

PROGRAMA PARQUES EN PELIGRO

EXPANSIÓN DEL MODELO DE DISPONIBILIDAD DE HÁBITAT
DEL OSO ANDINO (*Tremarctos ornatus*, CARNÍVORA: URSIDAE)
EN LA PORCIÓN OCCIDENTAL DE LA BIORRESERVA DEL
CÓNDOR

Gioconda Remache, Carlos Boada, Álvaro Tapia, Isaac
Goldstein y Jaime Camacho

ECOCIENCIA

Abril de 2005



Créditos

Coordinación del componente de Investigación

Carlos Boada, EcoCiencia

Monitoreo de registros indirectos (Trabajo en campo)

Álvaro Tapia, EcoCiencia

Patricio Aigaje, Comuna Quichua de Oyacachi

Asencio Aigaje, Comuna Quichua de Oyacachi

Lorenzo Parión, Comuna Quichua de Oyacachi

Holger Parión, Comuna Quichua de Oyacachi

Michelle McLlelan, Voluntaria EcoCiencia

Carlos Boada, EcoCiencia

Sistemas de Información Geográfica (Trabajo en gabinete)

Gioconda Remache, EcoCiencia

Modelamiento cartográfico

Gioconda Remache, EcoCiencia

Redacción

Carlos Boada, EcoCiencia

Gioconda Remache, EcoCiencia

Revisión y Edición

Jaime Camacho, EcoCiencia

Isaac Goldstein, Wildlife Conservation Society Venezuela

Asesoramiento científico

Francisco Cuesta, Universidad de Ámsterdam

Frank van Manen, U.S. Geological Survey

Isaac Goldstein, Wildlife Conservation Society

Se sugiere que el presente documento se cite de la siguiente manera:

Remache, G., C. Boada, A. Tapia, I. Goldstein y J. Camacho. 2005. Expansión del modelo de disponibilidad de hábitat del oso andino (*Tremarctos ornatus*, Carnivora: Ursidae) en la porción occidental de la Biorreserva del Cóndor. Reporte Técnico. EcoCiencia. Quito.

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Área de estudio	8
3. Métodos	9
3.1. Procesos iniciales	9
3.2. Definición de criterios de trabajo	11
3.3. Selección y creación de variables	11
3.4. Disposición de transectos y toma de datos	13
3.5. Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)	14
3.5.1. Modelo Cartográfico	14
3.5.2. Análisis estadístico multivariado	14
3.5.3. Rangueo e interpretación de resultados	16
4. Resultados	17
4.1. Monitoreo de registros indirectos	17
4.2. Distribución de los registros	17
4.3. Disponibilidad de hábitat para el oso andino	18
5. Discusión	22
5.1. Pruebas iniciales del modelamiento	22
5.2. Uso del hábitat y distribución de los registros	23
5.3. Influencia de las variables utilizadas	24
5.4. Posibles usos de la información generada	25
5.5. Necesidad de otros estudios	27
6. Literatura citada	28

1. INTRODUCCIÓN

El oso andino es el único representante de la familia Ursidae en América del Sur y por su rol ecológico como potencial dispersor de semillas (Yerena, 1994, Cuesta *et al.*, 2003) y sus amplios requerimientos de hábitat es catalogada como la especie focal del Complejo Ecorregional de los Andes del Norte (CEAN) (Rodríguez *et al.*, 2003). Este tipo de especies necesitan de una combinación de hábitats por lo general muy extensos y en buenas condiciones para poder sobrevivir (Wikramanayake *et al.*, 2000), por lo que se considera que al conservarlas, se estaría protegiendo también el hábitat de muchas otras especies de la zona (Rodríguez *et al.*, 2003). Por estas razones el oso andino es una especie apropiada para ser utilizada en estudios que pueden servir como base para planes de conservación y preservación de la biodiversidad de los ecosistemas altoandinos (Peyton, 1999).

En el Ecuador existen 5´782.550 ha (57.825,5 km²) de hábitat disponible para el oso andino. De estas, tan solo 823.000 ha (8.230 km²), es decir el 14,23% se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (Kattan *et al.*, 2004). Esto es un indicativo de que las actuales áreas protegidas del Ecuador pueden no resultar suficientes para mantener poblaciones viables del oso andino a largo plazo. Por esta razón ha tomado fuerza la necesidad de manejar de una forma integral a las áreas protegidas y sus zonas intermedias, que es uno de los objetivos que persigue el concepto de la Biorreserva del Cóndor (BRC).

Para poder elaborar un estrategia nacional de conservación del oso andino, es necesario conocer la distribución y el uso del hábitat por parte de esta especie. Es así como entre 2000 y 2001, EcoCiencia implementó el modelamiento del hábitat del oso andino en las cuencas alta y baja del río Oyacachi (Cuesta *et al.*, 2001; Cuesta *et al.*, 2003). En los años siguientes, se desarrollaron otros modelos en varias zonas del Ecuador, estas son: Reserva Ecológica Cayambe Coca, Parque Nacional Sangay (Sánchez *et al.*, 2003a; Sánchez *et al.*, 2003b) y la zona del corredor propuesto entre Podocarpus – Yacuambi – Sabanilla (Remache *et al.*, 2004), al sur del Ecuador replicando los métodos utilizados en Oyacachi.

Los estudios científicos que incluían a las condiciones del hábitat dentro de un área determinada, iniciaron en la década de 1930 con las investigaciones realizadas por

Stoddard en 1931 y Leopold en 1933 con el objetivo de expandir las poblaciones silvestres a través de la manipulación de las condiciones del hábitat (Tankersley, 1996).

Se han desarrollado varias técnicas que han sido utilizadas en trabajos de monitoreo de vida silvestre. Algunos de estos métodos requieren la manipulación directa del animal y suelen ser bastante costosos. Sin embargo, existen técnicas de monitoreo que no requieren de la manipulación de los individuos y que se basan en la búsqueda y registro de señales que nos indiquen la presencia de la especie estudiada en una determinada área (Nams, 1989, Clevenger *et al.*, 1997, Cuesta *et al.*, 2003). Con estos registros se puede cuantificar el uso y la disponibilidad del hábitat del objeto de estudio al ser relacionados con variables ecológicas y físicas del área a través de las herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG). De acuerdo a Clevenger (1993), estas técnicas de estudio tienen algunas ventajas: su bajo costo, ninguna manipulación de los individuos, facilidad de implementación, posibilidad de cubrir grandes distancias y su capacidad de ser replicados en zonas con características físicas similares. Esta es la técnica utilizada en los distintos estudios realizados por EcoCiencia.

Los modelos de hábitat basados en SIG, son herramientas muy útiles para predecir la presencia y uso de hábitat por parte de ciertas especies como el oso andino en áreas extensas (Clark y van Manen, 1992). Así también son muy útiles para la aplicación de los resultados de los modelos ya desarrollados en el momento de tomar decisiones con respecto a temas de conservación y manejo. Otra ventaja del uso de esta herramienta, es que permite que los modelos sean modificados o reevaluados cuando se tienen nuevos datos que pueden aportar para obtener resultados más precisos (Tankersley, 1996). El uso de SIG permite a los investigadores examinar el área de estudio en diferentes formas de acuerdo al interés de cada investigación, siempre y cuando se seleccione aquellas variables que de una manera confiable, puedan cuantificar las condiciones del hábitat a analizar (Tankersley, 1996). En el caso del estudio de especies silvestres a través del SIG, existen algunas ventajas. Una de ellas es que permite integrar con facilidad los datos obtenidos durante el monitoreo de registros indirectos con la información producida en el laboratorio (Cuesta *et al.*, 2003) especialmente de aquellas especies generalistas, cuyos

requerimientos de hábitat son amplios y cuyos hábitos alimenticios no son específicos (Donovan *et al.*, 1987) como es el caso del oso andino, uno de los objetos de conservación de la BRC y objeto de esta investigación.

La BRC se estableció en la región centro – norte del Ecuador, con una extensión de 2'125.707 ha y un rango altitudinal entre los 400 y 5.800 msnm. Se encuentra localizada entre los 0° 39' de latitud Norte y 1° 29' de latitud Sur. Abarca un poco más de un tercio de la cordillera oriental (Cuesta, documento no publicado). Limita al norte con la frontera entre Colombia y Ecuador y al sur con el valle del río Pastaza. Las áreas protegidas que se encuentran dentro de la BRC son: la Reserva Ecológica Cofán Bermejo (RECB), la Reserva Ecológica Cayambe Coca (RECA), la Reserva Ecológica Antisana (REA), el Parque Nacional Sumaco Napo Galeras (PNS), el Parque Nacional Cotopaxi (PNC), el Parque Nacional Llanganates (PNL) y el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa (RVSP).

Debido a la gran superficie que abarca la BRC y la cantidad y extensión de áreas silvestres remanentes, se asume que ésta permite mantener poblaciones viables de mamíferos andinos de gran tamaño como el oso andino (*Tremarctos ornatus*) y el tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*). Sin embargo, dentro de la BRC se están desarrollando proyectos de infraestructura (construcción de carreteras y canalización de agua potable) y procesos de colonización que producen una intensificación del uso del suelo para actividades agrícolas y ganaderas. Estas actividades han provocado la fragmentación y pérdida de grandes superficies de vegetación natural, lo cual acelera los procesos de aislamiento de las áreas naturales protegidas y áreas silvestres remanentes que se encuentran dentro de la zona considerada como parte de la BRC. Esta fragmentación y supresión de hábitats naturales no sólo reduce la superficie disponible para los organismos silvestres poniendo en peligro la supervivencia de poblaciones viables tanto a escala local como regional, sino que provoca la interrupción de procesos ecológicos y la distorsión de ciclos naturales amenazando el equilibrio dinámico y la autorregulación de los sistemas naturales (García, 2001).

Los objetivos de esta investigación fueron: generar un modelo de disponibilidad de hábitat del oso andino en la porción occidental de la BRC que sirva como herramienta para tener la capacidad de plantear acciones y mecanismos de conservación

efectivos a través del diseño e implementación de zonas de conectividad entre las poblaciones de oso andino y proporcionar más herramientas para la implementación de la Estrategia Ecorregional para la Conservación del oso andino en los Andes del Norte.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La BRC se encuentra sobre dos zonas fisiográficas del Ecuador: La Cordillera Oriental y la Zona Sub-andina (Nieto, 1991). La porción oriental de la BRC corresponde al área de las cordilleras amazónicas mientras que la zona Sub-andina es un ramal tectónicamente asociado a los Andes.

De acuerdo a Sierra (1999), la BRC se encuentra en las Regiones Sierra y Amazonía. En la sierra está asociada a las subregiones norte y centro que cubren parte de la cordillera oriental y occidental. En la Amazonía, también está asociada a las regiones norte y centro que cubre las estribaciones de la Cordillera Oriental (piedemonte) y el sector de las cordilleras Amazónicas (Sierra, 1999).

La composición biofísica de la región ha formado una variedad de complejos ecosistemas que generan una gran diversidad de hábitats y nichos ecológicos gracias a los cuales, se produce una alta diversidad beta con altos índices de endemismo. Sin embargo, las especies presentes tienen una distribución restringida y alto grado de especialización por lo que son susceptibles a cambios en su entorno.

Los ecosistemas de montaña presentes en la BRC, están dominados por páramos húmedos de origen glaciario así como por bosques siempreverdes de la Cordillera Real Oriental y la Cordillera Amazónica, cuyas características naturales y topográficas los hacen muy frágiles a alteraciones antrópicas.

El presente modelamiento se lo ejecutó únicamente en la porción occidental de la BRC debido a que por tratarse de la expansión del modelo realizado en Oyacachi, era indispensable que el rango altitudinal de la nueva área de estudio sea similar al rango trabajado en dicha zona, esto es entre los 1.800 y 4.200 msnm. La porción occidental tiene una extensión de 1'051.749,25 ha y se encuentra formando parte de

siete provincias: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua en la Región Sierra así como Sucumbíos y Napo en la Región Oriental. Como se indicó anteriormente, dentro de la BRC existen siete áreas protegidas, sin embargo, formando parte del área de estudio únicamente constan cinco de ellas: RECA, REA, PNC, PNL y RVSP (figura 1).

De acuerdo a la caracterización vegetal de la BRC (Mogollón *et al.*, 2003), en el área de estudio existen once tipos de formaciones vegetales, siendo estos: Bosque siempreverde montano alto, bosque siempre verde montano bajo, bosque de neblina montano de los Andes orientales, superpáramo, superpáramo azonal, páramo de frailejones, páramo herbáceo, páramo de almohadillas, páramo anegado, surales y los eriales. Así también, se observan asociaciones entre los diferentes tipos de páramo nombrados. En el área de estudio también existen zonas que no son consideradas como formaciones vegetales, tal es el caso de las zonas intervenidas como cultivos, pastizales, bosques plantados y asociaciones entre ellos (figura 2). Para el análisis de las formaciones vegetales, todos los tipos de páramo nombrados anteriormente fueron unificados en una sola formación a la que se la llamó páramo húmedo. En la tabla 1 se muestra la extensión de cada uno de los tipos de hábitat y su proporción dentro del área de estudio.

3. MÉTODOS

3.1. Procesos iniciales

En base a las experiencias obtenidas en los distintos estudios de disponibilidad de hábitat del oso andino, surgió la idea de expandir el modelo realizado en Oyacachi hacia toda la porción occidental de la BRC para generar información que nos permita establecer las zonas de mayor importancia para la conservación basados en la disponibilidad de hábitat del oso andino.

Antes de iniciar con este estudio, se tuvo que analizar la factibilidad de poder desarrollarlo a una menor escala así como las posibilidades logísticas del trabajo de campo. Para esto se realizaron algunas actividades:

1. El modelo obtenido en Oyacachi a escala 1:50.000, fue corrido a una escala menor, 1:250.000 utilizando las mismas variables con las cuales se corrió el modelo inicial. Esto sirvió para determinar si la metodología usada podía servir para un área de estudio más extensa y a una escala menor. Los resultados indicaron que si podía trabajarse a 1:250.000 y por lo tanto si se podía expandir el modelo, el mismo que constituye uno de los primeros esfuerzos por expandir las evaluaciones de la disponibilidad del hábitat del oso andino de un nivel local a un nivel regional.
2. Al ser Oyacachi parte de la nueva área de estudio, los datos generados en ese modelo debían servir también como insumo dentro de esta investigación. Se definió cual es el porcentaje del área de estudio que estaba ya cubierta con el modelo de Oyacachi y se verificó que formaciones vegetales eran comunes y no comunes a las presentes en la porción occidental de la BRC. De esta manera se pudo identificar cuales eran las formaciones vegetales (comunes y no comunes) que debían ser muestreadas en este estudio y en que proporción, para tener un muestreo estratificado de acuerdo a la extensión de cada una en el área de estudio. Esto nos sirvió para analizar la probabilidad logística de realizar el trabajo de campo.
3. En Oyacachi se realizaron 51 transectos (Cuesta *et al.*, 2003). Sin embargo, para poder mantener el muestreo estratificado de acuerdo a la superficie de cada formación vegetal, se tomaron únicamente 37 para el presente modelo. Los 14 transectos que no se tomaron en cuenta fueron escogidos al azar. En el referido estudio, cada transecto fue recorrido 12 veces, por lo que para este modelo cada recorrido fue tomado en cuenta como un transecto distinto.

3.2. Definición de criterios de trabajo

Hay algunos aspectos que son necesarios definir antes de cualquier proceso: la escala de trabajo, los parámetros cartográficos bajo los cuales se va a trabajar, tipo de formato de la información y determinación del software más adecuado para procesar la información.

La definición de escala de trabajo se basa en la información disponible y principalmente en el detalle que se quieren alcanzar. En este caso, al no disponer de la información de la vegetación a una escala mayor a 1:250.000, se definió ésta como la escala para el estudio.

Los parámetros de trabajo que utilizamos debido a la ubicación geográfica del área de estudio, fueron: Sistema de Proyección: Universal Transversa de Mercator, Zona: 17 Sur, Datum: Provisional para Sudamérica (Ecuador) 1956, Elipsoide: Internacional 1909/Hayford 1910.

El formato bajo el cual se definió el trabajo correspondió al tipo raster debido a que los procesos de análisis que se necesitan para este tipo de modelos requiere información a nivel local, es decir, se necesita tener el valor digital de todas y cada una de las celdas que intervienen en el área de interés. El tamaño de celda que se ocupó en este caso fue de 50 m. El software utilizado para el análisis fue el TNT Mips v.6.5 (MicoImages, Inc. Lincoln, Nebraska, USA).

3.3. Selección y creación de variables

La clave para desarrollar un buen modelo de hábitat usando SIG, radica en la correcta identificación, medida y clasificación de las variables (Morrison *et al.*, 1992) para que éstas puedan ser medidas en otras áreas de estudio y en el caso de ser necesario, poder revelar los patrones de las condiciones de las especies silvestres a escala regional e incluso continental (Tankersley, 1996).

Inicialmente se escogieron ocho variables, que fueron seleccionadas a partir de las experiencias de investigaciones anteriores realizadas en el Ecuador, la revisión de literatura existente sobre úrsidos, observaciones de campo y los comentarios recibidos por parte de especialistas durante un taller realizado en Quito en el mes de Septiembre del 2004. Una vez definidas las variables, se creó el formato raster para cada una. Para esto, la información cartográfica digital en formato vector, fue transformada para cada variable a formato raster.

Para observar como se comportaba el modelo en relación a la influencia de las distintas variables escogidas, antes de obtener los resultados definitivos, se realizó algunas pruebas preliminares que permitieron ratificar o extraer variables. De esta forma, para realizar el modelamiento final, se trabajó con seis variables divididas en tres grupos: las biofísicas (altitud, pendiente, índice de forma del terreno y tipo de vegetación), las ecológicas (distancia a ríos) y las variables antropogénicas (densidad de vías) (tabla 2).

Variabes biofísicas: Las variables biofísicas resultan importantes pues son las que determinan la disponibilidad de los recursos para ser utilizados. En el caso de la altitud, es el parámetro principal para generar el modelo espacial de forma del terreno. En cuanto al uso de cada tipo de vegetación por parte de los osos, depende de la cantidad de recursos que cada tipo de formación pueda ofrecer. La pendiente es la primera derivada de la altitud y muestra la tasa de cambio de la altitud en el espacio y constituye un importante parámetro físico dentro de las características de un paisaje. Es una de las medidas topográficas más comúnmente calculadas dentro de análisis ambientales que afecta fuertemente a los niveles de humedad dentro de una determinada zona. El índice de forma del terreno (TSI) es una variable topográfica que cuantifica la forma de la superficie del terreno a partir del mapa digital del terreno (DTM), analizando la media del porcentaje del gradiente de la pendiente desde el centro hasta el límite del área que se esté analizando.

Variabes ecológicas: La variable distancia a ríos, es importante analizar pues se conoce que otros úrsidos como el oso negro, prefiere zonas cercanas a cuerpos de agua (Clevenger *et al.*, 2001, Clark *et al.*, 1993).

Variabes antropogénicas: Este tipo de variables nos indican cuales son las áreas que se encuentran más alteradas por la presencia humana, las mismas que generalmente son las menos usadas por los osos. A través del modelamiento se pueden identificar las áreas que podrían verse afectadas a futuro debido al crecimiento de la población humana y por ende las presiones sobre las áreas naturales (Tankersley, 1996).

3.4. Disposición de transectos y toma de datos

La toma de datos de campo en toda el área de estudio se la realizó a través de la disposición de transectos de observación y búsqueda de señales. Los transectos fueron ubicados en todos los distintos tipos de hábitat de manera proporcional a la extensión que cubría cada uno dentro del área de estudio, de acuerdo a lo señalado por Kendall *et al.* (1992). Cada transecto tuvo una extensión de 1,5 km de longitud, un área de búsqueda de dos metros a cada lado del transecto y dos kilómetros de separación como mínimo entre cada uno. Su ubicación y dirección dentro de cada tipo de formación vegetal se la hizo en forma randómica y cada uno fue recorrido por una sola vez. El número de transectos necesarios se estimó con la idea de alcanzar una densidad de 0,4 registros por cada línea de muestreo, lo cual corresponde a la información mínima necesaria para obtener resultados estadísticamente confiables (Cuesta *et al.*, 2003).

Los tipos de señales que se buscaron en los recorridos por los transectos son las huellas, excretas, pelos, comederos, dormideros, marcas en árboles, senderos y observaciones directas de los individuos. Todos estos registros fueron considerados como indirectos de acuerdo a lo descrito por Cuesta *et al.* (2001). El trabajo de campo para la toma de registros se la realizó entre marzo y diciembre del 2004.

En el momento de obtener alguno de los tipos de registros buscados, se tomaron los datos necesarios para el análisis posterior. Estos datos son: coordenadas geográficas del punto del registro, tipo de registro, tipo de formación vegetal, altura y pendiente. Adicionalmente, dentro de los transectos, se tomaron puntos de referencia cada 250 m. Todos estos datos se anotaron en hojas de campo diseñados para este efecto y posteriormente fueron ingresados en una base de datos.

3.5. Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

3.5.1. Modelo Cartográfico

El modelo cartográfico fue utilizado como una herramienta mediante la cual ordenamos en forma lógica una serie de actividades y procesos que utilizan información cartográfica para realizar análisis espaciales y obtener en este caso, áreas que en mayor o en menor grado, presenten características apropiadas para que el oso andino pueda estar presente. Esta actividad consta a su vez de cuatro fases; la primera que fue la definición de criterios de trabajo; la segunda fue la selección del grupo de variables a modelar; la tercera fase fue el análisis de la relación entre las diferentes variables que se tomaron en cuenta para este modelamiento con los datos provenientes de campo integrados en el SIG, utilizando un método estadístico multivariado; y la cuarta fase fue la interpretación de resultados mediante el rangueo de los valores de distancia obtenidos en la fase anterior (figura 3).

3.5.2. Análisis estadístico multivariado

Las técnicas de estadística multivariada permiten analizar las condiciones de un hábitat determinado pues tienen la capacidad de mostrar las correlaciones existentes entre las variables analizadas dentro del hábitat (Tankersley, 1996).

Una vez creadas las coberturas espaciales (variables), integramos la información proveniente de la red de monitoreo de registros indirectos, para finalmente realizar el análisis de la disponibilidad del hábitat. Es importante mencionar que al momento de escoger las variables, no se puede saber exactamente si durante el análisis estas generarán un valor bajo de d^2 y por lo tanto un hábitat similar al ideal (Clark *et al.*, 1993). Al igual que en el estudio realizado en Oyacachi (Cuesta *et al.*, 2003), la estadística multivariada escogida fue la Distancia de Mahalanobis (d^2). La Distancia de Mahalanobis es una medida de disimilaridad, expresada como distancia, que sirve para valorar los píxeles donde no se encontraron registros de uso del hábitat por parte del oso, los cuales son asignados con un valor basado en los atributos de cada píxel y comparados con los atributos de aquellos píxeles que si registran uso de

hábitat, es decir que presentan las condiciones ideales para el uso del hábitat (Cuesta *et al.*, 2001).

Un modelamiento de hábitat consiste en un análisis multivariado, basado en el cálculo de la Distancia de Mahalanobis. (Clark *et al.*, 1993; Boitani *et al.*, 1999; van Manen *et al.*, 2002), que considera al modelo como sensible a los patrones de variación de las variables que describen el hábitat de la especie. La fórmula para la distancia de Mahalanobis se define como:

$$d^2 = (x - \hat{u})' \Sigma^{-1} (x - \hat{u})$$

donde x es el vector de características del hábitat en un punto cualquiera; \hat{u} es el vector promedio de las características estimadas del hábitat en los puntos de muestreo donde se encontraron registros de osos; y Σ^{-1} es la inversa de la matriz de varianza - covarianza calculada para los puntos de muestreo. La d^2 (Distancia de Mahalanobis) es una medida de disimilaridad que permite valorar aquellos píxeles donde no se encontraron registros de osos, otorgándoles un valor basado en los atributos de cada píxel comparado con los valores de un conjunto de píxeles "ideal" representado por \hat{u} (Clark *et al.*, 1993). El conjunto de valores de las características de un hábitat está determinado por los valores de las variables en un punto (píxel) cualquiera del área de estudio. El conjunto "ideal" de píxeles corresponde a los valores medios de las variables que conforman el hábitat, en los puntos con presencia de registros indirectos.

La interpretación de resultados se basa en la cercanía o lejanía de las condiciones "ideales" del hábitat de oso. De esta manera, a medida que d^2 tiene un menor valor, indica que sus condiciones se asemejan a las condiciones de aquellos valores que corresponden a las "ideales" de hábitat; de igual modo, mientras más altos sean los valores de d^2 , indican un alejamiento de las condiciones "ideales".

3.5.3. Rangueo e interpretación de resultados

Una vez obtenido el valor de d^2 para cada píxel, agrupamos los datos en cuatro rangos para poder definir las diferentes zonas dentro del área de estudio de acuerdo

a la probabilidad de presentar o no el hábitat ideal para el oso andino. Estos cuatro rangos los definimos realizando una curva de frecuencia acumulada utilizando los valores de d^2 (figura 4). La interpretación final de los resultados del modelamiento se da sobre la base de las cuatro zonas definidas que se explican continuación:

Zona I: Es aquella zona que presenta las características más cercanas al hábitat ideal del oso de anteojos.

Zona II: Es la zona que presenta las características medias con respecto al hábitat ideal y que podrían servir como áreas de conexión entre las zonas núcleo.

Zona III: Es la zona que presenta valores menores con respecto al hábitat ideal pero que constituyen el enlace entre las dos zonas nombradas anteriormente y además les brinda protección.

Zona IV: Los valores de d^2 en esta zona son muy lejanos con respecto al hábitat ideal.

4. RESULTADOS

4.1. Monitoreo de registros indirectos

Para generar el modelo se tomó en cuenta un total de 498 transectos que fueron distribuidos de manera proporcional a la superficie de cada formación vegetal encontrada en el área de estudio (tabla 4). La formación vegetal más extensa fue el páramo húmedo y representa el 42,92% del área total y es en donde se realizó la mayor cantidad de transectos (234 en total). La segunda formación vegetal más representativa fue el bosque siempreverde montano alto que abarca el 24,95% del área de estudio en donde se realizaron 140 transectos (ver tabla 4).

Dentro de estos 498 transectos realizados, se obtuvo 258 registros. El tipo de registros obtenidos se indica en la tabla 5.

4.2. Distribución de los registros

Los 258 registros obtenidos durante la fase del estudio de campo, están distribuidos en todas las formaciones donde se realizaron transectos exceptuando el superpáramo, el superpáramo azonal y las zonas intervenidas (tabla 6).

En su gran mayoría, los registros fueron obtenidos en tres tipos de formaciones vegetales. La primera corresponde al páramo húmedo con 130 registros que corresponden al 50,38% del total. La segunda formación vegetal que más aportó fue el bosque de neblina montano con 61 registros que equivalen al 23,64% del total y el tercero es el bosque siempre verde montano alto con 57 registros que corresponden al 22,09% del total analizado (ver tabla 6).

El número de registros obtenidos en cada formación vegetal, presenta diferencias altamente significativas en relación a la superficie que cada una de ellas tiene dentro del área de estudio ($X^2 = 32,58$, $p = 0.02$).

4.3. Disponibilidad de hábitat para el oso andino

Los valores de d^2 obtenidos para los 258 registros analizados se distribuyen dentro de un rango que va entre 1,124 y 1.422,938 ($1,124 \leq d^2 \leq 1.422,938$), ($\bar{x} = 30,798$; $SD = 161,446$). A partir del análisis de las frecuencias acumuladas de los valores de d^2 se obtuvo los rangos que definen las cuatro áreas generadas por el modelamiento. Es importante mencionar que además existe un área no modelada que corresponde a las formaciones vegetales donde no se obtuvo registros.

A continuación se explica en detalle las características de cada una de las zonas generadas:

Zona I: Las zona I se extiende sobre un total de 249.601,25 ha que representan el 24% del área modelada (tabla 7). Esta zona se encuentra hacia la parte occidental del área de estudio, constituyendo una franja uniforme que en el norte (área de páramos de frailejones en la provincia del Carchi) no es tan ancha. Sin embargo

hacia le sur se ensancha, específicamente dentro de las áreas protegidas REA, PNC, PNL y las áreas que las conectan (figura 5).

De acuerdo a la curva de frecuencia acumulada, para esta zona los valores de d^2 van de 1,124 a 1,688 ($1,124 \leq d^2 \leq 1,688$; $SD= 0,145$, $\bar{x} = 1,48$). Dentro de esta zona se encuentran cuatro formaciones vegetales, de estas, la que mayor superficie ocupa es el páramo húmedo con 245.239,75 ha que representan el 98,25% de la superficie total de esta zona. La siguiente formación vegetal más extensa es el bosque siempre verde montano alto con un total de 4.338,25 ha que corresponden al 1,73% de la superficie total de la zona I. Las otras dos formaciones vegetales son los eriales y el bosque de neblina montano que en conjunto representan menos del 1% del total de esta zona (tabla 8).

Dentro de esta zona se encuentran 72 valores de d^2 . En el caso de la altitud, el 62,50% de los datos se encuentran dentro de una rango que va desde los 3.800 y 4.000 msnm que corresponde justamente a las zonas de páramo. El resto de los datos (37,50%) se encuentran por debajo de los 3.800 msnm, siendo el menor valor los 3.400 msnm. En el caso de la pendiente, el 48,60% de los datos se registraron con valores de pendiente de 0° , mientras que en el restante 51,40% se encuentran valores desde 12,98 a $42,35^\circ$ de pendiente. En el caso de la distancia a ríos, la mayoría de los datos (52,77%) se encontraron a una distancia entre 500 y 1.000 m de distancia. La distribución de las variables de la zona I se encuentran resumidas en la tabla 10.

Zona II: Las zona II abarca 381.428,25 ha que representa el 36,69% del área modelada. Su rango de d^2 va de 1,688 a 4,430 ($1,688 < d^2 \leq 4,430$; $SD= 0,813$, $\bar{x} = 2,486$). Esta zona se distribuye en su mayoría intercalada con la superficie abarcada por la zona I. Se extiende dentro de todas las áreas protegidas que forman parte del área de estudio y una extensión importante en el área que conecta a la REA, PNL y PNC. Se puede observar su presencia también en la zona norte del área de estudio rodeando a las áreas de páramo de frailejones en la provincia del Carchi (figura 5).

En esta zona se encuentran seis formaciones vegetales, de las cuales el páramo húmedo nuevamente es la formación vegetal más extensa, con un total de 274.550 ha que representan el 71,97%. El bosque siempreverde montano alto es la segunda formación vegetal más extensa, cubriendo 101.200,25 ha que corresponden al 26,53% de la superficie total de la zona II. El bosque de neblina montano es mucho más extenso que en la zona I, pues abarca 5.270,25 ha que representan el 1,38%. El resto de formaciones vegetales, bosque siempre verde montano bajo (296,25 ha), eriales (108,75 ha) y surales (2,75 ha), en conjunto aportan únicamente con menos del 1% del total de la zona II (tabla 8).

Dentro de esta zona se encuentran 85 valores de d^2 . En el caso de la altitud, el 67,07% de los datos se encuentran por sobre los 3.800 msnm, siendo los 4.000 msnm la mayor altitud dentro de esta zona. El resto de los datos (35,29%) se encuentran por debajo de los 3.800 msnm, siendo el menor valor los 3.120 msnm. En el caso de la pendiente, el 57,64% de los datos se registraron con valores de pendiente de 0° , mientras que en el restante 42,35% se encuentran valores desde $14,9$ a $42,35^\circ$ de pendiente. En cuanto a la distancia a ríos, el 40% se encuentran entre los 1.000 y 1.780 msnm. La distribución de las variables de la zona II se encuentran resumidas en la tabla 10.

Zona III: Las zona III se distribuye dentro de un total de 396.983,55 ha que representa el 38,18% del área modelada, que la convierte en la zona que cubre la mayor extensión dentro del área de estudio. Esta zona se distribuye hacia la parte oriental del área de estudio, incluyendo zonas dentro de las áreas protegidas. También se puede observar áreas pequeñas correspondientes a esta zona en el límite occidental del área de estudio y dentro del PNC inmersa entre las áreas que pertenecen a las dos primeras zonas (figura 5).

Su rango de d^2 va de 4,430 a 17,151 ($4,430 < d^2 \leq 17,151$; $SD= 2,775$, $\bar{x} = 6,998$). En esta zona se encuentran representadas seis formaciones vegetales. En este caso, el bosque de neblina montano es la formación vegetal más representativa, con 195.676,25 ha que representan el 49,29% de la superficie total de esta zona. Le sigue el bosque siempreverde montano alto con una extensión de 184.065,5 ha que corresponden al 46,36%. En esta zona, el páramo húmedo apenas se extiende sobre

16.805,5 ha (4,23%) y las otras formaciones vegetales, bosque siempreverde montano bajo, surales y eriales no superan las 500 ha en conjunto (tabla 9).

Dentro de esta zona se encuentran 87 valores de d^2 . En el caso de la altitud, el 78,16% de los datos se encuentran dentro de un rango que va desde los 2.127 y 3.300 msnm que corresponde al rango de distribución del bosque de neblina montano (2.000 a 2.900 msnm) y del bosque siempreverde montano alto (2.900 a 3.600 msnm) que son las dos formaciones vegetales más extensas dentro de esta zona. El resto de los datos (21,83%) se encuentran entre los 3.400 y 4.000 msnm. En el caso de la pendiente, únicamente el 14,79% de los datos se registraron con valores de pendiente de 0° . La mayoría de datos (42,63%) se distribuyen dentro de una pendiente que va desde los $20,89^\circ$ hasta los $36,58^\circ$. El valor de la pendiente para el restante 18,27% supera los 37° , llegando hasta los $56,65^\circ$ de pendiente, como valor más alto. Con respecto a la distancia a ríos, la mayoría de los datos (60,91%) se encuentran por debajo de los 500 m. La distribución de las variables de la zona III se encuentran resumidas en la tabla 11.

Zona IV: La zona IV cubre un total de 11.571,75 ha que representa el 1,11% del área modelada. La distribución de esta zona dentro del área de estudio es muy dispersa y se encuentra principalmente en lugares que están fuera de las áreas protegidas, las mismas que de acuerdo al mapa de formaciones vegetales, corresponden a zonas intervenidas (figura 5).

Los valores de d^2 son mayores a 17,151 ($d^2 > 17,151$; $SD = 436,547$, $\bar{x} = 402,880$). En esta zona también existen seis formaciones vegetales, de las cuales la más extensa es el bosque siempreverde montano bajo con 3.069,75 ha que corresponden al 26,52% del área total que abarca esta zona. La segunda formación vegetal más representativa para esta zona constituyen los eriales que cubren 2.518 ha, el valor más alto de esta formación vegetal en todas las zonas y que representan el 21,75%. El bosque de neblina montano con 2.405,11 ha que corresponde al 21,69% es la tercera formación vegetal más extensa para esta zona. En este caso, el páramo húmedo registra la extensión más pequeña dentro de las cuatro zonas, pues abarca únicamente 1.230 ha (10,62%) (tabla 9).

Dentro de esta zona se encuentran 14 valores de d^2 . En el caso de la altitud, el 50% de los datos se encuentran por debajo de los 2.200 msnm que corresponde a la distribución del bosque siempreverde montano bajo, la formación vegetal más representativa de esta zona. El restante 50% se distribuye por sobre los 3.000 msnm. No existen datos dentro de esta zona entre los 2.200 y 3.000 msnm. En el caso de la pendiente, el 71,24% de los datos se registraron con valores de pendiente entre 0° y 27° , mientras que en el restante 28,57% se encuentran valores entre 36° y 66° de pendiente. Con respecto a la distancia a ríos, el 71,42% de los datos se encuentran a una distancia menor a 500 m. La distribución de las variables de la zona IV se encuentran resumidas en la tabla 11.

De acuerdo al modelo obtenido, todas las áreas protegidas que se encuentran dentro del área de estudio presentan amplias extensiones de áreas de mayor probabilidad de presencia de oso andino, especialmente hacia la parte occidental de las mismas. Hacia el oriente, la zona con mayor extensión es la III, inclusive dentro de las áreas protegidas. Con respecto a las zonas fuera de las áreas protegidas, estas presentan especialmente al norte de la RECA Y una extensa área correspondiente a la zona III. Sin embargo, la zona que se extiende entre la REA y el PNL, presenta amplias áreas de mayor probabilidad de presencia de oso andino (zona I), lo que le da una característica importante para poder ser considerada como un corredor entre las dos áreas protegidas.

5. DISCUSIÓN

5.1. Pruebas iniciales del modelamiento

Inicialmente, dentro de las variables antropogénicas estaba incluida la densidad de centros poblados. Sin embargo, esta variable fue excluida debido a que dentro del área de estudio son muy pocos los poblados y estos se encuentran justamente cercanos a las vías existentes. Se observó que los resultados obtenidos por la influencia de la densidad de poblados fue similar a los obtenidos por la influencia de la variable densidad de vías y por lo tanto usar las dos era innecesario. En el caso de la variable densidad de vías, esta es usada debido a que la presencia y el uso de las vías por parte de los humanos, puede afectar la estructura social y el

comportamiento de los osos al reducir la capacidad de buscar recursos en áreas de forrajeo adyacentes y pueden crear barreras físicas para sus movimientos (McLellan, 1990). Se conoce también que el uso de zonas con baja densidad de vías se puede observar a un nivel poblacional y no necesariamente a nivel de cada individuo. Esto sugiere que los osos establecen su área de vida en zonas con baja densidad de vías aunque también pueden buscar sus recursos y usar el hábitat en dichas zonas.

Otra variable que inicialmente estuvo tomada en cuenta y que no fue considerada en el modelo final es la riqueza de vegetación. Se tomó la decisión de no usar esta variable pues al correr el modelo con ésta, su influencia generó que muchas áreas dentro de la zona I y zona II queden entrecortadas y aisladas entre sí. Sin embargo, al observar el mapa de vegetación, se verificó que en esos espacios la formación vegetal presente era la misma (páramo húmedo principalmente) y por lo tanto no era lógico que se den los cortes mencionados. Esto se puede deber a que, como se indicó en los métodos, los distintos tipos de páramo existentes dentro del área de estudio fueron unificados en páramo húmedo, con lo que se eliminó la posibilidad de que rodeando al píxel analizado se encuentren varios tipos de formación vegetal y por tanto obtener una mayor riqueza de vegetación. Además, la unidad de análisis utilizada para esta variable tuvo forma cuadrangular, sin embargo en la naturaleza las formaciones vegetales no presentan formas definidas como las usadas en el análisis.

5.2. Uso del hábitat y distribución de los registros

La obtención de 258 registros, demuestra que el oso andino efectivamente está usando las diferentes formaciones vegetales que se encuentran dentro del área de estudio, por lo menos durante la época en la cual se realizaron los diferentes recorridos.

Si analizamos la superficie de cada formación vegetal con respecto al número de registros encontrados en cada una de ellas, tenemos que el número de registros encontrados no es proporcional al área que cubre cada formación vegetal dentro del área de estudio, pues de acuerdo al análisis efectuado (ji cuadrado), existen diferencias altamente significativas entre los registros obtenidos y los registros

esperados de acuerdo a la proporción de cada formación vegetal ($X^2 = 30,54$; $p < 0,005$). Esto nos indica que existen formaciones vegetales que el oso andino parece seleccionar en mayor medida que otras por lo menos durante la época que se efectuó el trabajo de campo.

De acuerdo a los resultados obtenidos y el análisis de los registros obtenidos con respecto a los esperados, se ve que existe una clara preferencia por el páramo húmedo y por el bosque de neblina montano, lo que es similar a lo encontrado en el modelo generado en Oyacachi (Cuesta *et al.*, 2003).

Los datos obtenidos en cuanto al tipo de formaciones vegetales más usadas por parte del oso andino reflejan únicamente a la época en la cual se realizó el trabajo de campo, considerando que cada transecto fue recorrido una sola vez. Sin embargo, para determinar la disponibilidad y productividad de los recursos alimenticios en cada formación vegetal, se necesita cubrir las diferentes épocas del año dentro del muestreo para poder determinar las variaciones en cuanto al uso de hábitat relacionados a las estaciones climáticas. Esto implicaría métodos distintos a los usados para establecer la red de monitoreo.

5.3. Influencia de las variables utilizadas

Las variables que más influyeron en el modelo son aquellas que presentan el coeficiente de variación más bajo y de acuerdo al análisis realizado y en este orden son: altitud (CV= 16,90), distancia a ríos (CV= 63,32) y pendiente (CV= 95,12). Esto, sin dejar de lado la influencia que ejerce la variable de formaciones vegetales presentes pues son las que proveen de refugio y alimento para la especie, determinando de esta forma el uso del hábitat (Remache *et al.*, 2005) o restringiendo la disponibilidad y acceso hacia los recursos por parte de los osos.

En el caso de la altitud, se observa una preferencia de uso del hábitat por sobre los 3.000 msnm, pues de los 258 datos, el 75,19% de los mismos se encuentran por sobre los 3.000 msnm. El restante 24,81% se encuentra por debajo de los 3.000 msnm. Es por esto que tanto en la zona I y II, las de mayor probabilidad de

presencia del oso andino, el páramo húmedo fue la formación vegetal más representativa.

En el caso de la pendiente, de acuerdo a Cuesta *et al.* (2003), el oso andino prefiere los hábitats con pendientes de entre 20° y 30°. Durante este estudio, de los 258 registros, 102 (39,53%) se registraron en una pendiente de 0°, 140 (54,26%) en una pendiente entre 11,36° y 39,69%, mientras que el restante 6,20% se encuentran en pendientes superiores a los 40°. Se puede afirmar que en la actual área de estudio la preferencia del hábitat en relación a la pendiente está entre los 10° y 40°, aunque estos datos deberían ser corroborados con estudios más puntuales y a escalas menores.

En el caso de la variable distancia a ríos ($\bar{x} = 603,292$; $SD = 465,620$), 118 registros (45,73%) se encuentran a una distancia menor a los 500 m. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que dentro del área de estudio la presencia de cuerpos de agua es abundante por lo que el acceso a este recurso no debería significar ningún problema para el oso andino.

Generalmente las variables antropogénicas ejercen una fuerte influencia en este tipo de modelamientos. Sin embargo, en este caso la densidad de vías resultó ser una de las variables menos influyentes ($CV = 151,92$). Seguramente esto se debe a que dentro del área de estudio no existe un marcado desarrollo vial lo que ha influenciado en la conservación de muchas áreas naturales dentro de la zona de estudio.

5.4. Posibles usos de la información generada

Basándose en los resultados obtenidos, se puede afirmar que el oso andino está presente en prácticamente todo el área de estudio, tanto dentro de las áreas protegidas por el estado como fuera de ellas. Una de las aplicaciones, es usar esta información para establecer zonas de conectividad entre las áreas protegidas. Las zonas donde podrían diseñarse las áreas de conectividad referidas, corresponden a las que dentro de estos resultados forman parte de las zonas I y II (zonas núcleo y de conectividad respectivamente). Con el correcto manejo de las zonas de conectividad se estaría promoviendo la conservación de una gran cantidad de hábitat

de importancia para el oso andino para que a futuro sus poblaciones no se vean obligadas a restringirse a las actuales áreas protegidas.

Al observar el mapa final del modelamiento, encontramos que en las zonas que conectan a las áreas protegidas, se distribuye una amplia superficie de áreas de mayor probabilidad de presencia del oso andino (zonas I y II). Esto evidencia que el oso andino no se restringe únicamente a las áreas protegidas y por lo tanto da mayores argumentos al concepto sobre la función de la BRC.

Esto se evidencia de mejor manera en la zona que se extiende entre la REA y el PNL. Aquí podemos observar un área extensa y uniforme que corresponde a la zona I. Hacia el oriente también se puede apreciar áreas que corresponden a las zonas II y III. En el caso del área de conectividad entre la REA y el PNC, existe una amplia superficie cubierta por las zonas I y II. Sin embargo, también se puede observar áreas que pertenecen a zonas de menor probabilidad de presencia de oso andino, principalmente dentro del PNC.

Estos dos ejemplos refuerzan y proveen de mejores explicaciones sobre la importancia y necesidad de generar corredores biológicos o de conectividad entre las áreas protegidas que se encuentran dentro de la BRC.

La pérdida de hábitat es la principal causa para que muchas especies se encuentren amenazadas por lo que, definir las áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad es fundamental en áreas donde se da una acelerada destrucción y degradación de hábitats naturales que causan la fragmentación y aislamiento de poblaciones silvestres (Peralvo *et al.*, 2005). Por esta razón, estudios como el presente, cobran importancia pues permiten identificar la disponibilidad del hábitat, en este caso del oso andino, para definir estas áreas y delinear unidades de conservación para reducir los efectos de la fragmentación a mediano y largo plazo.

Estas áreas deben ser zonas con vegetación relativamente no disturbada así como zonas que presenten los requerimientos necesarios para especies con áreas de vida grandes. De acuerdo al modelo generado, estas áreas corresponden principalmente a las zonas donde se extiende el páramo húmedo, por ser la formación vegetal que

abarca mayor superficie en las zonas I y II y que se distribuye justamente en las zonas en las cuales podrían generarse los corredores biológicos nombrados anteriormente. Sin embargo, tanto el bosque de neblina montano y el bosque siempreverde montano alto, que se ubican hacia el oriente del área de estudio también se mantienen en buen estado y podrían considerarse como áreas prioritarias de conservación.

En los últimos años, ha sido más notorio el conflicto que se puede generar en las zonas donde habita el oso andino y existen asentamientos humanos. El conflicto se genera principalmente debido al ataque por parte del oso hacia el ganado vacuno y ovino de los pobladores. Estos ataques, además de causar molestias a los pobladores, producen pérdidas económicas bastante importantes, tal como lo reporta Flores *et al.* (2005) en su estudio realizado en la comunidad de Oyacachi. Con los datos obtenidos en este modelo se puede conocer cuales son las zonas del área de estudio en las cuales existe una mayor probabilidad de que se de este tipo de conflictos. Sin embargo, para poder generar opiniones que reduzcan la probabilidad de conflictos se necesitaría realizar otro tipo de investigaciones dirigidas a conocer cuales son los lugares en donde existe un mayor pastoreo por parte del ganado, entre otros.

5.5. Necesidad de otros estudios

De acuerdo a los resultados obtenidos en este modelo, creemos que es importante ampliar la zona modelada hacia el oriente de la BRC. Se debería profundizar en cuanto a la disponibilidad de hábitat en zonas más bajas y cubiertas por bosque de neblina montano y bosque siempreverde montano alto.

La distribución potencial de las especies vegetales que le sirven de alimento al oso andino no son bien conocidas. En ese sentido, es importante diseñar estudios que sirvan como complemento a los modelos de disponibilidad de hábitat y poder ubicar con mayor precisión y con más herramientas aquellas zonas prioritarias de conservación, tanto desde el punto de disponibilidad de hábitat como el de la distribución de su alimento.

6. LITERATURA CITADA

- Boitani, L.P., P. Ciucci, F. Corsi, and E. Dupré. 1999. Potential range and corridors for brown bears in the Eastern Alps, Italy. *Ursus* 11:123–130.
- Clark, J.D., and F.T. van Manen. 1992. Geographic information systems and black bear habitat analyses. Eastern Workshop on Black Bear Research and Management 11:137–153.
- Clark, J., J. Dunn and K. Smith. 1933. A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. *Journal Wildlife Management* 57, 5:519–526.
- Clevenger, A. P. 1993. Sign surveys as an important tool in carnivore conservation research and management programs. Seminar on the Management of Small Populations of Threatened Mammals. Sofía, Bulgaria. Comunidad Europea, Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats.
- Clevenger, A. P., J. Purroy and M.A. Campos. 1997. Habitat assessment of a relict brown bear (*Ursus arctos*) population in northern Spain. *Biological Conservation* 80:17–22.
- Clevenger, A. P., J. Wierzchowski, B. Chruszc and K. Gunson. 2001. GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages. *Conservation Biology* (16) 2: 503-514.
- Cuesta, F., M. Peralvo y D. Sánchez. 2001. Métodos para investigar la disponibilidad del hábitat del oso andino: el caso de la cuenca del río Oyacachi, Ecuador. Serie Biorreserva del Cóndor no. 1. EcoCiencia y Proyecto Biorreserva del Cóndor. Quito.
- Cuesta, F., M. F. Peralvo y F. Van Manen. 2003. Andean bear habitat use in the Oyacachi River Basin, Ecuador. *Ursus* 14(2): 198-209.
- Cuesta, F.. La BRC: ¿Un Paisaje funcional?. Documento no publicado EcoCiencia. Quito.
- Donovan, M., D. Rabe y C. Olson. 1987. Use of geographic information systems to develop habitat suitability models. *Wildlife Society Bulletin* 15:574-579.
- Flores, S., M. Bustamante, G. Remache, I. Goldstein y J. Camacho. 2005. El conflicto oso andino – ganado: aplicación del modelo conceptual para la conservación de especies paisaje al caso de Oyacachi, Reserva Ecológica Cayambe Coca. EcoCiencia y Wildlife Conservation Society. Quito.

- García, S. 2001. Conectividad en sistemas regionales de áreas protegidas. En: García, M (Ed.). 2003. Conectividad Ambiental: Las Áreas Protegidas en la Cuenca Mediterránea.
- Kattan, G., O. Hernandez, I. Goldstein, V. Rojas, O. Murillo, C. Gómez, H. Restrepo y F. Cuesta. 2004. Range Fragmentation in the spectacled bear *Tremarctos ornatus* in the northern Andes. *Oryx* 38(2): 155-163.
- Kendall, K.C., L.H. Metzgar, D.A. Patterson, and B.M. Steele. 1992. Power of sign surveys to monitor population trends. *Ecological Applications* 2:422-430.
- McLellan, B.N., 1990. Relationships between human industrial activity and grizzly bears. *Int. Conf. Bear Res. and Mgmt.* 8:57-64.
- Mogollón, H., J. Guevara y G. Remache. 2003. Caracterización Vegetal de la Biorreserva del Cóndor (Informe técnico). Fundación Numashir y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Morrison, M., Bruce G. M. y R. William Mannan. 1992. *Wildlife-Habitat Relationships: Concepts and Applications*. Madison, University of Wisconsin Press. 343 pp.
- Nams, V. 1989. Effects of radiotelemetry error on sample size and bias when testing for habitat selection. *Canadian Journal of Zoology* 67:1631-1636.
- Nieto, A. S. 1991. General geology of northeastern Ecuador. Pages 23-28 in R. M. Chung (ed.), *The March 5, 1987, Ecuador earthquakes: Mass wasting and socioeconomic effects*. *Natural Disaster Studies, Volume 5*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Peralvo, M., F. Cuesta y F. T. van Manen. 2005. Delineating priority habitat areas for the conservation of Andean bears in northern Ecuador.
- Peyton, B. 1999. Spectacled bear conservation action plan. En *Bears. Status survey and conservation action plan*. Compilador por C. Servheen., S. Ferrero y B. Peyton. Gland y Cambridge: Species Survival Comisión Bear and Polar Bear Specialist Groups de la Unión Mundial para la Naturaleza.
- Remache, G., R. Cisneros y J. Camacho. 2004. Disponibilidad del hábitat del oso andino en corredor biológico Yacuambi-Podocarpus-Sabanilla. EcoCiencia, Fundación Arcoiris y Grupo de Trabajo en Páramo de Loja. Quito.
- Rodríguez, D., F. Cuesta, I. Goldstein, A. Bracho, L. Naranjo y O. Hernández (Eds.). 2003. *Estrategia Ecorregional para la Conservación del Oso Andino en los Andes del Norte*. WWF Colombia, Fundación Wii, EcoCiencia, Wildlife Conservation Society – WCS.

- Sánchez, D., F. Cuesta, M. Peralvo y G. Remache. 2003a. Disponibilidad del hábitat del oso andino en el Sistema Lacustre de Sardinayacu, Parque Nacional Sangay. EcoCiencia y Fundación Natura. Quito.
- Sánchez, D., F. Cuesta, G. Remache y M. Peralvo. 2003b. Disponibilidad del hábitat del oso andino en la porción centro y sur del Parque Nacional Sangay. EcoCiencia y Fundación Natura. Quito.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Tankersley, R. 1996. Black bear habitat in the southeastern united states: A Biometric Model of Habitat Conditions in the Southern Appalachians. A Thesis Presented for the Master of Science Degree. The University of Tennessee, Knoxville.
- van Manen, F. T., J. D. Clark, S. E. Schlarbaum, K. Johnson, and G. Taylor. 2002. A model to predict the occurrence of surviving butternut trees in the southern Blue Ridge Mountains. Pages 491-497 in J. M. Scott, P. J. Heglund, and M. L. Morrison, (eds). Symposium on predicting species occurrences: issues of scale and accuracy. Island Press. Covelo.
- Wikramanayake, E., E. Dinerstein, C. Loucks, D. Olson, J. Morrison, J. Lamoreux, M. Mcknight y P. Hedao. 2000. Ecoregions in ascendance: Reply to Jepson and Whittaker. Conservation Biology 16(1): 238-242.
- Yerena, E. 1994. Parques Nacionales y Conservación Ambiental N° 4. Corredores ecológicos en los Andes de Venezuela. Fundación Polar e Instituto Nacional de Parques. Caracas.

Tabla 1. Superficie de las formaciones vegetales y su proporción dentro del área de estudio

Formación vegetal	Superficie (ha)	Proporción
Páramo húmedo	451.433,022	42,92%
Bosque siempreverde montano alto	262.476,666	24,95%
Bosque de neblina montano	200.005,550	19,01%
Superpáramo	7.237,553	0,68%
Surales	7.235,863	0,68%
Superpáramo azonal	6.754,548	0,64%
Eriales	2.849,058	0,27%
Bosque siempreverde montano bajo de los Andes Orientales	3.546,123	0,24%
Zonas intervenidas	110.200,867	10,47%
Total	1'051.749,25	

Tabla 2. Variables utilizadas en el modelamiento

Tipo de variable	Variable	Insumos
Biofísicas	Altitud	Curvas de nivel de la cartografía base del IGM a escala 1:250.000
	Pendiente	Calculada a partir del DTM utilizando la función Slope del software TNTmips
	Cobertura vegetal	Clasificación digital supervisada de una imagen Landsat TM y propuesta de vegetación de Sierra (1999)
	Índice de forma del terreno (TSI)	Calculada a partir del DTM utilizando la función Spatial Manipulation Language (SML)
Ecológicas	Distancia a ríos	Red hidrográfica de la cartografía base del IGM a escala 1:250.000
Antropogénicas	Densidad de vías	Red vial de la cartografía base del IGM a escala 1:250.000

Tabla 3. Distribución de las variables utilizadas

Variables	\bar{x}	SD	Mín	Máx
Altitud	3.349,13	648,16	1.600	5.800
Pendiente	14,39	14,53	0	88,2
Índice de forma del terreno	0,14	6,94	-195,33	232,91
Distancia a ríos	603,29	465,62	0	3.169,38
Densidad de vías	0,11	0,22	0	1,89

Tabla 4: Número de transectos realizados en cada tipo de hábitat

Formación vegetal	Nº de transectos
Páramo húmedo	234
Bosque siempreverde montano alto	140
Bosque de neblina montano	113
Superpáramo azonal	4
Superpáramo	3
Eriales	2
Surales	1
Zonas intervenidas	1

Tabla 5: Tipos de registros utilizados

Tipo de registros	Nº de registros	Valor porcentual
Comederos	149	57,75%
Excretas	41	15,89%
Huellas	26	10,07%
Pelos	25	9,68%
Marcas en árboles	12	4,65%
Nidos	3	1,16%
Senderos	1	0,38%
Observación de individuos	1	0,38%
Total	258	100%

Tabla 6. Distribución de los registros en cada formación vegetal

Formación vegetal	Nº de registros	Valor porcentual
Páramo húmedo	130	50,38%
Bosque de neblina montano	61	23,64%
Bosque siempreverde montano alto	57	22,09%
Eriales	4	1,55%
Bosque siempreverde montano bajo	3	1,16%
Surales	3	1,16%
Superpáramo azonal	0	0%
Superpáramo	0	0%
Zonas intervenidas	0	0%
Total de registros analizados	258	

Tabla 7. Superficie de las zonas generadas por el modelo

Zonas	Superficie (ha)	Valor porcentual
Zona I	249.601,25	24%
Zona II	381.428,25	36,69%
Zona III	396.983,55	38,18%
Zona IV	11.571,75	1,11%

Tabla 8. Formaciones vegetales y su superficie dentro de las zonas I y II

Formación vegetal	Zona I		Zona II	
	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje
Bosque de neblina montano	0,25	< 1%	5.270,25	1,38%
Bosque siempreverde montano alto	4.338,25	1,73%	101.200,25	26,53%
Páramo húmedo	245.239,75	98,25%	274.550	71,97%
Bosque siempreverde montano bajo			296,25	< 1%
Eriales	23	< 1%	108,75	< 1%
Surales			2,75	< 1%

Tabla 9. Formaciones vegetales y su superficie dentro de las zonas III y IV

Formación vegetal	Zona III		Zona IV	
	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje
Bosque de neblina montano	195.676,25	49,29%	2.511	21,69%
Bosque siempreverde montano alto	184.065,5	46,36%	1.628,5	14,07%
Páramo húmedo	16.805,5	4,23%	1.230	10,62%
Bosque siempreverde montano bajo	154,5	< 1%	3.069,75	26,52%
Eriales	199,75	< 1%	2.518	21,75%
Surales	82	< 1%	614,50	5,31%

Tabla 10. Media, desviación estándar, máxima y mínima de las variables en las zonas I y II

Variables	Zona I				Zona II			
	\bar{x}	SD	Mín	Máx	\bar{x}	SD	Mín	Máx
Altitud	3.847,36	226,72	1.556,53	5.201,92	3.633,13	484,76	1.496,55	5.372,15
Pendiente	14,95	6,35	2,46	63,63	23,05	8,91	2,46	78,23
Índice de forma del terreno	0,52	2,38	-30,37	49,70	0,04	4,60	-72,41	82,20
Densidad de vías	0,18	0,18	0	0,90	0,39	0,33	0	1,77
Distancia a ríos	552,31	297,93	50	1.664,33	656,29	483,32	50	2.546,57

Tabla 11. Media, desviación estándar, máxima y mínima de las variables en las zonas III y IV

Variables	Zona III				Zona IV			
	\bar{x}	SD	Mín	Máx	\bar{x}	SD	Mín	Máx
Altitud	2.951,22	588,01	1.397	5.800	2.830,53	726,97	1.072,22	5.800
Pendiente	28,75	11,52	2,90	88,20	23,84	15,01	3,18	88,20
Índice de forma del terreno	- 0,08	7,79	- 123,14	132,79	-0,59	10,39	-123,14	132,79
Densidad de vías	0,40	0,36	0	1,99	0,48	0,33	0	1,95
Distancia a ríos	616,81	488,17	50	3.176,48	539,38	458,74	50	2.801,79

Figura 1. Área de estudio

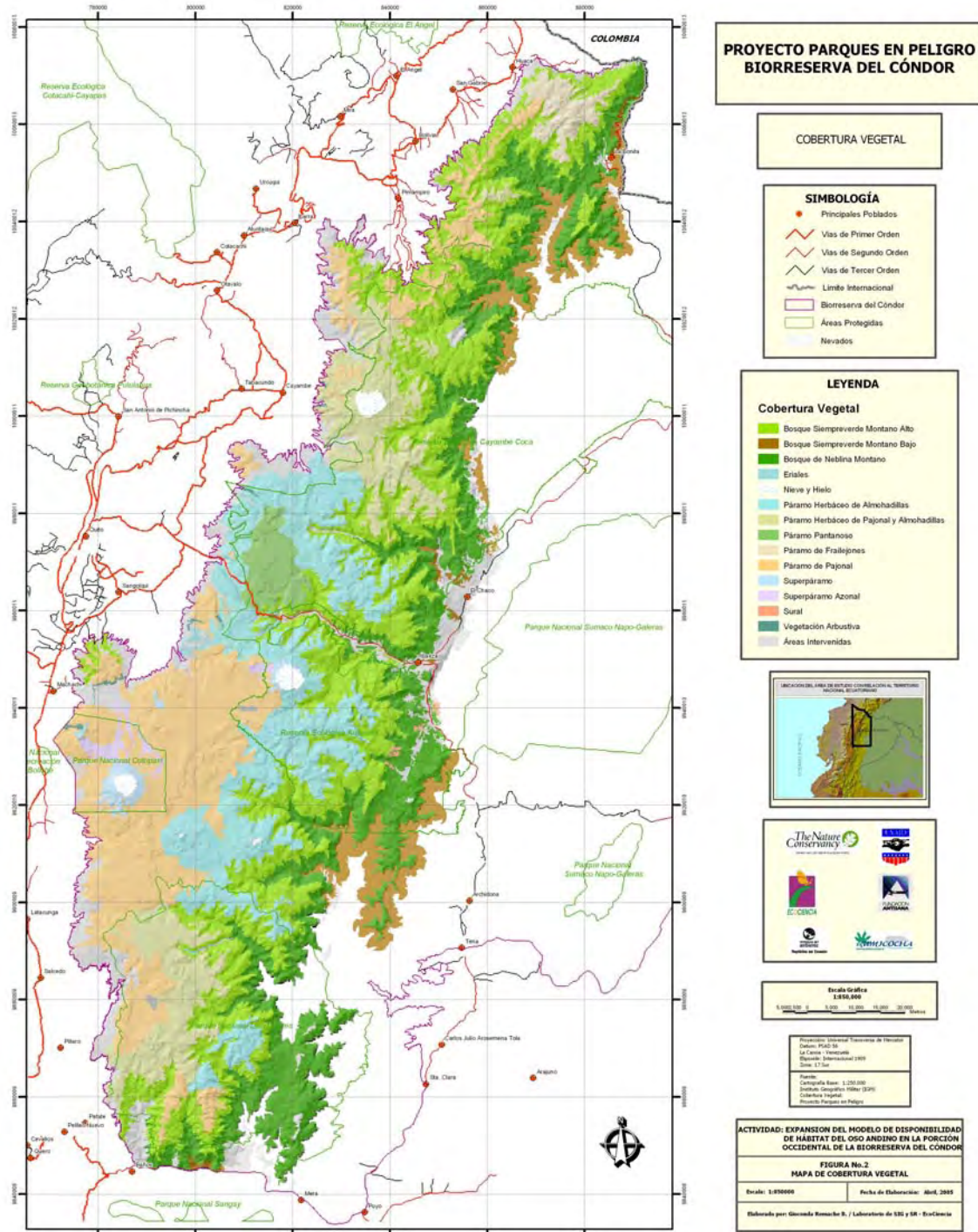


Figura 3. Modelo cartográfico para generar el modelo de disponibilidad del oso andino

Modelo Cartográfico

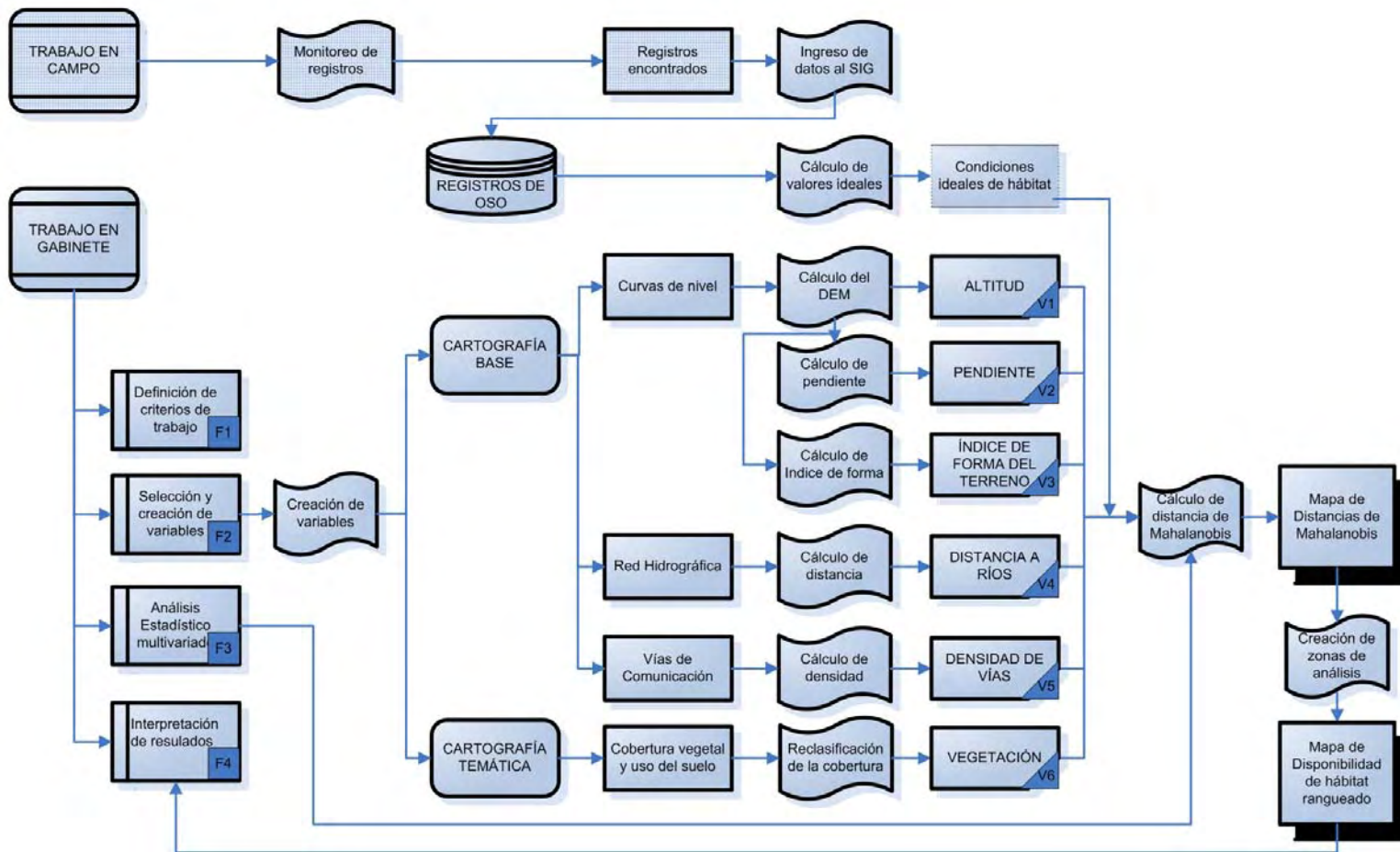
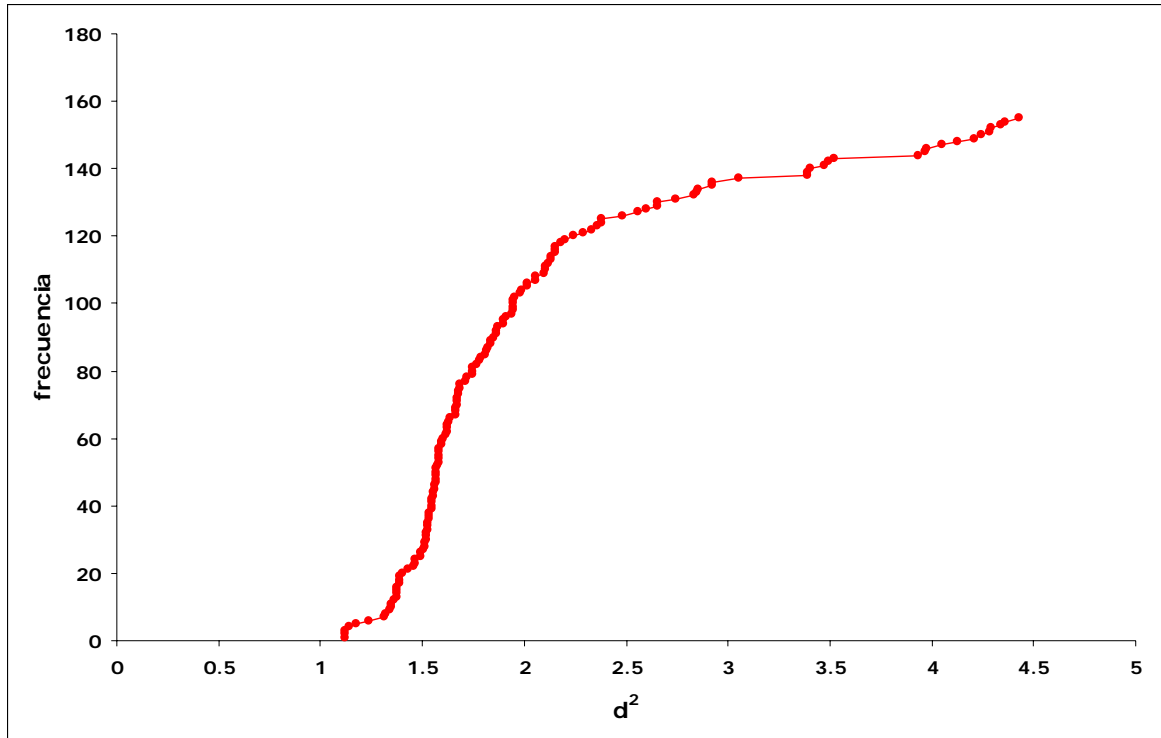


Figura 4. Distribución de los registros basada en los valores de d^2 y la frecuencia acumulada



Este gráfico no muestra todos los valores de d^2 obtenidos, con el fin de poder visualizar de mejor manera los puntos de quiebre que determinan los rangos.

