel) a la vez se notará como x , y debido a que cada unidad mapeada está representada por todas las variables usadas en el modelo, el vector x , estará representado por varios componentes: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$; donde n representa el número de variables.

El modelo deberá representar una función f tal que:

$$f: X \rightarrow [0,1]$$

$$x \rightarrow f(x)$$

Para cada valor de $f(x)$ se asigna un valor en función de los valores que toma x y expresa el grado de posibilidades para que sea un hábitat apropiado para la vida de las especies estudiadas.

Designamos con la notación O a una muestra aleatoria del espacio X , en la cual se registra la presencia de las especies en estudio.



Debido a que es imposible trabajar con el espacio X , se realiza una restricción al subespacio O y una aproximación a f que se denota de la siguiente manera:

$$O \times O \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$$

$$(x, y) \rightarrow d(x, y)$$

La función d de distancia tiene que cumplir con las siguientes características:

- ✓ $d(x, y) > 0$
- ✓ $d(x, x) = 0$
- ✓ $d(x, y) = d(y, x)$
- ✓ $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$
- ✓ d debe ser invariante a rotaciones y transformaciones
- ✓ d debe considerar la interdependencia de las características

De entre un conjunto de funciones de distancia existentes (euclídea, binaria, Mahalanobis), se escogió la distancia de Mahalanobis por cumplir con todas las condiciones antes señaladas.

Además la distancia de Mahalanobis presenta otras ventajas

- ♣ Son necesarios únicamente registros de puntos en donde se ha determinado la presencia de las especies, al contrario de otros métodos que usan puntos randómicos que son puntos de no presencia, pero en la práctica estos puntos podrían representar lugares que sin son utilizados por las especies estudiadas.



- ♣ Ajusta una variable cuando otra cambia mediante un cálculo de “inter – polinealidad. “
- ♣ No requiere que se haga la normalización de las variables.
- ♣ No presenta conflictos con las unidades de medida ni con la ponderación de las variables.

La distancia de Mahalanobis se representa por la siguiente fórmula:

$$d(x, u) = (x - u)^T S^{-1} (x - u)$$

Donde:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \text{elemento de } X \\ u = \text{vector medio de las características de } O \\ S^{-1} = \text{inversa de la matriz varianza covarianza de los elementos de } O \end{array} \right.$$

x = MATRIZ DE VARIABLES O RÁSTER DE VARIABLES

En la matriz x los valores digitales de cada una de las variables correspondientes al área de estudio quedan representados en una sola columna de la matriz, siendo el número de columnas de este ráster igual al número de variables usado para el modelo, y el número de filas igual al producto del número de filas por el número de columnas de los ráster originales que representan a cada variable.



Variable 1	Variable 2	Variable 3	.....	Variable n
X ₁	Y ₁	Z ₁	.....	V ₁
X ₂	Y ₂	Z ₂	.....	V ₂
X ₃	Y ₃	Z ₃	.....	V ₃
.
.
.
X _{a*b}	Y _{a*b}	Z _{a*b}	.....	V _{a*b}

Tabla 7. *Matriz de variables*

Donde:

(x, y, z, , v) = valores digitales para las variables usadas en el modelamiento

n= número de variables

a= número de filas de los ráster originales

b= número de columnas de los ráster originales

u = Vector promedio de las características

El vector promedio de las características es el resultado de obtener los valores medios para cada una de las variables de los datos medidos en campo, es decir la información correspondiente a los registros biológicos encontrados.

	Variable 1	Variable 2	Variable 3	.....	Variable n
	X ₁	Y ₁	Z ₁	.....	V ₁
	X ₂	Y ₂	Z ₂	.....	V ₂
	X ₃	Y ₃	Z ₃	.....	V ₃

	X _i	Y _i	Z _i	.....	V _i
u	\bar{x}	\bar{y}	\bar{z}	.....	\bar{v}

Tabla 8. *Vector promedio*



Donde:

(x, y, z..... , v) = valores tomados en campo para las variables usadas en el modelamiento

n= número de variables

i= número de registros encontrados

Matriz varianza covarianza para los valores de las variables de registros biológicos

	Variable 1	Variable 2	Variable 3	.....	Variable n
Variable 1	var (1)	cov (2,1)	cov (3,1)	.....	cov (n,1)
Variable 2	cov (1,2)	var (2)	cov (3,2)	.....	cov (n,2)
Variable 3	cov (1,3)	cov (2,3)	var (3)	.....	cov (n,3)
.
.
.
.
Variable n	cov (1,n)	cov (2,n)	cov (3,n)	.....	var (n)

Tabla 9. Matriz varianza covarianza

Donde:

$$\text{var} = \text{varianza} = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left(X_i - \bar{X} \right)^2}{n}$$

n = número de registros biológicos

x_i = valor individual de los registros tomados para cada variable

–

\bar{X} = valor medio de los registros tomados para cada variable

$$\text{cov} = \text{covarianza} = \text{COV}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - u_x) * (y_i - u_y)}{n}$$

n = número de registros biológicos

x_i, y_i = valores individuales de los registros tomados para cada variable

u_x, u_y = valores medios de los registros tomados para cada variable



3.4.2. Implementación del modelo.

Para realizar la implementación del modelo lo primero que se debe hacer es definir las variables que se van a utilizar y recopilar la información necesaria para que dichas variables puedan ser representadas dentro del modelamiento.

Todas las variables usadas en el presente estudio se representan por una característica cuantificable, a excepción de la variable de formación vegetal que es categórica, es por esta razón que a esta variable se le asignó valores correspondientes a su nivel de conservación, con el objetivo de poder incluir esta importante variable en los cálculos correspondientes a la Distancia de Mahalanobis y posteriormente elaborar el mapa de disponibilidad de hábitat para el oso de anteojos y el tapir de montaña.

Los valores asignados a cada tipo de formación vegetal se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de formación vegetal	Categoría asignada
Área intervenida	1
Bosque chaparro	2
Bosque denso	3
Páramo arbustivo	4
Páramo herbáceo	5

Tabla 10. *Categorización de formaciones vegetales presentes en el Parque Nacional Podocarpus*

El posterior cálculo de las distancias de Mahalanobis o medida de disimilaridad entre la representación de las variables caracterizadas para el área correspondiente al Parque Nacional Podocarpus y los registros tomados en campo, implica el uso de cuatro scripts que son ejecutados en TNT mips y cada uno de los cuales cuenta con una función en el proceso del cálculo de las distancias de Mahalanobis.²⁴

²⁴ Ver Anexo 2: Scripts Usados Para el Cálculo de Distancias de Mahalanobis



El script #1 une a todos los ráster originales de tamaño n filas y m columnas en un sólo archivo ráster con un número de columnas igual al número de variables usadas en el modelo y cuyo número de filas es igual a $n*m$.

El script #2 convierte al archivo de texto que contiene los registros de campo en un ráster de número de filas igual a la cantidad de registros encontrados y número de columnas igual al número de variables del modelo.

El script #3 genera un archivo de texto que contiene una matriz de las distancias de Mahalanobis calculadas para cada uno de los píxeles del área de estudio, por tanto el tamaño de esta matriz es igual al que tienen los ráster que representan a las variables. Este script utiliza como insumos los ráster generados por el primero y segundo script.

El archivo de texto generado tiene que ser importado como ráster desde la plataforma TNT mips para su uso en posteriores cálculos.

Finalmente el script #4 ubica en rangos a las distancias de Mahalanobis calculadas que se encuentran representadas en el ráster que se obtiene luego de la importación del archivo de texto generado por el script #3, esta categorización se realiza para que sea posible el análisis posterior a la fase de modelamiento, y consiste en definir a las distancias en clases que permitan la visualización e interpretación de los resultados.

La clasificación de las distancias de Mahalanobis en rangos se realiza mediante el método estadístico de los cuartiles.²⁵

Cálculo de cuartiles

El método estadístico de los cuartiles consiste en dividir en rangos una muestra de datos, el primer cuartil es el valor cuya frecuencia acumulada supera o iguala en valor numérico a la cuarta parte del total de datos de la muestra, el

²⁵ Gioconda Remache, ECOCIENCIA, 2004, Manual de Herramientas SIG para modelamiento de hábitat del oso andino.



segundo cuartil es el valor cuya frecuencia acumulada es mayor o igual a la mitad del total de los datos y el tercer cuartil es el valor cuya frecuencia acumulada es mayor o igual a las tres cuartas partes del total de datos.

Los cuatro rangos se definen junto al valor mínimo y al valor máximo del conjunto de datos. El cálculo de los cuartiles se hace mediante la aplicación de las siguientes fórmulas²⁶:

$$\text{Primer cuartil} = \text{primer } Ni \geq \frac{n}{4}$$

$$\text{Segundo cuartil} = \text{primer } Ni \geq \frac{2n}{4} = \text{mediana}$$

$$\text{Tercer cuartil} = \text{primer } Ni \geq \frac{3n}{4}$$

Donde:

Ni = frecuencia acumulada correspondiente a cada valor del conjunto de datos

n = número de observaciones

Debido a que el cálculo de los cuartiles se lo hace en este caso para una cantidad de datos extensa (teniendo un valor de distancia de Mahalanobis para cada píxel del área de estudio), se utilizó el programa Excel luego de exportar el ráster de salida distancia de Mahalanobis a un archivo de texto que es transformado en una hoja de cálculo.

Número de rango	Definición	Denominación
PRIMERO	Valor mínimo – Primer cuartil	Zonas núcleo
SEGUNDO	Primer cuartil – Segundo cuartil	Zonas de conectividad
TERCERO	Segundo cuartil – Tercer cuartil	Zonas de amortiguamiento
CUARTO	Tercer cuartil – Valor máximo	Zonas periféricas

Tabla 11. *Definición de rangos para las distancias de Mahalanobis*

Los cuatro rangos establecidos están definidos por las siguientes características (según Peralvo, 2000)²⁷:

²⁶ <http://www.uantof.cl/facultades/csbasicas/Matematicas/academicos/emartinez/Estadistica/index.html>

²⁷ Peralvo, Proyecto Conservación del oso andino, 2000; Cap.4: Resultados, Mapa de Disponibilidad de Hábitat para el oso andino.



- Zonas Núcleo.- lugares que presentan características óptimas para ser hábitat de las especies estudiadas, además estas zonas deberían tener una consideración especial en cuanto se refiere a programas de conservación de especies.
- Zonas de conectividad.- se denominan así a aquellas zonas que pueden ser usadas como canales de conexión (corredores) entre las zonas núcleo.
- Zonas de amortiguamiento.- son áreas importantes por el grado de cohesión que brindan a la matriz constituida por las zonas núcleo y las zonas de conectividad.
- Zonas periféricas.- son áreas no dispuestas para ser parte del hábitat óptimo definido por las características de los registros tomados en campo.



CAPITULO IV

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación

El Parque Nacional Podocarpus, declarado como tal en 1982, ha sido denominado el Jardín Botánico de América. Tiene una extensión de 146.280 hectáreas. Está localizado en la región de Numbala y el nudo de Sabanilla, entre el límite de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, dentro de los cantones Loja, Zamora, Nangaritza y Palanda, con una zona de amortiguamiento de 100.000 hectáreas aproximadamente.

El Parque Nacional Podocarpus queda cerca de las ciudades Loja, Zamora y Vilcabamba.

La microregión que comprende el área protegida Parque Nacional Podocarpus está situada parcialmente en el extremo oriental de la Provincia de Loja, en la circunscripción del Cantón del mismo nombre, y se extiende hacia territorios de la Provincia de Zamora. El Parque Nacional Podocarpus (PNP) forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.²⁸

Ubicación Geográfica:

<i>Dátum: WGS 84 Zona: 17 SUR</i>	Límite inferior (UTM)	Límite superior (UTM)
<i>ESTE (m)</i>	701726.421	746416.389
<i>NORTE (m)</i>	9498064.534	9560161.785

Tabla 12. *Ubicación geográfica del área de estudio*

Para acceder al parque existen dos entradas principales correspondientes a sus zonas biogeográficas, la una está en el Sector Cajanuma en la zona biogeográfica alta. La otra está en el Sector Bombuscaro, correspondiente al río Bombuscaro en la zona biogeográfica baja. Además existen dos accesos

²⁸Obtenido de la página Web: <http://www.ambiente.gov.ec/AMBIENTE/snap/index.htm>



alternativos, el uno está en el Sector Romerillos, correspondiente al río Jamboé y otro menos conocido ingresando por el Cerro Toledo desde la vía Yangana-Valladolid.



Figura 8. Ubicación del Parque Nacional Podocarpus

4.2. Aspectos Generales

La colonización alrededor del PNP se inicia a comienzos del siglo XX y se intensifica en la década de los cincuenta. Sin embargo, su escarpada topografía ha mantenido el área con poca afluencia de colonos. Geológicamente es parte de la depresión de la cordillera conocida como la formación Huancabamba, compartida con el Perú y topográficamente muy accidentada y rica en minerales, principalmente oro, sílice y calizas.

Al momento existen algunas actividades humanas que afectan al Parque en poca magnitud si comparamos con otras áreas protegidas del país. Algunas de éstas son la cacería de subsistencia que realiza la comunidad nativa Shuar y algunas familias de colonos, la extracción de maderas finas y el cambio de cobertura de bosque natural a pastizales y cultivos.

La comercialización de maderas tiene una característica especial en cuanto se refiere a la variabilidad de precios dependiendo del lugar en donde se realice la venta, es así que un tablón de madera “fina” como el Romerillo, Cedro. Nogal



tiene el precio de \$1 en el terreno de extracción, \$5 a nivel de carretera (es decir en el sitio en el cual un vehículo puede transportarlo) y el precio de este mismo tablón en la ciudad de Zamora y Loja oscila entre los \$10 a \$20. Aunque este tipo de madera se encuentre en veda, los comerciantes se ingenian y consiguen los permisos para vender este producto.²⁹



Zona de extracción maderera, sector Bombuscaro – PNP
Foto: Lucía Jaramillo - José Carrión, 2007

En los alrededores del Parque surgen conflictos de intereses entre la administración del Parque, pero también entre los diferentes grupos de usuarios de los Recursos Naturales, como en el caso de la minería, explotación maderera, colonización y construcción de carreteras.

La prospección y extracción artesanal de oro es otra actividad que afecta a la zona y que se prevé se incrementará en el futuro.

Gracias al financiamiento de Parques en Peligro (PeP) en Podocarpus, que duró desde 1993 hasta 2001, los límites del Parque fueron establecidos ya que estaban sin definir y la infraestructura y personal antes limitados, fueron aumentados y capacitados; sin embargo, los bajos niveles de apoyo comunitario obstaculizaban el desarrollo del Parque. La minería era un

²⁹ Tomado de Proyecto Corredor de Conservación Podocarpus Yacuambi, Fundación Ecológica Arcoiris



problema continuo dentro de Podocarpus y el socio de PeP, Fundación Arcoiris, no poseía la capacidad necesaria para administrar la zona.³⁰

El apoyo recibido ayudó a que el Parque expanda su infraestructura de tres refugios pequeños a un refugio nuevo, un centro de capacitación, instalaciones para alojamiento y un centro administrativo. Las actividades de PeP permitieron al personal del parque aumentar de un equipo de campo de cinco personas a un equipo multidisciplinario de 15. Además, todo el personal recibe capacitación a nivel local, nacional e internacional. El Parque también pudo emprender muchas actividades importantes de investigación y manejo, entre ellas, investigaciones sobre aves frugívoras e iniciativas de monitoreo de incendios forestales. El programa PeP ayudó a la Fundación Arcoiris a desarrollar una meta de autosuficiencia y, para alcanzarla, contaría con el apoyo de programas de ecoturismo, membresía y comercialización de productos agrícolas.

Se elaboraron varias alternativas de desarrollo económico sostenible, entre ellas, la reforestación, el cultivo orgánico y la apicultura, lo que contribuyó a un aumento en la concienciación local y nacional sobre la importancia de Podocarpus. Estos proyectos generaron un ingreso significativo para la población local, brindándole a los residentes mayores incentivos para apoyar los esfuerzos de conservación. En 1999, los apicultores locales produjeron más de 4.500 Kg. de miel para los mercados de Quito y otras ciudades. Estos resultados positivos fueron consecuencia de la asistencia internacional financiera y técnica sostenida a la Fundación Arcoiris y produjeron beneficios que se extendieron a otras organizaciones de base locales tales como la Asociación de Apicultores de San Pedro de Vilcabamba.

Los productores de miel locales de Podocarpus tuvieron tanto éxito en su empresa que se impuso un impuesto de manera voluntaria para apoyar la conservación del área.

³⁰ Fuente: Fundación Ecológica Arcoiris



En 1993, la Fundación Arcoiris atrajo atención internacional del Tribunal de Garantías Constitucionales y pudo influir en la eliminación de concesiones mineras adicionales en Podocarpus y logró expulsar del parque a las dos compañías mineras que operaban dentro del mismo.

Como parte del programa PeP, Podocarpus pudo alcanzar varias metas de conservación, se mejoró el conocimiento de las comunidades locales y la capacidad de éstas de generar ingresos sostenibles. El parque desarrolló estrategias claras y efectivas para mitigar las amenazas, tales como la minería, y con el apoyo de PeP, organizaciones locales como Fundación Arcoiris pudieron llevar a cabo efectivamente sus misiones de conservación.

4.3. Aspectos Físicos

El PNP localizado en los flancos de la cordillera de los Andes y extendiéndose hacia el este y sur-este a la región amazónica y hacia el este a los valles semiáridos al pie de la cordillera, en la garganta más baja de los Andes (3800 m.s.n.m.), ha permitido que el clima seco de la costa pacífica se introduzca en la Amazonía durante una época del año y viceversa; y que los ecosistemas amazónicos y pacíficos entren en contacto.³¹

Por su ubicación geográfica, alberga dentro de sus límites una gran variedad de pisos ecológicos y ecosistemas, que se refleja en al menos unas 100 unidades de paisaje (ecosistemas) diferentes³².

Dentro de sus 146.280 hectáreas el rango altitudinal va desde los 960 a los 3.800 m.s.n.m.³³.

³¹ Obtenido de página Web: <http://www.explored.com.ec/ecuador/guia/sierra/angedes.htm>

³² (censu ITC)

³³ Madsen, 1989; Bloch et al, 1991 y Kapill, 1993; tomado de página Web:

<http://www.explored.com.ec/ecuador/guia/sierra/pododes.htm>



El Parque cuenta con un sistema lacustre de más de 100 lagunas, las más conocidas son las Lagunas del Compadre. Entre sus cualidades paisajísticas también presenta cascadas y cañones.

Alberga las nacientes de cuatro ríos que abastecen a más de la mitad de la población del extremo sur del Ecuador. A diferencia de la mayoría de las cuencas andinas, las fuentes de agua de Podocarpus se llenan a partir de las lluvias filtradas directamente a través del suelo de los bosques.

4.4. Aspectos Bióticos

Sus ecosistemas tienen una alta biodiversidad y endemismo (20%), más de 550 especies de aves (que representan el 40% de las especies conocidas en Ecuador), 4000 especies de plantas y al menos 100 especies de orquídeas.

El Parque Nacional Podocarpus se estableció con el fin de proteger al bosque más grande de romerillos en el país, compuesto por tres especies del género Podocarpus, la única conífera nativa del Ecuador. El Parque también protege al árbol chinchona, fuente original de la quinina, droga que se usa contra la malaria.

Está situado donde se sobreponen los centros de endemismo de los Andes del norte y Tumbes. Desde el punto de vista florístico se estiman entre 3.000 a 4.000 el número de especies de plantas vasculares presentes en el área; siendo el bosque nublado uno de los más ricos en especies de árboles conocidas en el Ecuador.³⁴

Además, alberga gran cantidad de especies de animales, entre ellos mamíferos grandes como el oso de anteojos, el puma, el tapir de montaña, tigrillo, venado y lobo de páramo.

³⁴ Según Terborgh y Winter, 1983; Best y Clark, in lit



Entre las especies que se hallan en peligro de extinción dentro de los márgenes del Parque tenemos los árboles de romerillo, cascarilla, cedro y pituca; aves como el trogón, pava del monte, loro de mejillas doradas y el gallo de la peña; y mamíferos como el oso de anteojos, danta (tapir de montaña), tigrillo, venado, lobo de páramo y puma.

Podocarpus es la única zona del sur del Ecuador con grandes fajas de bosque virgen ininterrumpido y no perturbado que van desde clima tropical hasta templado.

4.4.1. El Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*)

4.4.1.1. Descripción general:

Conocido con los nombres locales de ukuko, jukumari o ucumari, es la única especie de oso que habita en América del Sur de las ocho que existen a nivel mundial.

Desciende directamente del ahora extinto *Arctodus simus*, y es el único oso del género *Tremarctos* que ha sobrevivido hasta los tiempos modernos.

De costumbres solitarias y huidizas, de tamaño pequeño, en relación a sus parientes de otras latitudes, el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) mide unos 180 centímetros a la cruz y su peso puede alcanzar los 140 kilogramos en los machos adultos. Posee un pelaje negro o castaño oscuro, con grandes manchas de color blanco o amarillento en forma de círculo alrededor de los ojos (de allí su nombre común). Su hocico es blanco y ostenta manchas blanquecinas en el cuello y, a veces, el pecho. Estas marcas blancas varían mucho en su disposición, por lo que, a manera de huellas digitales, permiten identificar individualmente a los ejemplares.³⁵

³⁵Obtenido de la página Web:
http://www.carnivoreconservation.org/files/issues/bear_andean_habitat_availability.pdf



Es notoria su fortaleza en comparación con su tamaño, llegando a quebrar troncos de hasta 7 centímetros de diámetro sin aparente esfuerzo.

Es un plantígrado, es decir, que camina sobre la planta de los pies. Puede ponerse en posición vertical sobre dos patas, actitud que adopta para poder ver más lejos y para impresionar.

Tiene caminos o trochas muy bien establecidas en el bosque, por donde se desplaza regularmente en busca de su alimento. Puede trepar árboles y palmeras hasta considerables alturas. Se refugia en cuevas o sobre árboles, donde duerme y construye una especie de plataforma de ramas.

Puede tener de 1 a 3 crías que acompañan a la madre por espacio de 6 a 8 meses. La gestación dura de 115 a 125 días.³⁶

Esta especie interviene en la dispersión de las semillas de los frutos que come, permitiendo la continua recuperación de la vegetación, cumpliendo así un papel importante dentro de la red trófica. Además actúa como polinizador, transportando el polen en su abundante pelaje. Otra función de importancia es que cuando el oso encuentra un árbol de frutos, es frecuente que suba y descansa en las ramas, abriendo espacios en los niveles superiores del bosque y proporcionando la luz necesaria para la germinación y crecimiento de especies pioneras en los niveles bajos del bosque.

³⁶ Obtenido de página Web: <http://www.ambiente.gov.ec/AMBIENTE/webloja/parque/pnp.htm>



Oso de Anteojos

Foto: WWF

4.4.1.2. Clasificación científica:

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Carnívora
Familia	Ursidae
Género	Tremarctos
Especie	Tremarctos ornatus

Tabla 13. *Clasificación científica del oso de anteojos*

4.4.1.3. Distribución:

Los osos de anteojos habitan los bosques de montaña al este de los Andes desde Venezuela hasta Bolivia, ocupando un rango altitudinal entre 800 y 3800 m.s.n.m.

4.4.1.4. Alimentación:

Son omnívoros de preferencia vegetarianos. Su dieta se compone principalmente de bromelias y tillandsias, plantas epifitas emparentadas con las



piñas de las que extrae la suave y nutritiva pulpa central. Para conseguirlas, los osos suben a las ramas altas de los árboles (a veces hasta 25 metros de altura) y, ayudados por sus poderosas garras, las arrancan y dejan caer al suelo. Una vez allí, desprenden una a una las hojas exteriores hasta llegar al cogollo central. Complementan su nutrición con diversas raíces, flores, frutas, brotes tiernos y, eventualmente, pequeños vertebrados.³⁷

La alimentación del oso andino se podría establecer en porcentajes de la siguiente forma:

VEGETALES	
Frutas silvestres	59,3 %
Cogollos de achupallas o piñas silvestres	11.1 %
Pulpa de árboles (cortezas, hojas, etc.) y cogollos de palmeras o palmitos	10.6 %
Plantas cultivadas (maíz, cítricos y otras)	10.4 %
Frutos y pulpa de cactáceas	3.2 %
Bulbos de orquídeas	1 %
ANIMALES	
Ratones, insectos, hormigas, cabras, venados, conejos y vacunos	3.3 %
Miel	0.5 %

Tabla 14. *Alimentación del oso de anteojos*

Como se puede observar en la tabla 12 es en un 95,6 % herbívoro. Los daños que causa a la agricultura y ganadería son muy escasos y sólo se producen cerca de los bosques donde habita.

³⁷ Obtenido de página Web: http://www.peruecologico.com.pe/fau_osoanteojos_1.htm



La achupalla, un tipo de bromelia, constituye uno de los principales alimentos del oso de anteojos

Foto: Lucía Jaramillo - José Carrión, 2007

4.4.1.5. Estado de conservación:

Se encuentra en peligro de extinción debido principalmente a la “fragmentación” o destrucción de su hábitat, esto significa que los lugares de su residencia son invadidos por agricultores, extractores forestales, cazadores y otras formas de actividad humana, causando la formación de claros o espacios que no son más que áreas ocupadas o depredadas, si el animal se atreviera a cruzar por estos espacios sería cazado, pero no lo hará porque allí hay una población diferente, extraña y agresiva.

Otro de los problemas que han llevado al oso de anteojos a estar en riesgo de extinción es la caza, siendo ésta uno de los principales inconvenientes que ha tenido que afrontar el oso andino debido a la demanda de su carne (comestible), grasa (fines medicinales tradicionales) y el valor de su piel; al temor que pueden provocar en asentamientos humanos; y por defensa de cultivos y ganado, pese a que no se ha logrado establecer si el oso realmente ataca al ganado vacuno sino mas bien es catalogado como carroñero y consume restos de animales que son muertos por otros animales



depredadores³⁸, sin embargo sí suele salirse de su hábitat natural para asolar chacras de papa, caña de azúcar y maíz. Además de la cacería, como forma para eliminar y mantener alejado al oso andino en zonas de influencia antrópica, se ha reportado también el uso de pesticidas que son vertidos en los campos.

En el año de 1999 Peyton calculó un aproximado de 18250 osos de anteojos en estado silvestre a nivel global³⁹, y en Ecuador se estima un número de 2018 individuos⁴⁰. En la última generación se calcula que su población se ha reducido en un 25% y que ninguna subpoblación supera los 250 individuos maduros⁴¹.



Piel de Oso de Anteojos (*Tremarctos Ornatus*), cazado en la comunidad de Guadalupe, Provincia de Zamora Chinchipe.

Foto: Fundación Ecológica Arcoiris, 2003.

³⁸ Figueroa y Stucchi

³⁹ PEYTON, 1999

⁴⁰ CUESTA

⁴¹ TIRIRA, 2001; Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, sección referente al oso de anteojos



4.4.2. El Tapir de Montaña (*Tapirus pinchaque*)

4.4.2.1. Descripción general:

El tapir de montaña o tapir andino (*Tapirus pinchaque*) es una de las especies de tapir existentes en Sudamérica. En quechua se le conoce como Sacha Huagra. Los adultos alcanzan un peso de 90 a 260 kg. y un largo aproximado de 1.8 m. y alzada de 75 a 90 cm.

Cerca de 55 millones de años atrás, los ancestros del tapir vagaban por los pantanos y bosques nublados de Norte América, Europa y Asia. Cuando los continentes de Norte y América del Sur se unieron por la península de Panamá, hace aproximadamente 3 millones de años, el tapir migró hacia el sur y colonizó los bosques nublados y páramos de Sudamérica donde actualmente habitan⁴², no ha cambiado significativamente dentro de los últimos 20 millones de años y es considerado un “fósil viviente”; genéticamente único y completamente irremplazable⁴³.

De costumbres nocturnas, vive en parejas o en pequeños grupos. Emite un grito como un silbido agudo y prolongado característico.

Una de las principales características físicas del tapir es su alargado hocico en forma de pequeña probóscide, que usa principalmente para arrancar las hojas, hierbas y raíces que constituyen su alimento. También le sirve para coger agua y para enfrentarse a otros machos en época de apareamiento.⁴⁴

El tapir andino también conocido como danta es el más pequeño entre 4 especies de tapir existentes, los cuales son: Tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*), Tapir común suramericano (*Tapirus terrestris*), Tapir malayo (*Tapirus indicus*) y el Tapir andino o danta del páramo (*Tapirus pinchaque*), aunque aún

⁴² Downer 1996

⁴³ Janis 1984

⁴⁴ Obtenido de página Web: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tapir&redirect=no>



así es el mamífero más grande de los Andes de Sur América. Además de su tamaño el tapir andino se distingue de los otros tapires por sus labios blancos y pelaje de color negro relativamente largo (3-4 cm.), por lo que también se le conoce como tapir lanudo, pues este animal necesita defenderse del frío de su hábitat, las altas cordilleras de los Andes.

El tapir de montaña es territorial y en los estudios realizados en Ecuador, se estima que un individuo tiene un rango entre 8.8 kilómetros cuadrados⁴⁵.

El período de gestación (embarazo) de una danta es de 13 meses. Nace una sola cría y en raras ocasiones hasta dos. Cuando jóvenes, las dantas poseen unas manchas blancas en forma de rayas horizontales en todo su cuerpo que les permiten confundirse entre la vegetación. Esto les sirve de "camuflaje" para evitar ser vistas por algunos carnívoros como el jaguar y el puma, quienes son sus principales depredadores. Cuando la danta es adulta su pelaje es corto y áspero, pierde las rayas blancas y se pone de color marrón oscuro.⁴⁶

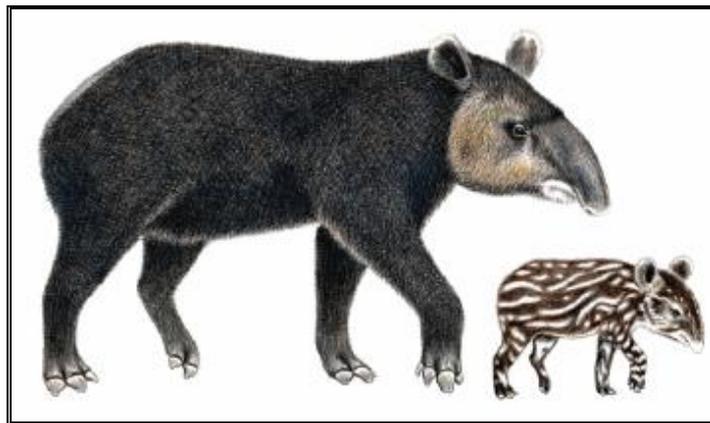


Figura 9. Tapir Andino, adulto y cría

⁴⁵ Downer, Ecuador

⁴⁶ Obtenido de la página Web: http://www.andigena.org/proyecto_danta/investigacion.asp



4.4.2.2. Clasificación científica:

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Perissodactyla
Familia	Tapiridae
Género	Tapirus
Especie	Tapirus Pinchaque

Tabla 15. Clasificación científica del tapir de montaña

4.4.2.3. Distribución y Hábitat:

Vive en la Cordillera de los Andes desde el noroeste de Venezuela, Colombia y Ecuador hasta noroeste de Perú.

En Perú se le llama “tapir de altura”, en Colombia se conoce como “danta cordillerana” o “danta lanuda” y en Ecuador “danta negra”. Ocupa bosques montanos y páramos en altitudes que van desde los 1600 hasta los 4000 metros sobre el nivel del mar.

4.4.2.4. Alimentación:

Son animales herbívoros generalistas que consumen un gran número de especies y no es claro aún si se comportan como dispersores o consumidores de semillas.

Los tapires consumen pequeñas raciones de alimento durante sus períodos activos, este comportamiento se debe en parte a su limitada capacidad estomacal.

Se alimenta de una gran variedad de hojas frescas, plántulas, ramas de arbustos y árboles pequeños de los bosques andinos (Ej. Chusquea sp. y Miconia sp.), y de algunos frutos, pastos, plantas acuáticas y de pantano.⁴⁷

⁴⁷ Obtenido de página Web: <http://biologia.eia.edu.co/INDEX.HTM>



4.4.2.5. Estado de conservación:

El tapir de montaña es una especie que se encuentra en peligro de extinción, debido principalmente a la fragmentación y destrucción de su hábitat por el avance de la frontera agrícola y la extracción maderera, a la cacería en busca de su carne o por “diversión”, el empleo de ciertas partes de su cuerpo en la medicina popular y al contagio de enfermedades provenientes del ganado (en áreas intervenidas). Se considera que su extinción ya se ha hecho efectiva en algunas zonas donde existía hace pocas décadas. La mayor parte de zonas naturales donde habita se encuentran dentro de áreas protegidas o de lugares de difícil acceso, mientras su área de distribución original ha sido reemplazada por la agricultura, ganadería, áreas urbanas y bosques introducidos⁴⁸.

Se estima que en Ecuador existen menos de 2500 individuos maduros que viven en estado silvestre, su población ha tenido una reducción superior al 20 % en las últimas dos generaciones y ninguna subpoblación supera los 250 animales adultos.⁴⁹



Tapir de montaña (Tapirus Pinchaque)
Foto: Armando Castellanos



Tapir de Montaña o Danta (Tapirus Pinchaque)
Foto: Megadiversidad. Mittermeier et al., 1997

⁴⁸ TIRIRA, 2001, Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, sección referente al tapir de montaña

⁴⁹ TIRIRA, 2001, Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, sección referente al tapir de montaña



CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

Luego de desarrollarse el proceso metodológico diseñado para esta investigación, los productos y subproductos obtenidos son sometidos a un análisis, interpretación y validación cuyo objetivo es fundamentalmente establecer definiciones en base a los productos finales de este estudio.

5.1. Modelamiento de disponibilidad de hábitat

Dentro del modelamiento se obtiene un ráster que contiene todos los ráster de las variables consideradas en el modelo y otro que representa los registros encontrados en el monitoreo, con estos ráster se calcula las distancias de Mahalanobis que luego son clasificadas en rangos para la visualización e interpretación de resultados. Esta metodología es usada para las dos especies estudiadas.

5.2. Análisis e interpretación de las variables utilizadas para el modelamiento.

Para poder entender como se comporta cada variable correlacionada en el modelo estadístico, o cómo influye cada una de ellas, determinamos el grado de variabilidad que tiene cada variable con respecto a su valor medio (coeficiente de variación) y adicionalmente el grado de correlación entre las variables. Las variables que presenten una mayor variabilidad con respecto a la media tendrán menor influencia que aquellas variables que presentan una menor dispersión⁵⁰.

⁵⁰ Van Manen, 1999; tomado de "Proyecto de Investigación para la conservación del oso andino", Manuel Peralvo 2000, Cap 4: Resultados



Para el cálculo del coeficiente de variación se usa la siguiente fórmula⁵¹:

$$C.V(\%) = \frac{\delta}{\bar{x}} (100)$$

DONDE:

δ = desviación _ estandar

\bar{x} = media

Y:

$$\text{Desviación estándar} = \delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

n = número de observaciones para la variable

x_i = valor de la observación i para la variable x

Para calcular el coeficiente de correlación usamos la fórmula que se muestra a continuación⁵²:

$$\text{Correlación} = \rho_{x,y} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\delta x \delta y}$$

DONDE:

$\text{Cov}(X, Y)$ = covarianza(X, Y)

δx = desviación _ estandar(x)

δy = desviación _ estandar(y)

⁵¹ SÁNCHEZ, MARTINEZ, "Proyecto de Investigación Propuesta de modelo para la identificación de áreas de manejo especial en la Reserva Biológica Limoncocha", 2004.

⁵² Tomado de la página Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Correlacion>



5.2.1. Análisis e interpretación de las variables utilizadas para el modelamiento del oso de anteojos

	Altura	Pendiente	Orientación	D. Cuerpos de agua	D. Vías	D. Zonas agrícolas	Formación Vegetal
Altura	35.411	0.021	0.159	0.552	-0.454	0.753	0.437
Pendiente		45.565	0.129	-0.0131	-0.0192	-0.074	0.145
Orientación			65.277	-0.075	-0.179	0.192	-0.176
D. Cuerpos de agua				62.227	-0.349	0.400	0.247
D. Vías					82.251	-0.554	0.130
D. Zonas agrícolas						57.384	-0.008
Formación Vegetal							30.898

Tabla 16. *Matriz de correlación entre variables y de coeficientes de variación para cada variable en el modelamiento del oso de anteojos*

VARIABLE	UNIDAD	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Altura	metros	2512.377	889.645
Pendiente	grados	27.494	12.527
Orientación	grados	118.481	77.341
D. Cuerpos de agua	metros	287.756	179.062
D. vías	metros	13208.757	10864.288
D. Zonas agrícolas	metros	15425.312	8851.659
Formación vegetal	ninguna	3.182	0.983

Tabla 17. *Promedios y desviaciones estándar para cada una de las variables en el modelamiento del oso de anteojos*

En la tabla 14 en la cual se pueden observar los coeficientes de variación para cada variable en la diagonal principal de la matriz y las correlaciones entre variables en el resto de celdas, se puede notar que el menor coeficiente de variación lo presenta la variable formación vegetal (30.898), lo cual indica la importancia de esta variable en el modelo al determinar las zonas de mayor o menor aptitud para ser hábitat de las especies estudiadas, luego de la variable



altura presentan también un grado de variabilidad relativamente bajo las variables altura y pendiente.

El mayor coeficiente de variación corresponde a distancia a vías (82.251), esto implica una menor influencia de esta variable dentro del modelo en comparación a las demás variables incluidas en el modelamiento de hábitat para el oso de anteojos.

Las variables que presentan una mayor correlación son altura y distancia a zonas agrícolas, lo que habla del alto grado de influencia de estas variables en las corridas efectuadas al modelo en la fase de pruebas.

5.2.1.1. Caracterización de las variables dentro de las zonas de hábitat

En cada una de las zonas determinadas para el mapa de disponibilidad de hábitat las variables tienen una forma de comportarse, por esto es importante evaluar que características tienen las variables dependiendo de la zona en que se encuentre, en las siguientes tablas se detalla algunas de estas características.

V A R I A B L E S	Zonas núcleo		Zonas de conectividad		Zonas de amortiguamiento		Zonas periféricas	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Altura (m)	1026	3600	993	3749	1015	3720	1103	3640
Pendiente (°)	1	66	0	71	0	70	0	65
Orientación (°)	0	240	0	254	0	254	0	254
D. Cuerpos de agua (m)	0	636.751	0	789.505	0	940.465	0	1436.91
D. vías (m)	0	33543.7	0	40460.7	0	43382.4	0	44332
D. Zonas agrícolas (m)	6.96	25950.8	0	27541.9	0	27740.1	0	27385.1

Tabla 18. Rangos para las variables en las zonas determinadas para el mapa de disponibilidad de hábitat del oso de anteojos



V A R I A B L E S	Zonas núcleo			Zonas de conectividad			Zonas de amortiguamiento			Zonas periféricas		
	\bar{x}	δ	<i>Med</i>	\bar{x}	δ	<i>Med</i>	\bar{x}	δ	<i>Med</i>	\bar{x}	δ	<i>Med</i>
	Altura (m)	2315.35	535.902	2290	2365.77	543.42	2332	2573.38	554.583	2621	2503.64	575.263	2568
Pendiente (°)	28.0529	9.14048	28	26.9308	11.0175	27	25.4555	12.3716	25	25.3174	12.1889	25
Orientación (°)	116.793	55.0444	114	120.636	69.6955	120	114.134	74.3302	106	106.966	72.9867	90
D. Cuerpos de agua (m)	228.583	118.293	221.298	210.947	156.946	179.934	256.566	218.573	186.601	347.264	280.305	278.402
D. vías (m)	15990.6	7999.24	15547.9	18631.9	9427.73	18901.9	17854.5	10398.7	17184.8	19854.1	10266.3	18470.4
D. Zonas agrícolas (m)	12249.9	6333.63	11151.5	10229.1	6790.13	8731.34	10882.4	6768.67	11272.8	9652.14	6282.26	9510.6

Tabla 19. Estadísticos para las variables en las zonas determinadas para el mapa de disponibilidad de hábitat del oso de anteojos

Donde:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{x} = \text{media} \\ \delta = \text{desviación estándar} \\ \text{Med} = \text{mediana} \end{array} \right.$$

Podemos observar que el rango de alturas en el que se localizan las zonas núcleo y las zonas de conectividad es menor que el de las zonas periféricas y de amortiguamiento, esto se debe principalmente a que el uso que da el oso de anteojos a los cuerpos de agua, lo obliga a permanecer en un área relativamente cercana a los mismos que en esta área se ubican en las partes más bajas. También se puede notar que el registro de alturas para las zonas núcleo y de conectividad que va desde los 993 hasta los 3749 m.s.n.m. permite la presencia de todas las formaciones vegetales que son apropiadas para constituir parte del hábitat del oso andino.



La variable pendiente restringe las zonas de uso de hábitat para el oso de anteojos, a aquellas que no sobrepasan los 30 grados, es una limitante dentro del PNP las pronunciadas pendientes de hasta 70 grados por tratarse de un área montañosa de forma bastante irregular.

La orientación no presenta mayor variabilidad entre las zonas de hábitat establecidas.

Para la variable distancia a cuerpos de agua se puede apreciar que las zonas más aptas para ser hábitat del oso de anteojos se encuentran en promedio en áreas más cercanas a los cuerpos de agua que las zonas periféricas y de amortiguamiento, lo cual se explica por la razón de que el agua es un elemento fundamental para un satisfactorio desarrollo de la población de osos dentro del parque. Sin embargo esta observación se debe hacer considerando que el uso de hábitat por parte del oso en zonas alejadas a los cuerpos de agua no queda negado debido a la gran movilidad característica de esta especie.

La cercanía a zonas agrícolas influye para que las áreas que presentan esta característica, no sean consideradas como apropiadas para el uso de hábitat del oso, se entiende que las zonas agrícolas provocan una repercusión directa en cuanto se refiere a deterioro del hábitat por destrucción de la vegetación original, uso del recurso hídrico destinado a la actividad agrícola, degradación de los suelos, etc.

Se observa que las zonas periféricas presentan en promedio menor cercanía a las vías que las restantes tres zonas de hábitat determinadas, esto sucede debido a que las zonas periféricas están presentes mayormente en la zona centro – oriental del parque, en donde la presencia de vías carrozables es nula. Sin embargo en el mapa de disponibilidad de hábitat se percibe una propagación de las zonas de menor probabilidad en los lugares donde las vías cruzan al parque.



5.2.2. Análisis e interpretación de las variables utilizadas para el modelamiento del tapir de montaña

	Altura	Pendiente	Orientación	D. Cuerpos agua	D. Vías	D. Zonas agrícolas	Formación Vegetal
Altura	14.704	0.236	-0.177	0.370	0.411	-0.136	0.336
Pendiente		53.018	0.067	0.157	0.274	-0.019	-0.002
Orientación			58.899	-0.113	-0.254	-0.042	0.037
D. Cuerpos agua				69.452	-0.354	0.396	-0.078
D. Vías					110.713	-0.324	0.449
D. Zonas agrícolas						18.565	-0.595
Formación Vegetal							27.729

Tabla 20. *Matriz de correlación entre variables y de coeficientes de variación para cada variable en el modelamiento del tapir de montaña*

VARIABLE	UNIDAD	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Altura	metros	2883.212	423.956
Pendiente	grados	23.455	12.435
Orientación	grados	191.485	112.783
D. Cuerpos de agua	metros	269.648	187.276
D. vías	metros	7094.801	7854.856
D. Zonas agrícolas	metros	20394.790	3786.303
Formación vegetal	ninguna	3.182	0.882

Tabla 21. *Promedios y desviaciones estándar para cada una de las variables en el modelamiento del tapir de montaña*

Las variables que presentan menores coeficientes de variación son en este caso la altura y la distancia a zonas agrícolas, sin embargo luego de estas se encuentra también con un coeficiente de variación bajo (27.729) la formación vegetal, lo cual indica la importancia de estas tres variables dentro del modelamiento.

El mayor coeficiente de variación corresponde a distancia a vías, al igual que en el caso del modelamiento de hábitat para el oso de anteojos, esta es la variable que según este análisis tiene la menor influencia en el modelo.



La mayor correlación entre variables es para las variables formación vegetal y distancia a vías, esto demuestra la importancia de estas variables en las corridas del modelo en la fase de pruebas.

5.2.2.1. Caracterización de las variables dentro de las zonas de hábitat

Las características de las variables usadas en el modelamiento en relación con las zonas de hábitat establecidas se muestran en las siguientes tablas en forma esquemática y posteriormente en un análisis hecho a partir de los resultados.

VARIABLES	Zonas núcleo		Zonas de conectividad		Zonas de amortiguamiento		Zonas periféricas	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
	Altura (m)	1941	3767	1627	3720	1188	3640	991	3579
Pendiente (°)	0	73	0	70	0	67	0	71
Orientación (°)	0	254	0	240	0	254	0	254
D. Cuerpos de agua (m)	0	838.955	0	1001.89	0	1215.56	0	1459.99
D. vías (m)	0	23368.8	0	35515.6	0	39665.6	18.6553	44319.6
D. Zonas agrícolas (m)	7941.31	27736.1	1396.64	27684.1	2.72	26115.3	0	26109.5

Tabla 22. Rangos para las variables en las zonas determinadas para el mapa de disponibilidad de hábitat del tapir de montaña

VARIABLES	Zonas núcleo			Zonas de conectividad			Zonas de amortiguamiento			Zonas periféricas		
	\bar{x}	δ	Med	\bar{x}	δ	Med	\bar{x}	δ	Med	\bar{x}	δ	Med
	Altura (m)	2882.14	338.747	2856	2695.03	402.66	2660	2200.26	360.956	2160	1841.75	376.779	1777
Pendiente (°)	28.1845	11.0821	28	28.1736	11.1277	28	25.9594	10.7439	26	24.3448	11.0242	24
Orientación (°)	121.632	68.8735	127	112.874	69.0332	106	116.85	69.6398	109	119.015	69.2599	111
D. Cuerpos de agua (m)	217.778	150.4	195.507	229.587	186.563	181.624	212.125	174.8	171.392	280.27	207.498	243.279
D. vías (m)	10886.8	6523.82	11470.5	13627.3	6943.76	14580.1	21125.9	6661.9	21485.4	27773	7678.57	27560.7
D. Zonas agrícolas (m)	18041.8	3602.42	18102.1	12206.6	5619.45	11783.9	5741.48	3643.86	5106.02	5882.84	4191.9	5345.04

Tabla 23. Zonas determinadas para el mapa de disponibilidad de hábitat del tapir de montaña



El rango de alturas para uso de hábitat del tapir de montaña denota que esta especie tiende a hacer uso de zonas superiores a los 1600 metros, es por esta razón que se aprecia un decremento de las alturas promedio para las zonas con menor probabilidad de ser hábitat del tapir, que para este caso se encuentran predominantemente en la parte oriental del PNP.

Por la forma irregular del terreno el uso de hábitat por parte del tapir se limita a aquellas zonas en donde sea posible su movilidad, se observa en las zonas núcleo una pendiente promedio de 28 grados.

La orientación al igual que en el caso del oso de anteojos, no establece una diferencia marcada en sus valores entre las zonas de hábitat consideradas para este estudio, es así que se observa valores promedio de ángulos de orientación similares para cada una de las mismas.

La importancia del agua como elemento primordial para la determinación del hábitat se manifiesta en la diferencia de promedios de distancia a cuerpos de agua de 63 unidades entre las zonas núcleo y las periféricas.

Las zonas periféricas ubicadas en la parte oriental del parque provocan que el promedio de las distancias a las vías en estas zonas sea mayor que en las zonas núcleo, adicionalmente por ser pocas las vías que atraviesan al parque y al estar éstas localizadas en la parte noroccidental y suroccidental, su efecto no es representativo al momento de determinar la disponibilidad de hábitat.

Las zonas agrícolas tienen un efecto uniforme en la determinación de la disponibilidad de hábitat, siendo más aptas aquellas zonas que se encuentran más alejadas de la influencia de la actividad agrícola. Se debe tomar en cuenta que el tapir de montaña es un animal que huye del hombre, por esto cualquier actividad relacionada con este producirá su ausencia.



5.3. Análisis e interpretación de resultados para el oso de anteojos

A continuación se detallan cuáles fueron los productos obtenidos durante el proceso de monitoreo de registros biológicos, modelamiento y elaboración del mapa de disponibilidad de hábitat para el oso de anteojos en el PNP.

5.3.1. Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos

El MRBI para el oso de anteojos dentro del Parque Nacional Podocarpus arrojó un total de 56 registros de los cuales por error de posicionamiento espacial o por no respetar el límite de cercanía entre registros, no fueron tomados en cuenta para el modelamiento 7 de los mismos, quedando finalmente aptos para su empleo 49 registros que fueron complementados con otros 28 registros, que con anterioridad a este estudio poseía la Fundación Arcoiris.⁵³

Como uno de los principales problemas suscitados durante el monitoreo está la difícil accesibilidad que presenta el parque por las pronunciadas pendientes y por el tipo de formaciones vegetales que no permiten una cómoda movilización (principalmente bosque denso y bosque chaparro). También se tuvo dificultades de posicionamiento al realizar las mediciones con el equipo navegador GPS en ciertos lugares donde la cobertura del dosel presentaba una altura considerable y la densidad de la vegetación no permitía una buena cobertura de los satélites.

5.3.2. Pruebas del modelo

El modelamiento de un fenómeno demanda que se haga una interpretación de cada una de las corridas que se realice, ya que se puede obtener resultados inconsistentes dependiendo de la forma de comportarse o la manera en que influye cada una de las variables en el resultado final.

⁵³ Ver ANEXO 3: Registros de campo para el oso de anteojos



Es por esta razón que es necesario probar como está funcionando el modelo establecido, en este estudio las pruebas consistieron en contrastar los resultados cuando se desagregaba cada una de las variables, y luego en realizar un análisis e interpretación de cada resultado para poder determinar cual era el efecto que producía cada variable.

Las zonas agrícolas dentro del parque no son numerosas pero sin embargo están concentradas principalmente en la región nororiental y sur, por tal motivo al considerar la variable de distancia a zonas agrícolas en el modelamiento se puede observar claramente como las zonas de amortiguamiento y en algunos casos las zonas periféricas se desplazan hacia las áreas donde están presentes las zonas agrícolas. Esta forma de comportamiento del modelo tiene apego con la realidad, debido a que las zonas de actividad agrícola en el parque pueden causar graves daños al hábitat del oso de anteojos por la destrucción que se produce en la vegetación nativa al ser reemplazada por cultivos introducidos y por la cercanía a vías de acceso carrozable. La degradación que se produce en la cobertura vegetal original afecta a los hábitos alimenticios del oso y también a su conducta ya que el tipo de vegetación que utiliza como parte constitutiva de su hábitat tiene gran influencia en sus costumbres y forma de vida.

Las vías carrozables que cruzan el parque están ubicadas en la parte noroccidental y suroccidental, esta variable determina un leve incremento de las zonas núcleo en esas áreas, sin embargo no establece una diferencia considerable en comparación con la corrida del modelo en la cual no se utiliza la variable. Esto corrobora la baja influencia de la variable distancia a vías deducible del análisis estadístico de los coeficientes de variación para variables.

La variable pendiente limita a las zonas donde existen ángulos demasiado pronunciados, lo cual tiene su explicación en el hecho de que un animal como el oso de anteojos a pesar de estar diseñado para ser trepador no está exento de tener dificultades para movilizarse dentro de algunas pronunciadas



pendientes existentes en el PNP. Además de esto se puede señalar que la pendiente también actúa como un elemento determinante en el tipo de formaciones vegetales presentes.

La exclusión de la variable orientación provoca una considerable expansión de las zonas núcleo y las zonas de conectividad.

Al excluir la variable de distancia a cuerpos de agua del modelamiento se nota una expansión de las zonas núcleo (alta probabilidad), sin darse otro cambio considerable en el resto del parque. Se debe considerar que los cuerpos de agua están distribuidos homogéneamente en todo el PNP y no es un elemento limitante para la determinación de hábitat para el oso de anteojos.

Al excluir la variable formación vegetal se puede percibir que un gran porcentaje de las áreas catalogadas como zonas periféricas cambian a zonas de conectividad o zonas de amortiguamiento, esto se debe a que en la variable formación vegetal se considera las áreas intervenidas (vegetación introducida) y es en estos sitios donde se ubican en el modelamiento áreas catalogadas como zonas periféricas.

La variable altitud al ser excluida produce una expansión de las áreas de alta probabilidad hacia los lugares de alturas máximas, esto se debe a que por lo general estas zonas son de difícil acceso y también se consideran limitantes para el hábitat por las condiciones climatológicas extremas.

5.3.3. Análisis de productos obtenidos: Mapa de disponibilidad de hábitat

El mapa de disponibilidad de hábitat definitivo contiene las variables: formación vegetal, distancia a cuerpos de agua, distancia a vías, distancia a zonas agrícolas, altitud, orientación y pendiente. La variable distancia a senderos que se pretendió incluir inicialmente en el modelamiento influyó negativamente en los resultados, ya que la distribución espacial de los registros de campo



coincidía con la ubicación de los senderos, siendo estos las principales vías de acceso para la realización del monitoreo de registros biológicos.

En el ráster correspondiente a las distancias de Mahalanobis se obtuvieron valores que iban desde 0.174 hasta 95.586, con una media de 8.707 y una desviación estándar de 5.629.

A continuación se caracteriza las cuatro zonas en que fueron clasificados los diferentes rangos establecidos para las distancias de Mahalanobis mediante el método estadístico de los cuartiles.

#	RANGO	CATEGORÍA	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
I	0.17 – 5.06	Zonas Núcleo	19776.644	13.633
II	5.06 -7.31	Zonas de conectividad	87547.891	60.353
III	7.31 – 10.57	Zonas de amortiguamiento	26066.359	17.969
IV	10.57 – 95.59	Zonas periféricas	11669.670	8.045
		Total	145060.564	100.000

Tabla 24. Zonas de disponibilidad de hábitat para el oso de anteojos por superficie

5.4. Análisis e interpretación de resultados para el tapir de montaña

Luego del modelamiento realizado para el tapir de montaña, se indica a continuación los productos y subproductos obtenidos en el transcurso del proceso utilizado.

5.4.1. Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos

En el MRBI para el tapir de montaña en el Parque Nacional podocarpus se obtuvo 18 registros los cuales se adicionaron a los 20 registros adquiridos en estudios anteriores por parte de la Fundación Arcoiris. Al igual que en el caso del MRBI realizado para el oso de anteojos, de los 18 registros que se adquirieron se hizo una selección de aquellos que podían ser usados, por tal motivo 13 de ellos resultaron aptos para ser usados en el modelamiento.⁵⁴

⁵⁴ Ver ANEXO 4: Registros de campo para el tapir de montaña



Las dificultades que se presentaron al recoger los registros en campo fueron las mismas que ya se señalaron anteriormente para el caso del oso de anteojos.

5.4.2. Pruebas del modelo

En el modelamiento de disponibilidad de hábitat para el tapir de montaña se observa una aglomeración de las zonas periféricas en la parte oriental del parque, esto se debe a que los registros obtenidos se ubican en la parte occidental sitio en donde la altitud permite exista un hábitat apropiado, ya que esta especie vive en un rango altitudinal que va desde los 1600 hasta los 4000 metros, el límite inferior es variable porque el tapir de montaña en temporadas en las cuales las temperaturas mínimas llegan a límites extremos suele bajar a alturas menores para refugiarse. En alturas menores a la indicada se encuentra el hábitat de otra especie de tapir conocido como “*Tapirus terrestris*” que no nos compete estudiar en la presente investigación.

Al realizar la corrida del modelo excluyendo a la variable distancia a zonas agrícolas se produce un aumento de las zonas de mayor probabilidad en los lugares en donde se ubican las fincas y demás sitios donde se realiza la actividad agrícola. Y adicionalmente se diseminan en la zona occidental las zonas núcleo. Las zonas agrícolas ubicadas en la parte centro – oriente del parque ocasionan que el sector occidental al no estar afectada por su presencia logre una mayor probabilidad de pertenecer a las zonas núcleo o de conectividad.

Excluyendo la variable de distancia a vías se observa una leve expansión de las zonas de conectividad, principalmente en la parte oriental que es la zona menos influenciada por la presencia de vías carrozables. Este comportamiento al parecer contradictorio se debe a que las vías carrozables presentes en el PNP se encuentran en la zona occidental del mismo, coincidiendo de esta manera con la tendencia de los registros de campo para tapir de montaña que tienen una ubicación inclinada hacia la parte occidental del parque.



Al excluir la variable pendiente y la variable orientación se afecta al modelamiento con un leve cambio de expansión de las zonas de conectividad en la parte occidental (cordillera).

La exclusión de la variable distancia a cuerpos de agua provoca una homogenización del mapa de disponibilidad de hábitat, esto se debe a que las formaciones hídricas presentan formas irregulares y al eliminar este efecto se logra mayor uniformidad dentro del mapa.

La corrida del modelo sin considerar la variable de formación vegetal presenta zonas más aptas de ser catalogadas como óptimas para constituirse en hábitat del tapir de montaña en lugares que dentro del mapa de formaciones vegetales son áreas intervenidas.

La variable de altitud limita al mapa de disponibilidad de hábitat de acuerdo con el rango altitudinal en el que vive el tapir de montaña, es por esta razón que al no considerar esta variable las zonas de alta probabilidad sufren una expansión hacia el oriente que es la zona en donde se registran las menores cotas dentro del parque.

5.4.3. Análisis de productos obtenidos: Mapa de disponibilidad de hábitat

El modelamiento para el tapir de montaña considera entre las variables las formaciones vegetales en el PNP, distancia a cuerpos de agua, distancia a vías, distancia a zonas agrícolas, altitud, orientación y pendiente; excluyendo definitivamente la variable distancia a senderos que provoca en los resultados los mismos problemas ya señalados anteriormente para el caso del osos de anteojos. El mapa de disponibilidad de hábitat queda representado por la categorización³ de las distancias de Mahalanobis, mediante el uso del método estadístico de los cuartiles.



Los valores para distancia de Mahalanobis van desde 0.17 hasta 326.25, con una media de 40.5017 y una desviación estándar de 30.6773.

Las características de las zonas representadas en el mapa de disponibilidad de hábitat se muestran en la siguiente tabla.

#	RANGO	CATEGORÍA	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
I	0.17 – 12.9	Zonas Núcleo	37024.472	25.523
II	12.9 – 35.25	Zonas de conectividad	35724.286	24.627
III	35.25 – 60.78	Zonas de amortiguamiento	36306.292	25.028
IV	60.78 – 326.25	Zonas periféricas	36006.130	24.821
		Total	145060.564	100.000

Tabla 25. Zonas de disponibilidad de hábitat para el tapir de montaña por superficie



CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

A manera de corolario para el presente estudio se muestran algunas observaciones en cuanto se refiere a la metodología empleada, y a la discusión de los resultados.

6.1.1. De la metodología

- ❖ La metodología empleada demuestra ser una forma práctica y efectiva para fijar zonas propensas a la conservación del oso de anteojos y tapir de montaña mediante la determinación de disponibilidad de hábitat, y puede ser aplicada con el empleo de otros software.
- ❖ La técnica de modelamiento permite obtener el mapa de disponibilidad de hábitat para las especies en estudio de un área relativamente extensa.

6.1.2. De los resultados obtenidos

- ❖ Las zonas agrícolas demuestran ser focos de degradación del hábitat usado tanto por el tapir como por el oso.
- ❖ Para orientar planes de conservación de las especies estudiadas, se debe dar tanta importancia a las zonas núcleo como a las zonas periféricas, debido a que estas últimas pueden degenerar en procesos de expansión y ulterior destrucción de los espacios de hábitat que se encuentran aún en buen estado.



- ❖ El Parque Nacional Podocarpus demuestra ser un área propicia para la conservación de especies como el oso de anteojos y el tapir de montaña, ya que cuenta con gran cantidad de recursos bióticos y abióticos que son constituyentes fundamentales del hábitat de las mismas.
- ❖ En el análisis de resultados se puede percibir la importancia de una correcta recolección de los datos en campo y de una apropiada elaboración de la cartografía base y temática.
- ❖ Las variables que más influyeron en las corridas del modelo para las dos especies estudiadas fueron la formación vegetal presente y la altura.

6.1.3. De la situación actual de las especies en estudio

- ❖ Las zonas núcleo y de conectividad representan un 74% y 50% del área total de estudio para el oso de anteojos y tapir de montaña respectivamente, esto define que en el PNP existe espacio físico suficiente para propender a la conservación de estas especies.
- ❖ Resulta evidente el proceso de destrucción al que han sido sometidos las poblaciones de oso de anteojos y tapir de montaña, destrucción que sin embargo ha disminuido notablemente luego de la declaración del área de estudio como Parque Nacional.

6.2. Recomendaciones

- ❖ Se debe tomar en cuenta que este tipo de estudios pueden ser utilizados como una de las herramientas necesarias para impulsar la protección de especies amenazadas, y como es lógico pensar su mera elaboración no dará ningún resultado favorable si es que no se avanza en etapas posteriores en el proceso de conservación.



- ❖ El monitoreo de registros biológicos indirectos debe estar diseñado de tal forma que abarque la mayor parte de espacios biogeográficos presentes en el área de estudio.
- ❖ Para que los programas de conservación del oso de anteojos y del tapir de montaña tengan resultados satisfactorios, es necesario poner atención en los procesos de expansión de zonas agrícolas dentro del parque y de actividades ilícitas como cacería, minería y extracción maderera clandestina.
- ❖ Es necesario impulsar investigaciones complementarios que fortalezcan al presente estudio y de esta manera lograr programas de conservación consolidados.
- ❖ De los estudios y documentos usados como referencia bibliográfica, es fácil reconocer que la mayor parte de los mismos están orientados al estudio del oso de anteojos y son preocupantemente escasos los que tienen relación al estudio del tapir de montaña. Y pese a que el oso está considerado como una especie paraguas, es fundamental que las organizaciones involucradas en la conservación de especies den el interés que merece tener el tapir de montaña al ser una especie en grave riesgo de extinción.
- ❖ Es imprescindible fijar metas claras a corto y largo plazo para de esta manera lograr establecer un programa de protección de especies amenazadas.
- ❖ Para que efectos negativos de carácter antrópico como la cacería, tráfico ilegal de especies y comercialización sean mitigados, todos los programas de conservación y protección de especies en peligro que se lleven a cabo deben ir acompañados por procesos de educación y concientización de la población.



- ❖ Se debe considerar que el programa que vaya a ser utilizado se acople a los requerimientos particulares de cada trabajo.

- ❖ Es importante tomar en cuenta que para futuros modelamientos de hábitat sobre el oso de anteojos y tapir de montaña se podría incluir otras variables de hábitat como por ejemplo registros meteorológicos del PNP.

- ❖ Al realizar las pruebas del modelo se debe tener cuidado con aquellas variables que tienen algún problema de distribución espacial, ya que al incluir esta variable se podría obtener resultados inconsistentes.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abiótico.- Carente de vida. Concerniente a los elementos inertes.

Acervo genético.- Conjunto de características propias de una especie acumuladas por herencia.

Antropogénico.- Que tiene origen en la actividad humana.

Base de datos espacial.- Conjunto de elementos gráficos anexados a una base de datos alfanumérica, que tienen por función representar elementos de la realidad.

Biodiversidad.- Término empleado para expresar la variedad del conjunto biológico, diversidad del componente biótico presente en determinado espacio geográfico.

Biótico.- Relacionado con los seres vivos, todo aquello que posee vida.

Cartografía base.- Representación gráfica de los elementos básicos de un paisaje: hidrografía, relieve, vías, senderos, centros poblados.

Cartografía temática.- Representación gráfica de un elemento específico del paisaje. Ej. Formaciones vegetales, uso de suelo, tipo de suelo, etc.

Dátum.- Todos los mapas son dibujados con respecto a un punto de referencia. Este punto es llamado dátum. Con el uso del GPS es posible contar con un dátum mundial como por ejemplo el WGS 84.

Disponibilidad de hábitat.- Capacidad de un espacio biogeográfico de poder satisfacer los requerimientos de una especie para que sea posible su subsistencia.



Ecosistema.- Sistema dinámico formado por una comunidad natural y su medio ambiente físico, considerando sus relaciones.

Endemismo.- Término utilizado en biología para describir la tendencia de algunas plantas y animales a limitarse de manera natural a una zona determinada, dentro de la cual se dice que son endémicos.⁵⁵

Especie.- Cada uno de los grupos en que se dividen los géneros y que se componen de individuos que, además de los caracteres genéricos, tienen en común otros caracteres por los cuales se asemejan entre sí y se distinguen de los de las demás especies. La especie se subdivide a veces en variedades o razas.⁵⁶

Especies “paraguas”.- Especies que al propender su conservación se garantiza la protección de otras que coexisten en hábitats comunes.

Fauna silvestre.- Está constituida por todas aquellas especies animales que viven libremente en su ambiente, -desde invertebrados (sobre todo insectos) hasta mamíferos marinos-, que subsisten sujetos a procesos de selección natural, y que han evolucionado como parte integral y funcional de los ecosistemas terrestres.⁵⁷

Fitogeografía: Distribución y dispersión vegetal. Estudio de todos los factores que influyen en la distribución de los vegetales. Esta disciplina se centra en el estudio de cómo se determina la distribución de las especies individuales, la representación de los datos así obtenidos en mapas que muestran el territorio natural de cada planta, y la ilustración o compilación de las especies y asociaciones botánicas propias de una región determinada.⁵⁸

⁵⁵ Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.

⁵⁶ Microsoft® Encarta® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.

⁵⁷ Tomado de la página web: http://www.portalagrario.gob.pe/rnns_s_silvestre.shtml

⁵⁸ Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.



Fotointerpretación.- Proceso usado para corregir e interpretar fotografías aéreas con fines geográficos.

Fragmentación del hábitat.- Degradación del hábitat por cambios en el uso del suelo de zonas dentro del área de conservación.

Frugívora: Dicho de un animal: que se alimenta de frutos.

Gabinete.- Procesos complementarios a la investigación de campo, trabajo de laboratorio destinado a procesamiento, edición y validación de la información.

GPS.- Sistema de Posicionamiento Global, artefacto electrónico usado para obtener coordenadas geográficas de un punto determinado sobre la superficie terrestre mediante la señal recibida desde satélites artificiales.

Hábitat.- Espacio físico donde vive un organismo vivo, un hábitat puede ser terrestre o acuático.

Mapa de unidades de paisaje.- Un paisaje es una extensión de terreno que posee una característica particular que la diferencia del resto. Un tipo de paisaje puede estar relacionado con el uso del suelo y con las formaciones vegetales presentes. El mapa de unidades de paisaje representa geográficamente los diferentes tipos de unidades de paisaje presentes en un lugar determinado.

Método intrusivo.- Metodología empleada para el monitoreo de especies animales, en la cual se hace necesario el contacto con el animal y la intervención del investigador en el hábitat del mismo.

Método multivariado.- Método estadístico que toma en cuenta para los cálculos y análisis pertinentes más de una variable.



Método no intrusivo.- Metodología empleada para el monitoreo de fauna silvestre, en la cual el investigador no tiene contacto directo con el individuo estudiado ni una intromisión en sus hábitos cotidianos.

Modelamiento.- Desarrollo e implementación de un modelo, un modelo es una representación aproximada de la realidad.

Modelo ráster.- Un ráster es una superficie o malla que representa una variable, para lo cual está dividida en celdas o píxeles, cada uno de los cuales contiene un valor que hace referencia a la variable representada.

Modelo vectorial.- Un modelo vectorial representa gráficamente un elemento de la realidad mediante el uso de nodos, polígonos y arcos.

Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos (MRBI).- Consiste en un método no intrusivo de monitoreo de fauna silvestre, en el cual se recolecta muestras de la presencia de la especie dentro del área de estudio

Mosaico de ortofotos.- Es un arreglo o juego de fotografías aéreas a las cuales se las ha sometido previamente a un proceso de georeferenciación y corrección por los errores que se producen en la toma de las fotografías.

Multidimensional.- Que tiene varias dimensiones.

Nicho Ecológico.- Función de una especie dentro de su hábitat.

Normalizar: Regularizar o poner en orden lo que no lo estaba. Hacer que algo se establezca en la normalidad. Ajustar a un tipo o norma.

Orografía.- Forma del terreno.

Píxel o celda.- Unidad mínima representada en un ráster.



Plantigrado: Se dice de los cuadrúpedos que al andar apoyan en el suelo toda la planta de los pies y las manos; p. ej., el oso, el tejón.

Plántula: Planta joven, al poco tiempo de brotar de la semilla.

PNP.- Parque Nacional Podocarpus.

Podocarpus.- También conocido como romerillo, especie de coníferas, árboles prehistóricos presentes en Ecuador y Perú. Se encuentran en peligro de extinción debido a que estos árboles son utilizados en la industria maderera, siendo su madera muy fina. Esta especie de conífera da el nombre al Parque Nacional Podocarpus.⁵⁹

Probóscide: Aparato bucal en forma de trompa o pico, dispuesto para la succión, que es propio de los insectos dípteros.

Radiotelemetría.- Técnica mediante la cual es posible discernir la localización de un emisor de ondas de radio.

Resolución espacial: Este término designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen. En un sistema fotográfico, suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la fotografía.⁶⁰

Script.- Tipo de lenguaje de programación interpretado, que se utiliza generalmente para llevar a cabo tareas secuenciales, paso a paso. Siempre son lenguajes de alto nivel, que simplifican la labor del usuario, pero que no lo capacitan para acceder a las tareas básicas del sistema.⁶¹

⁵⁹ Tomado de la página web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Romerillo>

⁶⁰ Teledetección Ambiental, Emilio Chuvieco.

⁶¹ Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.



Selección de hábitat.- Diversidad de características bióticas y abióticas que determinan si un hábitat es o no apropiado para ser el sitio en donde viva y se desarrolle satisfactoriamente una especie.

SIG.- Sistema de Información Geográfica, herramienta capaz de construir representaciones del mundo real partiendo de bases de datos digitales, a través de procedimientos específicos.

Sostenibilidad.- Término aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.⁶²

Sustentabilidad.- Capacidad de un ecosistema de mantener su estado igual, o bien equivalente, en el tiempo. Para lograrlo, se precisa el mantenimiento de ciertos parámetros, por parte de la naturaleza a través de mecanismos de equilibrio dinámico.⁶³

Topología: Rama de las matemáticas que trata especialmente de la continuidad y de otros conceptos más generales originados de ella, como las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma.

UTM.- Universal Transverse Mercator, sistema de georeferenciación de datos espaciales.

VARIABLES CONTINUAS.- Son variables cuyos valores numéricos pueden ser representados en rangos, es decir pueden asumir cualquier valor numérico.

VARIABLES DISCRETAS.- Los valores numéricos de estas variables solo pueden ser enteros, por lo cual no pueden ser representadas en rangos.

⁶² Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.

⁶³ Tomado de la página web: <http://www.uv.mx/universidad/doctosofi/nme/glos.htm>



BIBLIOGRAFÍA:

LIBROS

- TIRIRA, D. (Ed.). 2001. Libro rojo de los mamíferos del Ecuador. SIMBIOE/EcoCiencia/Ministerio del Ambiente/UICN. Serie Libros Rojos del Ecuador, Tomo I. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 4. Quito.
- Fundación Ecológica Arcoiris, Proyecto Diseño del Corredor de Conservación entre el Parque Nacional Podocarpus, el Bosque Protector Corazón de Oro y la Reserva Comunal Yacuambi.
- LOPEZ, Santiago, “Mapa Preliminar de Formaciones Vegetales Tipo del Ecuador Continental”, 1999.
- NEBEL, Bernard, Ecología y desarrollo sostenible, 1999
- PERALVO, Manuel, “Proyecto de Investigación para la conservación del oso andino”, 2000
- ANDRADE, Alberto, “Introducción a la Tecnología SIG”, 1999
- SIERRA, Rodrigo, “Clasificación Preliminar de Formaciones Vegetales Tipo del Ecuador Continental”, 1999.
- LORENTE, Jeroni, “Salvar el planeta”, 1997.
- SÁNCHEZ, MARTINEZ, “Proyecto de Investigación Propuesta de modelo para la identificación de áreas de manejo especial en la Reserva Biológica Limoncocha”, 2004.
- “Getting Started with TNT mips ” <http://microimages.com>



- Revista ecológica: “Ecuador Terra Incógnita”, Quito 2005
- OCEANO, “Enciclopedia de la Ecología”, Barcelona España, 1995
- ACOSTA, Misael, “Los páramos Andinos del Ecuador”, 1984
- BANCROFT, Huldah, Introducción a la Bioestadística, 1960
- BLANES, José, “Las zonas de amortiguamiento, un instrumento para el manejo de la biodiversidad, el caso de Ecuador”, FLACSO, 2003
- CLARKE, George, Elementos de Ecología, Barcelona, España, 1958
- WALTER, Jane, Desaparición de hábitats y especies, Madrid – España, 1995
- BOSQUE SENDRA, Joaquín, Sistemas de Información Geográfica, Madrid, 2000
- TROYA SUÁREZ, María, “Hábitos alimenticios del oso andino en diferentes formaciones vegetales de la cuenca del río Oyacachi, Reserva Ecológica Cayambe - Coca”, 2001
- PROGRAMA DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD, ZONA SELVA, “Protocolos detallados de monitoreo de indicadores biológicos” Perú, 1998



INTERNET

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Extincion>
- http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Especies_amenazadas&action=edit
Artículo con referencia al estudio de especies amenazadas.
- <http://www.bioplanet.net/>
El modelamiento matemático y los recursos naturales renovables.
- http://www.natureserve.org/aboutUs/latinamerica/andes_amazon_endemic_es.jsp
Modelamiento de distribución de especies endémicas.
- http://www.google.com.ec/url?sa=X&start=0&oi=define&q=http://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A1bitat&usg=__xsbvRLYeclOd1Z_RyRD9bZmShI8
Definiciones de hábitat.
- <http://www.biomap.net/Espanol/biobyte4espanol.htm>
Importancia de la conservación de especies amenazadas.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Covarianza>
Cálculo de la covarianza.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Correlacion>
Cálculo de correlaciones entre variables.
- <http://www.arcoiris.org.ec>
Página Web de la Fundación Ecológica Arcoiris
- <http://www.plant-talk.org/Pages/intro.html>



Conservación de los Andes del Ecuador

- <http://www.explored.com.ec/ecuador/guia/sierra/pododes.htm>
Descripción del Parque Nacional Podocarpus

- http://www.portalagrario.gob.pe/rrnn_s_silvestre.shtml
Definición de fauna silvestre.

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Romerillo>
Descripción de árbol podocarpus.

- <http://www.uv.mx/universidad/doctosofi/nme/glos.htm>
Definición de sustentabilidad.

- <http://biologia.eia.edu.co/INDEX.HTM>
ALIMENTACIÓN DEL TAPIR

- <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tapir&redirect=no>
TAPIR

- Microsoft® Encarta® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.
Definiciones de: endemismo, especie, script, sostenibilidad.