

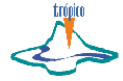


# Identificación de Sitios Prioritarios para la Conservación Yungas Bolivianas



Elaborado por:  
Robert Müller  
Alejandra Briçonon







## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecemos el gran apoyo recibido por los coordinadores del proyecto a nivel de América Latina, Felipe Campos y Marcelo Guevara.

Es importante mencionar a la Fundación Amigos de la Naturaleza por las contribuciones metodológicas hechas a este documento. La metodología empleada incluye varios aportes elaborados en el año 2000 por Christoph Nowicki, Pierre Ibisch y el primer autor de este documento (Robert Muller), en el contexto de la elaboración de un modelo automático para el mapeo de biodiversidad.

El Herbario Nacional de Bolivia y el Departamento de Zoología del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado ayudaron en la digitalización de datos biológicos. Agradecemos también a Blanca Vega e Igor Jaramillo del Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el desarrollo sostenible de los Recursos Naturales (CLAS), quienes estuvieron a cargo de la elaboración del mapa de vegetación actual en base a imágenes de satélite, en el cual se basa el mapa de áreas intervenidas.

Entre las instituciones que nos proporcionaron información en cuanto a datos biológicos y/o geográficos debemos mencionar a:

- Fundación Amigos para la Naturaleza (FAN)
- Herbario Nacional de Bolivia (HNB)
- Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (MHNNKM) (Herbario, Colección de fauna y departamento de geoinformática)
- Missouri Botanical Garden
- New York Botanical Garden
- Gray-Herbarium de Harvard
- Plan de Acción Forestal para Bolivia (PAFBOL)
- Wildlife Conservation Society (WCS )
- Conservación Internacional Bolivia (CI)



La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de investigadores y especialistas. Las personas citadas a continuación contribuyeron ya sea con información biológica para las bases de datos, comentarios y correcciones al documento y a los mapas elaborados.

- Stephan Beck (botánico) (Director del Herbario Nacional de Bolivia), Begoniaceae
- Roberto Vásquez (botánico) (Sociedad Boliviana de Botánica), Passifloraceae
- Mike Nee (botánico) (New York Botanical Garden), Solanaceae
- Stefan Kreft (ornitólogo) (Tesis de doctorado en FAN, Univ. De Hamburgo, Alemania)
- Pierre Ibisch (botánico) (Director del Departamento de Ciencias de FAN)
- Christoph Nowicki (botánico) (Tesis de doctorado en FAN, Univ. De Bonn, Alemania)
- Raúl Lara (biólogo) (Investigador en el campo de la Botánica, pionero en la elaboración de los mapas de vegetación en Bolivia)
- Steffen Reichle (herpetólogo) (FCBC- FAN Consultor en el Plan de Conservación, Tesis de doctorado Univ. De Bonn)
- Israel Vargas (botánico) (FAN)
- Edilberto Guzmán (ornitólogo) (Jefe del área de ornitología MHNNKM)
- Erika Cuellar (mastozoóloga) (CABI-Kaa-Iya)
- Andrew Noss (mastozoólogo) (CABI-Kaa-Iya)
- Claudia Cortéz (herpetóloga) (Jefe del área de Anfibios de la CBF)
- Carmen Quiroga (Ornitóloga) (Jefe del área de ornitología de la CBF)
- Julieta Vargas (mastozoóloga) (Jefe del área de mastozoología de la CBF)
- Rodrigo Ayala (cineasta) (PROMETA – IYA-Programa de Conservación y Desarrollo)
- Damian Rumiz (biólogo) (Biólogo Asociado al MHNNKM)
- Lucindo Gonzales (herpetólogo) (MHNNKM)
- Jorge Salazar (biólogo) (Museo de Nuevo México)



## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>10</b>
<b>MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
<b>CUADRÍCULA .....</b>	<b>12</b>
<b>ELABORACIÓN DE MAPAS BÁSICOS.....</b>	<b>12</b>
Mapa Base .....	12
Mapa de precipitación .....	14
Mapa de humedad (meses áridos) .....	16
Mapa de Vegetación Potencial.....	19
Mapa de Intervención Humana .....	23
<b>CRITERIOS ECOLÓGICOS .....</b>	<b>26</b>
Definición de grupos a ser analizados .....	26
Fauna .....	27
Flora .....	27
Recopilación de datos.....	27
Fauna .....	27
Flora .....	29
Predicción de Rangos de Distribución de especies (Flora y Fauna).....	31
Base teórica y Cartográfica para los Criterios Ecológicos .....	39
Riqueza de especies .....	39
Endemismo.....	41
Contribución y contribución específica de un área a la diversidad de especies.....	41
Estatus de conservación .....	47
Pérdida de hábitat.....	49
Sensibilidad .....	50
<b>CRITERIOS DE PAISAJE .....</b>	<b>53</b>
Remanencia.....	53
Fragmentación.....	54
Diversidad de ecosistemas .....	54
<b>CRITERIOS CONSERVACIÓN.....</b>	<b>58</b>
Representación de ecosistemas en áreas protegidas .....	58
Representación de especies en áreas protegidas.....	58
<b>CONTRIBUCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS A LA BIODIVERSIDAD .....</b>	<b>62</b>
<b>MÉTODO BASADO EN INVENTARIOS.....</b>	<b>62</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>CRITERIOS ECOLÓGICOS .....</b>	<b>67</b>
Fauna .....	67
Aves.....	67
Mamíferos.....	67
Fauna (Aves y Mamíferos).....	74
Flora .....	74
Begoniaceae: .....	74



Passifloraceae: .....	81
Solanaceae .....	85
Flora total (3 familias) .....	89
Resultados globales (Flora y Fauna) para los Criterios Ecológicos .....	93
Diversidad .....	93
Endemismo .....	93
Contribución .....	93
Estatus de conservación .....	93
Pérdida de hábitat .....	94
Sensibilidad .....	94
<b>CRITERIOS DE PAISAJE .....</b>	<b>94</b>
Remanencia .....	94
Fragmentación .....	94
Diversidad de ecosistemas .....	95
<b>CRITERIOS DE CONSERVACIÓN .....</b>	<b>95</b>
Representación de ecosistemas en Áreas Protegidas .....	95
Representación de especies en Áreas Protegidas .....	95
<b>CONTRIBUCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS A LA BIODIVERSIDAD .....</b>	<b>96</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>96</b>
<b>CRITERIOS ECOLÓGICOS .....</b>	<b>96</b>
<b>CRITERIOS DE PAISAJE .....</b>	<b>101</b>
<b>CRITERIOS DE CONSERVACIÓN .....</b>	<b>102</b>
<b>CONTRIBUCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS .....</b>	<b>103</b>
<b>SELECCIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS .....</b>	<b>103</b>
<b>MÉTODOS .....</b>	<b>104</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>105</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>106</b>
<b>SELECCIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS .....</b>	<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>109</b>



## INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de Elevación	5
Mapa 2. Mapa de Precipitación	7
Mapa 3. Mapa de Humedad	10
Mapa 4. Mapa de Vegetación Potencial	16
Mapa 5. Mapa de Intervención Humana	17
Mapa 6. Mapa de Conocimiento biológico	22
Mapa 7. Mapa de Distribución Potencial ( <i>Akodon siberiae</i> )	27
Mapa 8. Mapa de Factores Históricos ( <i>Akodon siberiae</i> )	28
Mapa 9. Mapa de Rango probable de Distribución ( <i>Akodon siberiae</i> )	29
Mapa 10. Mapa de Diversidad (fauna y flora)	31
Mapa 11. Mapa de Endemismo (fauna y flora)	36
Mapa 12. Mapa de Contribución (fauna y flora)	37
Mapa 13. Mapa de Estatus de Conservación	39
Mapa 14. Mapa de Pérdida de Hábitat	42
Mapa 15. Mapa de Sensibilidad	43
Mapa 16. Mapa de Remanencia	46
Mapa 17. Mapa de Fragmentación	47
Mapa 18. Mapa de Diversidad de Habitats	48
Mapa 19. Mapa de Áreas Protegidas	50
Mapa 20. Mapa de Representación en Ecosistemas en AAPP	51
Mapa 21. Mapa de Representación de especies en AAPP	52
Mapa 22. Mapa de Diversidad de Aves	58
Mapa 23. Mapa de Endemismo en Aves	59
Mapa 24. Mapa de Contribución de Aves	60
Mapa 25. Mapa de Diversidad de Mamíferos	61
Mapa 26. Mapa de Endemismo en Mamíferos	62
Mapa 27. Mapa de Contribución de Mamíferos	63
Mapa 28. Mapa de Diversidad de Fauna	65
Mapa 29. Mapa de Endemismo en Fauna	66
Mapa 30. Mapa de Contribución de Fauna	67
Mapa 31. Mapa de Diversidad de Begoniaceae	68
Mapa 32. Mapa de Endemismo en Begoniaceae	69
Mapa 33. Mapa de Contribución de Begoniaceae	70
Mapa 34. Mapa de Diversidad de Passifloraceae	72
Mapa 35. Mapa de Endemismo en Passifloraceae	73
Mapa 36. Mapa de Contribución de Passifloraceae	74
Mapa 37. Mapa de Diversidad de Solanaceae	76
Mapa 38. Mapa de Endemismo en Solanaceae	77
Mapa 39. Mapa de Contribución de Solanaceae	78
Mapa 40. Mapa de Diversidad de Flora	80
Mapa 41. Mapa de Endemismo en Flora	81
Mapa 42. Mapa de Contribución de Flora	82
Mapa 43. Mapa de Valoración Final	82
	95



## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Determinación del Rango Probable de Distribución	.....24
Figura 2. Esquema ejemplificado del Criterio de Contribución	.....33
Figura 3. Esquema de mapeo de biodiversidad basado en inventarios	.....54

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Información recopilada para la base de datos de Aves	.....20
Tabla 2. Información recopilada para la base de datos de Mamíferos	.....21
Tabla 3. Información recopilada para la base de datos de Flora	.....25
Tabla 4. Probabilidad de ocurrencia potencial de una especie según parámetros de altura	.....26
Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia potencial de una especie según parámetros de altura	.....40
Tabla 6. Probabilidad de colonización de una especie según parámetros de distancia a registros	.....49
Tabla 7. Categoría de amenaza según el grado de intervención	.....86
Tabla 8. Prioridad de representación según el porcentaje del rango de distribución en Áreas Protegidas	.....86
Tabla 9. Contribución y Contribución específica de las Áreas Protegidas en los Yungas bolivianos	.....86



**CATALIZANDO ACCIONES DE CONSERVACIÓN EN AMÉRICA LATINA:  
IDENTIFICACIÓN DE SITIOS PRIORITARIOS Y MEJORES ALTERNATIVAS DE MANEJO  
EN 5 ECOREGIONES DE IMPORTANCIA GLOBAL  
YUNGAS BOLIVIANOS  
FASE I**

### **Introducción**

La biodiversidad en el globo se distribuye de una forma muy desigual (Barthlott et al. 1999, Williams 1994), lo mismo ocurre con las amenazas que enfrenta y los programas de conservación. Sólo desde hace pocos años existen intentos de planificar y ubicar medidas de conservación de manera sistemática, tomando en cuenta datos biológicos y datos socioeconómicos (p. e. programa RAP de CI – (Parker *et al.* 1991) planificación ecoregional de TNC – 2000 (Grove *et al.* 2000), enfoque ecoregional de WWF – (Dinerstein *et al.* (1995), Plan de Conservación y Desarrollo Sostenible para el Bosque Seco Chiquitano, Cerrado y Pantanal Boliviano (Ibisch et al. 2002).

Con este mismo enfoque, se elabora el proyecto “Catalizando Acciones de Conservación en América Latina: Identificación de sitios prioritarios y mejores alternativas de manejo en 5 ecoregiones de importancia global”, ejecutado los Centros de Datos para la Conservación, con el apoyo de por TNC (The Nature Conservancy) en 6 países de América Latina. En Bolivia, se ejecuta por TROPICO, Asociación Boliviana para la Conservación, anteriormente el Centro de Datos para la Conservación Bolivia. El proyecto, además, cuenta con contribuciones importantes de la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN). Este proyecto cuenta con el financiamiento del programa operacional del GEF (Global Environment Facility), proyecto de mediano tamaño.

La selección de las 5 ecoregiones analizadas por el proyecto se basa en una clasificación rigurosa realizada por Dinerstein *et al.* (1995) para el WWF, donde estas ecoregiones han sido categorizadas como “Prioridad uno” para la conservación:

El Bosque del Chocó – Darién (Panamá, Colombia, y Ecuador), los Bosques Montanos de la Cordillera Real Oriental (Ecuador, Colombia y Perú), las Yungas Peruanas (Perú), los Yungas Bolivianos (Bolivia) y el Chaco Seco (Paraguay y Bolivia).



El objetivo del proyecto es la determinación de áreas prioritarias (primera fase) y en el establecimiento de alternativas de manejo para la conservación de la biodiversidad (segunda fase) en estas cinco ecoregiones de América Latina, mediante un proceso científico y participativo que involucre actores y tomadores de decisiones de cada país.

El estudio presentado a continuación es el resumen de todo el análisis generado para la primera fase del proyecto en los Yungas Bolivianos. Se identifican áreas prioritarias para la conservación en los Yungas Bolivianos utilizando una metodología basada en un Análisis de Vacíos (Gap Analysis), mediante Sistemas de Información Geográfica.

Se trabaja con varias capas de información, que se agrupan en tres "criterios": Criterios ecológicos (principalmente basados en información biológica), criterios de paisaje (principalmente basados en información sobre la intervención humana) y criterios de conservación (principalmente basados en la ubicación actual de áreas protegidas en los Yungas Bolivianos). Según estos criterios, se generan valoraciones espaciales del área de estudio, es decir se elaboran mapas indicando patrones de diversidad, endemismo, especies amenazadas, etc. La selección de áreas prioritarias se realiza combinando la información de todos los análisis efectuados, agrupando los tres criterios mencionados.

### **Área de Estudio**

Los Yungas Bolivianos son la ecoregión más diversa de Bolivia, en cuanto a diversidad biológica, variedad topográfica y variedad climática (Ibisch 1996, Vásquez & Ibisch 2000, Ibisch et al. 2001). Para los fines de este estudio, los Yungas Bolivianos se definen como la zona de los bosques (pre-)montanos (mayormente) húmedos de la cordillera nor-oriental, donde se incluyen parte de los departamentos de La Paz, Beni, Cochabamba y Santa Cruz. La formación del Bosque Tucumano-Boliviano no fue incluida en nuestro análisis, por presentar un tipo de vegetación diferente (ver Ribera *et al.* 1994). La definición de Dinerstein *et al.* (1995) para "Yungas Bolivianos", la misma que equívocamente incluye parte del Bosque Tucumano-Boliviano, fue modificada ligeramente, cortando esta parte ubicada al sur de los Yungas Bolivianos según nuestra definición.



El límite sur del área de estudio está definido por bosques secos (Bosques Secos Interandinos, Bosques Chaqueños y el Bosque Tucumano-Boliviano, de acuerdo al Mapa de Vegetación de Bolivia (Ribera *et al.* 1994) y al Mapa Forestal de Bolivia (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1995), al oeste el límite está conformado por el límite altitudinal de bosques (aprox. 3500 m.s.n.m.) y con la frontera peruana; al norte y nordeste el límite está dado por bosques y sabanas de llanura, donde la cordillera andina ya no tiene una influencia notable sobre el régimen de precipitación y la vegetación. Este último límite se basa también en el Mapa de Vegetación de Bolivia (Ribera *et al.* 1994) y el Mapa Forestal de Bolivia (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1995), sin embargo debemos recalcar que el límite es algo arbitrario. La ecoregión de los Yungas se encuentra ubicada entre los 13°08' y 18°14' de latitud sur y entre los 69°02' y 63°23' de longitud oeste (ver Mapa 1).

La ecoregión incluye pisos altitudinales entre 200 y 3500 m.s.n.m. (Mapa 1), con precipitaciones que llegan de menos de 800 mm (por ejemplo en los valles secos de Inquisivi) hasta más de 7000 mm (por ejemplo al sur de Villa Tunari) (Mapa 2 y 3). La vegetación está conformada mayormente por bosques húmedos de pie de monte, bosques montanos y ceja de monte, estos a su vez son interrumpidos por varios valles secos interandinos (Mapa 4, para mayor información véase capítulo 3.2.4).

Existe una larga tradición de asentamientos humanos, la actividad con mayor importancia es la agricultura, enfocada a la producción de frutos, café y coca entre otros. La minería es otra de las actividades presentes en la zona, sobre todo explotación aurífera.

Los asentamientos humanos se concentran en algunos centros bastante poblados (Caranavi, Coroico, Chulumani, Palos Blancos-Sapecho, Villa Tunari), y grandes superficies permanecen inexploradas. Si comparamos los bosques montanos del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, encontramos que los bosques montanos bolivianos se encuentran relativamente bien conservados, esto implica una gran necesidad y oportunidad para su conservación.



## **Métodos**

La metodología desarrollada para este proyecto cuenta con los siguientes aportes:

- Estudios acerca del mapeo de biodiversidad realizados en FAN por Christoph Nowicki, Pierre Ibisch y el primer autor de este documento (Robert Muller).
- La metodología básica del proyecto elaborada por TNC (Felipe Campos).
- Varias fuentes bibliográficas indicadas en el texto.

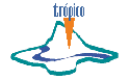
## **Cuadrícula**

Los análisis fueron realizados en base a una cuadrícula de celdas de dos por dos minutos (aproximadamente 3.6 Km), siendo la superficie de cada celda de aproximadamente 13 km<sup>2</sup>. Esta cuadrícula tiene muchas ventajas para el análisis e interpretación de los resultados, esto fue comprobado en estudios anteriores (Ibisch *et al.* 1999a, 1999b, Araujo & Ibisch 2000, Ibisch *et al.* 2001, Ibisch *et al.* 2002, Müller *et al.* en prep.). Todos los cálculos de los diferentes tipos de valores (como por ejemplo altura, humedad, probabilidad de ocurrencia de especies, índice de endemismo, etc.) pueden realizarse en un solo paso para todas las celdas. La cuadrícula de celdas reflejada en el mapa es operable mediante tablas o una matriz de casillas o celdas en Excel o dbase. La resolución limitada que presenta la cuadrícula utilizada es satisfactoria, en lo que se refiere a la finalidad y exactitud de los resultados obtenidos.

## **Elaboración de mapas básicos**

### **Mapa Base**

El mapa base que incluye el modelo de elevación para la ecoregión (Mapa 1) fue generado a partir del mapa físico de Bolivia (IGM 1993) del cual se tomaron las curvas de nivel. Las curvas de nivel, por encima de los 500 m.s.n.m., muestran intervalos de 500 m e intervalos de 100 m por debajo de los 500 m.s.n.m., fueron interpoladas para llegar a un mapa donde en cada celda se indica la presencia de pisos altitudinales con una exactitud de 250 m. La mayoría de las celdas incluyen varios pisos altitudinales (por ejemplo todas las alturas entre 750 y 1500 m.s.n.m.). Cada celda fue valorada con la



altura mínima, la altura máxima y la altura media. La altura media adaptada a intervalos de 500 m es la representada en Mapa 1.

### **MAPA DE BASE**

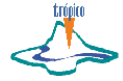


### **Mapa de precipitación**

Para la elaboración del mapa de precipitación (Mapa 2) se utilizaron los promedios anuales de precipitación de 48 estaciones pluviométricas distribuidas en la ecoregión. En áreas que cuentan con buena información pluviométrica, se analizaron las relaciones entre los patrones de precipitación y orografía, para después estimar la precipitación en gran parte del área de estudio donde no se cuenta con información suficiente. Todos los valores de precipitación se adaptaron a una escala generalizada, cuyas clases se incrementan de forma exponencial de la siguiente manera: 800, 1000, 1200, 1500, 1800, 2100, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000 y por encima de los 6000 milímetros anuales.

Este modelo, en la escala de trabajo aplicada, indica que es posible predecir los patrones de precipitación con una exactitud aceptable, tomando en cuenta efectos de sombra de lluvia e incremento de precipitación por barreras geográficas. Otras fuentes de referencia fueron: El Mapa Ecológico de Bolivia (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios 1975), el Mapa de Vegetación de Bolivia (Ribera *et al.* 1994), el Mapa Forestal de Bolivia (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1995), el mapa publicado en el informe Apolo-Tuichi (Perry *et al.* 1996), el Mapa de Vegetación del Parque Nacional Amboró (Navarro 1996), el mapa de bosques decídulos de Bach *et al.* (1999), un estudio pluviométrico del Parque Nacional Amboró (FAN 1999) el Mapa de Vegetación de la Cuenca del Río Ichilo (Navarro 2000) y el mapa preliminar de precipitación para los Yungas (Araujo & Ibisch 2000).

Las estimaciones del mapa resultante de precipitación fueron corregidas de acuerdo a observaciones de campo hechas por varios biólogos especialistas, principalmente por Stephan Beck y Raul Lara.



**MAPA DE PRECIPITACIÓN**



### **Mapa de humedad (meses áridos)**

El factor climático que tiene mayor importancia para la vegetación en los Yungas Bolivianos es la duración de la época seca. Para estimar el número de meses áridos en cada celda, basándose en datos de precipitación y de altura, se estudiaron registros pluviométricos de 48 estaciones de la ecoregión. La definición de un "mes árido" en este estudio corresponde a una fórmula de Lauer (1995):

$$I_x = p_x * 12 / (t_x + 10) \quad (1)$$

Donde  $I_x$  es un índice de humedad,  $p_x$  la precipitación media del mes analizado y  $t_x$  la temperatura media del mismo mes. Si  $I_x$  es mayor a 20, este mes es clasificado como "húmedo".

El número de meses áridos esta correlacionado no solamente con la precipitación anual, sino también con la temperatura media en la época seca de cada lugar estudiado; esta última depende linealmente de la altura. La evaporación disminuye cuando disminuye la temperatura, por lo que un mismo monto de precipitación crea un ambiente más húmedo en un lugar más elevado.

La temperatura fue tomada directamente de registros termométricos, si estos existiesen, en caso contrario se estimaron según la altura de la estación analizada, estimando una disminución de 4.6°C por cada 1000m de altura, con una temperatura de 26.5°C a nivel del mar. Esta relación se estableció empíricamente analizando varias estaciones en el área de estudio. Es importante mencionar que para cada estación se calculó el promedio del número de meses áridos a lo largo de los años. Este método resulta más exacto que un cálculo basado en promedios mensuales. Por ejemplo, en estaciones



extremadamente húmedas como “San Mateo Bajo” en el Chapare (precipitación media anual 7150 mm) también se registran meses áridos.

Con los resultados de las 48 estaciones pluviométricas a diferentes alturas y diferentes condiciones de humedad, se ajustó una fórmula para calcular el número de meses áridos directamente con la precipitación anual y la altura:

$$MA = \frac{6}{\left( \frac{prec_{ann} + (alt * 0.15)}{1000} \right)^{1.5}} \quad (2)$$

Donde *MA* significa “número de meses áridos”, *prec<sub>ann</sub>* es la precipitación anual en mm y *alt* la altura en m.s.n.m. La fórmula fue diseñada especialmente para la Ecoregión de Yungas de Bolivia, y podría ser aplicada en regiones tropicales a alturas por debajo de los 3500 m.s.n.m. (límite altitudinal de la ecoregión de Yungas), donde el término *prec<sub>ann</sub> + (alt \* 0,15)* es mayor a 1000. Este término podría interpretarse como “precipitación efectiva”, suponiendo que con cada adición de 1000 m de altura, la evaporación anual baja 150 mm. De acuerdo a esto, la precipitación anual de 1500 mm a 2500 m.s.n.m., daría lugar al mismo número de meses áridos que una precipitación anual de 1800 mm a 500 m.s.n.m. Para lugares situados a nivel del mar con una precipitación anual de 1000 mm, el resultado es de seis meses.

Cuando se compararon el número de meses áridos registrados en las estaciones evaluadas con los números de meses áridos calculados según la fórmula presentada, se encontró una buena correlación con un error promedio de 19%. Este error promedio se mantiene estable para toda la escala aplicada a los valores de altura y precipitación, es decir no se presenta un error sistemático. El Mapa de humedad (meses áridos) (Mapa 3) fue elaborado mediante la fórmula presentada anteriormente, utilizando los valores del mapa de precipitación (Mapa 2).



**MAPA DE HUMEDAD**



### **Mapa de Vegetación Potencial**

Los factores edáficos y las inundaciones periódicas no son de gran importancia en la zona de estudio. Por esta razón, es posible generar un mapa generalizado de Vegetación Potencial (Mapa 4). Para elaborar este mapa, en cada celda, se combinaron los valores altura media y el número de meses áridos según los mapas anteriormente descritos (Mapas 1 y 3).

Se definieron seis clases de bosque según diferentes niveles de humedad, basándose principalmente en criterios de clasificación de vegetación global de la UNESCO (1973), añadiendo la clase de "Bosque siempreverde muy húmedo" y redefiniendo las clases de "Bosque mayormente deciduo" y de "Bosque deciduo". Se estimó un porcentaje aproximado de especies arbóreas deciduas (en paréntesis). Estas estimaciones no tienen validez para los matorrales secos altimontanos, formados mayormente por arbustos escleromórficos siempreverdes:

<u>Meses áridos</u>	<u>Tipo de bosque</u>	<u>% de especies</u>
<u>deciduas</u>		
0.5-1 mes áridos:	Bosque siempreverde muy húmedo	(00-02%)
1.5-2 meses áridos:	Bosque siempreverde	(02-10%)
2.5-3 meses áridos:	Bosque siempreverde estacional	(10-30%)
3.5 meses áridos:	Bosque semideciduo	(30-60%)
4 meses áridos:	Bosque mayormente deciduo	(60-85%)
4.5 y más meses áridos	Bosque deciduo	(85-100%)

Se definieron también cuatro clases de bosque de acuerdo a su distribución altitudinal:



<u>Altura</u>	<u>Tipo de bosque</u>
0-750 m.s.n.m.:	Bosque de llanura y pie de monte
750-1750 m.s.n.m.:	Bosque montano bajo
1750-2750 m.s.n.m.:	Bosque montano
2750-3500 m.s.n.m.:	Bosque altimontano

Combinando estas clasificaciones, se identificaron 23 tipos potenciales de bosque dentro del área de estudio (Müller *et al.*, en prensa).

#### Breve caracterización de los tipos de bosque identificados:

Morfológicamente, los bosques siempreverdes y siempreverdes muy húmedos mayormente son bosques latifoliados, mientras en los tipos de bosque estacionales hasta mayormente deciduos dominan especies microfoliadas. En los tipos más secos (mayormente deciduo a deciduo), las plantas suculentas (especialmente Cactaceae) y xeromórficas ganan importancia. La altura del dosel es menor hacia zonas más elevadas y secas. La abundancia de epífitas aumenta a medida que se llega a una mayor altura y hacia zonas más secas.

#### Taxa típicos por niveles altitudinales

La siguiente caracterización mediante taxa típicos (ver Killeen *et al.* 1993) es algo general, ya que existen pocas especies características y vistosas, que se restringen exclusivamente a uno de los tipos de bosque definidos en este estudio. Tampoco se toman en cuenta diferencias biogeográficas entre las diferentes subregiones. Sin embargo, estas diferencias existen, especialmente entre zonas al este y al oeste de la cordillera Tunari-Cocapata.

#### A) Familias con importancia en todos los niveles altitudinales:

Las siguientes familias son importantes en todos los niveles altitudinales:

Anacardiaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Leguminosae, Melastomataceae, Myrtaceae, Piperaceae, Rubiaceae y Solanaceae.



Las familias de Melastomataceae, Rubiaceae, y en menor grado Clusiaceae, muestran preferencia por bosques húmedos, mientras que la familia Anacardiaceae prefiere ambientes más secos. Las familias sempervirentes Lauraceae y Myrtaceae son muy importantes en los bosques húmedos y estacionales, pero prácticamente están ausentes en los bosques deciduos.

#### B) Bosque de llanura y pie de monte:

En las regiones de bosques siempreverdes, las familias indicadoras para bosques de llanura y pie de monte son Moraceae, Sapotaceae, Annonaceae, Chrysobalanaceae y Lecythydaceae. Las palmeras típicas de estos bosques son *Iriartea deltoidea* (copa) y *Socratea exorrhiza* (pachiuba).

Las zonas muy húmedas presentan mayor influencia de elementos típicamente montanos, como helechos arbóreos u orquídeas epífitas. Especies deciduas están presentes hasta en bosques siempreverdes muy húmedos, generalmente son árboles emergentes como *Ceiba pentandra* (mapajo), *Hura crepitans* (ochoó) o *Swietenia macrophylla* (mara). La abundancia de estas dos últimas especies se incrementa significativamente hacia los tipos de bosque estacional y semidecuido. De manera similar, también aumenta la abundancia y dominancia de especies leguminosas.

La especie *Anadenathera colubrina* (curupaú, bilka) es un elemento típico de bosques semidecuidos, a menudo presente en bosques estacionales y abundante en bosques semidecuidos a deciduos, igual que el género *Chorisia* (toborocho). Una palmera característica de bosques estacionales a semidecuidos es *Attalea phalerata* (motacú). *Astronium urundeuva* (cuchi) y *Schinopsis brasiliensis* (soto) generalmente están presentes en bosques semidecuidos siendo también abundantes en bosques deciduos, al igual que las cactáceas columnares (*Cereus* etc.). En bosques mayormente deciduos a deciduos están ausentes las especies de *Cecropia* (ambaibo), muy típicas para bosques más húmedos.

Según el estudio planteado, en la Región Yungueña no existen tipos deciduos de llanura o pie de monte.



### C) Bosque montano bajo:

Este tipo de bosque presenta una mezcla de elementos de llanura y elementos montano-andinos. En las zonas húmedas son importantes las familias ya mencionadas, consideradas como típicas para los bosques de llanura y pie de monte, con excepción de Lecythidaceae y Chrysobalanaceae. También son diversos los taxa mencionados como típicos para los bosques montanos húmedos. Un género muy típico para las zonas húmedas es *Inga* (pacay).

Las palmeras *Iriartea deltaoidea* (copa) y *Socratea exorrhiza* (pachiuba), típicas para bosques de llanura, también están presentes en bosques montanos bajos húmedos.

En las zonas siempreverdes muy húmedas generalmente están presentes especies del género *Lepanthes* (Orchideaceae) (ver Vásquez & Ibsch 2000).

Las especies *Anadenanthera colubrina* (curupaú, bilka), *Attalea phalerata* (motacú), *Astronium urundeuva* (cuchi) y cactáceas columnares indican el grado de estacionalidad, como en los bosques de llanura y pie de monte. Entre los elementos montanos típicos para los bosques montanos bajos semidecíduos a decíduos encontramos especies como *Ceiba mandonii* (huironco, jorocho), *Parapiptadenia excelsa*, *Schinopsis haenkeana* (soto, en la parte sur) y *Schinopsis brasiliensis* (soto, en la parte norte,).

### D) Bosque montano:

En las zonas húmedas, las familias mencionadas como típicas para bosques de llanura dejan de tener importancia significativa. Las familias típicas para bosques montanos son Actinidiaceae, Araliaceae, Chloranthaceae, Clethraceae, Cyatheaceae, Ericaceae, Podocarpaceae, Symplocaceae y Theaceae. Entre los géneros típicos encontramos a *Solanum* y *Clusia*, una especie muy típica es *Alnus acuminata* (aliso)

Las zonas siempreverdes muy húmedas se caracterizan por la abundancia y diversidad de epífitas (por ejemplo orquídeas de la subtribu Pleurothallidinae como *Pleurothallis*, *Stelis* y *Lepanthes*) (ver Vásquez & Ibsch 2000) y musgos (terrestres y epífitas, sobre todo Musci), esta diversidad baja ligeramente hacia bosques montanos siempreverdes. Las palmeras de las zonas húmedas y muy húmedas son *Geonoma weberbaueri* y *Ceroxylon pityrophyllum*, a parte de estas casi no existen palmeras. Hacia los bosques montanos estacionales, la importancia de Rubiaceae y Melastomataceae disminuye,



mientras que la diversidad de Lauraceae y Myrtaceae aumenta. Un género típico de los bosques estacionales a semidecíduos es *Juglans* (nogal).

En zonas semidecíduas a decíduas, encontramos especies como *Tecoma*, *Parapiptadenia excelsa*, *Schinopsis haenkeana*, (principalmente en la parte sur, sotobosque), *Ceiba mandonii* (huironco, jorocho) y epífitas como *Tillandsia usneoides* y otras especies “grises” de *Tillandsia*.

#### E) Bosque altimontano:

En su forma húmeda, el bosque altimontano corresponde a la “Ceja de monte”. Son bosques muy distintos de los bosques de llanura y montano bajo, prácticamente las familias mencionadas como típicas de estos últimos están ausentes. Especies como *Cecropia* (ambaibo) y *Heliconia* (patuju) también están ausentes. Las familias y géneros característicos de los bosques montanos húmedos son igualmente importantes en este tipo de bosque, con excepción de Actinidiaceae. Los helechos, musgos (especialmente Hepaticae) y líquenes abundan en el suelo, así como las epífitas. Otros criptógamos muy típicos son Lycopodiaceae y Selaginellaceae.

El tipo de bosque muy húmedo puede distinguirse por la presencia de *Blechnum buchtienii*, un helecho arbóreo similar a *Cycas*, que recuerda la forma de vida del “frailejón” como elemento característico del Páramo.

Los elementos típicos para los bosques altimontanos muy húmedos siempreverdes y siempreverdes son *Brunellia* (cedrillo), *Weinmannia* (huaycha) y *Polylepis pepeii* (keñua), en los bosques semidecíduos a decíduos se encuentran especies como *Polylepis bessenii* (keñua), *Citharexylum* y *Dodonaea viscosa* (chacataya), y *Prosopis laevegiata* (taco) sólo en bosques decíduos.

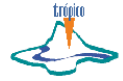
#### **Mapa de Intervención Humana**

Este mapa se basa en la interpretación de imágenes satelitales (Landsat TM y Landsat 7), elaborado por la institución CLAS (Centro de Levantamientos Aeroespaciales y aplicaciones SIG para el desarrollo sostenible de los recursos naturales), como referencia también se utilizó el Mapa Forestal de Bolivia (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1995) y el Mapa de Uso del Suelo (Superintendencia Agraria 2001). El mapa de Intervención Humana (Mapa 5) indica dos categorías: “no intervenido” e



“intervenido”. La categoría “intervenido” incluye todos los tipos de vegetación donde hay o recientemente hubo una intervención antrópica considerable, como bosques jóvenes secundarios, barbechos, matorrales, pastizales o centros urbanos.

### **MAPA DE VEGETACIÓN POTENCIAL**



## **MAPA DE INTERVENCIÓN HUMANA**



### **Criterios Ecológicos**

La metodología para determinar áreas prioritarias para la conservación se basa en un **Análisis de Vacíos** (GAP Analysis), donde existen varias capas de información llamadas "criterios". Según estos criterios, se generan valoraciones espaciales del área de estudio, es decir se elaboran mapas indicando patrones de diversidad, endemismo, fragmentación, etc.

Los criterios están agrupados en tres tópicos: **Ecología, Paisaje y Conservación.**

- ◆ Criterios Ecológicos: Diversidad, Endemismo, Contribución, Pérdida de hábitat, Estado de Conservación, Sensibilidad.
- ◆ Criterios de Paisaje: Remanencia, Fragmentación y Diversidad de paisaje
- ◆ Criterios de Conservación: Representación en áreas protegidas

Como primer paso en este Análisis de Vacíos (GAP Analysis) fue necesario determinar grupos representativos de fauna y flora con los cuales se iba a trabajar, para luego proceder a una recopilación exhaustiva de las especies de los grupos definidos y posterior elaboración de bases de datos que servirán para los análisis.

### **Definición de grupos a ser analizados**

Para efectuar los análisis planificados, los grupos seleccionados tuvieron que cumplir con los siguientes criterios:

- Datos sobre registros existentes y accesibles.
- Seguridad taxonómica, con revisiones recientes en Bolivia y/o disponibilidad de un especialista en el tema.
- Diversidad considerable en el área de estudio.



-Endemismo considerable en el área de estudio.

-Representación relativamente homogénea en todos los ecosistemas del área de estudio.

### **Fauna**

Los grupos inicialmente definidos para ser analizados fueron aves, mamíferos y anfibios. Sin embargo, existe muy poca información acerca de este último grupo, por lo que finalmente se decidió trabajar con los dos primeros grupos donde se cuenta con mayor disponibilidad en cuanto a información y conocimiento de los taxa, además de estar muy bien representados en la ecoregión de Yungas.

### **Flora**

Cumpliendo con los criterios mencionados anteriormente se decidió trabajar con tres familias: Passifloraceae, Solanaceae y Begoniaceae.

### **Recopilación de datos**

Los primeros seis meses del proyecto fueron destinados a la recopilación de datos biológicos. Debido al hecho de que Bolivia prácticamente carece de bases de datos digitalizadas sobre biodiversidad, las pocas que existen siendo de uso restringido, la mayor parte de la información tuvo que ser introducida manualmente. Para esto contamos con la ayuda de un grupo de estudiantes del HNB para los grupos de flora y asistentes del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado para fauna.

Para acceder a la información biológica pasamos por un proceso de negociación, colaboración, en el que se elaboraron convenios con distintas instituciones.

Todos los registros fueron introducidos en tablas de Microsoft Excel, para su posterior exportación Data Base III y luego al Sistema de Información Geográfica (Arcview 3.1).

### **Fauna**

La recopilación de la información se realizó mayormente en base a artículos publicados y no publicados. (ver bibliografía).

El Departamento de Zoología del Museo Noel Kempff Mercado nos colaboró con la introducción y revisión de las bases de datos de ornitología y mastozoología.



Conservación Internacional nos proporcionó información digitalizada de la zona de Madidi. Stephan Kreft, ornitólogo de FAN, nos proporcionó una base de datos personal sobre aves del Parque Nacional Carrasco y colaboró en la revisión de las bases de datos de aves. La base de datos generada a lo largo del estudio cuenta con un total de 834 especies de aves y un total de 226 especies de mamíferos para la ecoregión de Yungas. Además se cuenta con un total de 2295 registros de aves y 1833 de mamíferos.

Es importante mencionar que solamente se consideraron los registros que provenían de fuentes confiables. La clasificación usada para los taxa fue: Stotz (1996) para aves y Wilson (1993) para mamíferos. Los textos utilizados como referencia en cuanto a caracterización taxonómica y distribución en Bolivia fueron principalmente el de Anderson (1997) para mamíferos y el de Sagot *et al* (1995) para aves.

Tabla 1. Información recopilada para la Base de Datos de AVES

<b>Orden</b>	<b>nº de registros</b>	<b>nº de especies</b>
<b><i>Anseriformes</i></b>	16	9
<b><i>Apodiciformes</i></b>	157	64
<b><i>Caprimulgiformes</i></b>	26	10
<b><i>Charadriiformes</i></b>	22	14
<b><i>Ciconiformes</i></b>	36	20
<b><i>Columbiformes</i></b>	44	16
<b><i>Coraciformes</i></b>	22	9
<b><i>Cuculiformes</i></b>	29	14
<b><i>Falconiformes</i></b>	75	41
<b><i>Galliformes</i></b>	19	7
<b><i>Gruiformes</i></b>	15	10
<b><i>Passeriformes</i></b>	1543	488
<b><i>Pelecaniformes</i></b>	4	2
<b><i>Piciformes</i></b>	126	55
<b><i>Podicipediformes</i></b>	5	2
<b><i>Psittaciformes</i></b>	63	28
<b><i>Strigiformes</i></b>	29	16
<b><i>Tinamiformes</i></b>	44	20
<b><i>Trogoniformes</i></b>	20	9



<b>Total:</b>	2295	834
---------------	------	-----

Tabla 2. Información recopilada para la Base de Datos de MAMÍFEROS

<b>Orden</b>	<b>nº de registros</b>	<b>nº de especies</b>
<i>Artiodactyla</i>	82	9
<i>Carnivora</i>	198	25
<i>Chiroptera</i>	648	82
<i>Lagomorpha</i>	8	1
<i>Marsupialia</i>	129	21
<i>Perissodactyla</i>	16	1
<i>Primates</i>	126	12
<i>Rodentia</i>	551	66
<i>Xenarthra</i>	75	9
<b>Total:</b>	1833	226

### ***Flora***

Las fuentes principales para la recopilación de datos fueron: Herbario Nacional de Bolivia (HNB), Herbario del Oriente de Bolivia (USZ), banco de datos de Missouri Botanical Garden (TROPICOS), banco de datos del Herbario Gray de Harvard (GH), una base de datos de la Fundación Amigos de la Naturaleza sobre Passifloraceae, Herbario privado de Roberto Vásquez (VASQ), datos no publicados de Mike Nee sobre Solanaceae y la "Revisión de las especies Bolivianas del género Begonia", (Smith, L. & Schubert, B., 1944, Revista de la Universidad de Cusco 87). Más del 95% de los registros incorporados proviene de estas fuentes, adicionalmente se evaluaron otras publicaciones mas. Inventarios para planes de manejo y RAPs (Rapid Assessment Program) no fueron utilizados para los análisis, debido a la baja confiabilidad en las determinaciones.

Para poder determinar registros no identificados y depurar errores taxonómicos, se busco el apoyo de especialistas para los grupos analizados (Mike Nee de New York



Botanical Garden para Solanaceae, Stephan Beck del Herbario Nacional de Bolivia para Begoniaceae y Roberto Vásquez (Sociedad Boliviana para Botánica) para Passifloraceae. Estos especialistas revisaron las bases de datos y ayudaron a detectar registros dudosos así como sinónimos y especies no nativas. Roberto Vasquez también ayudó con la identificación de aprox. 70 muestras de Passiflora, y Stephan Beck identificó junto con el primer autor (Robert Muller) unas 50 muestras de Begonia. Para la depuración taxonómica se consultaron además varias publicaciones.

Finalmente, los análisis se realizaron en base a:

Tabla 3. Información recopilada para la Base de Datos de FLORA

<b>Familia</b>	<b>nº de registros</b>	<b>nº de especies</b>
<b><i>Begoniaceae</i></b>	483	38
<b><i>Passifloraceae</i></b>	862	57
<b><i>Solanaceae</i></b>	2974	275
<b>Total:</b>	4319	370

## **MAPA DE CONOCIMIENTO BIOLÓGICO**



### **Predicción de Rangos de Distribución de especies (Flora y Fauna)**

Este es el primer paso metodológico a seguir para los análisis de criterios ecológicos (ver Müller *et al.* in prep.). La predicción de rangos de distribución de especies se basa en el estudio de especies individuales, cuyos rangos de distribución dentro de la ecoregión se extrapolan (ver Barthlott *et al.* 1999) según criterios ecológicos-biogeográficos.

Una vez que para cada especie se cuenta con los rangos extrapolados dentro de la ecoregión, se puede fácilmente generar los mapas temáticos (riqueza de especies, endemismo, contribución, estatus de conservación, pérdida de hábitat y sensibilidad),

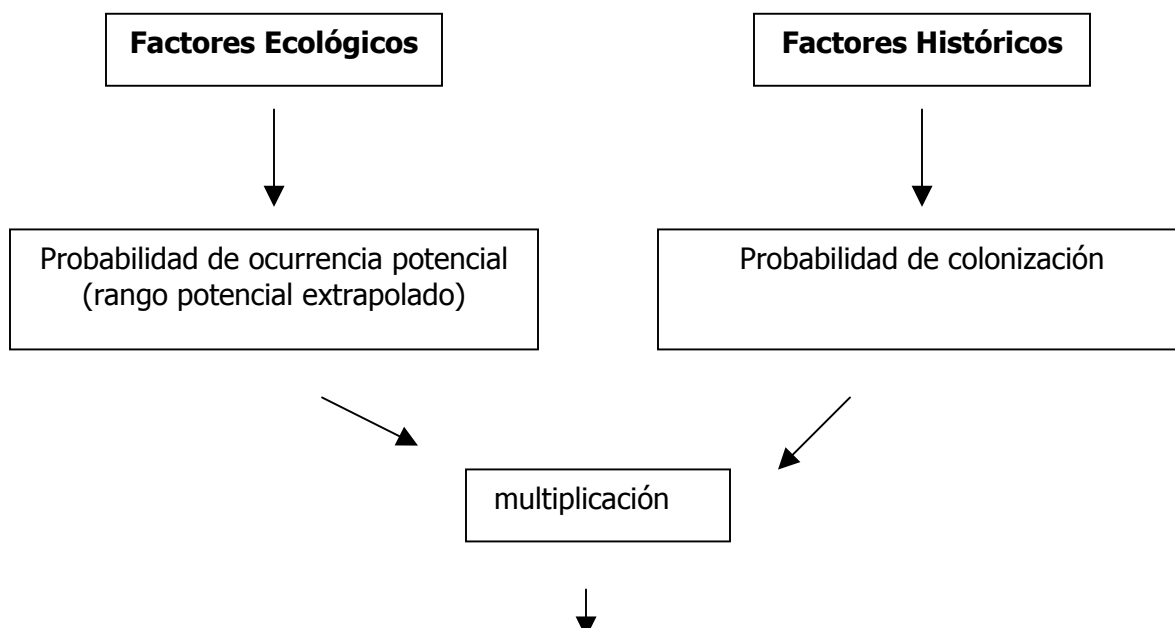


sobreponiendo los mapas de distribución de especies con los valores respectivos agregados.

Este método se basa en **puntos de colecta**, ya que ni para flora ni para fauna existe información detallada y confiable sobre la distribución en la ecoregión.

Para poder ubicar los puntos de colecta en mapas digitales, para cada registro se buscan las coordenadas geográficas (si no están ya indicadas), utilizando mapas políticos, físicos etc.

En la ecoregión de Yungas (al igual que en otras ecoregiones), existen grandes áreas poco exploradas, por lo que muchas especies no han sido registradas para estas zonas, aunque exista una alta probabilidad de su ocurrencia. (Por ejemplo, si una especie fue encontrada sólo en la parte sur de los Yungas Bolivianos, pero también está presente en el Perú, es muy probable que también ocurra en áreas al norte de los Yungas Bolivianos que presentan condiciones favorables). Por esto, la distribución de especies se extrapola según puntos de colecta, **factores ecológicos** y **factores históricos**. Los **factores ecológicos** determinan el **rango potencial** de una especie o **su probabilidad de ocurrencia potencial**, indicando donde encuentra condiciones favorables para su existencia (ver Skov & Borchsenius 1997). Los **factores históricos** determinan el área que probablemente pueda ser colonizada por una especie: la **probabilidad de colonización**. La multiplicación de las probabilidades de estos dos tipos de factores determinan el **rango probable de distribución** de una especie (ver Müller *et al.* in prep.):





### Figura 1. Determinación del Rango Probable de Distribución

Suponemos que la distribución de las especies florísticas en el trópico montano se determina básicamente por la temperatura (estrictamente correlacionada con la altura) y humedad (p.e. representada por el número de meses áridos en un área) (ver Skov & Borchsenius 1997). Otros factores (factores edáficos, inundaciones, etc.) son de menor importancia en los Yungas Bolivianos. Para especies de fauna, la correlación de su distribución con los factores altura y humedad puede ser menos estricta, pero también significativa.

Así, para cada especie, se definen sus **límites ecológicos** respecto a altura y humedad (p.e. especie *x* ocurre entre los 1000 y 2250 metros, en áreas que presentan de 2 y 4 meses áridos).

Los límites en cuanto a altura se determinan utilizando la información de los registros, donde los colectores generalmente mencionan la altura de sus colectas. Para registros que no cuentan con esta información, pero con una localidad suficientemente exacta, la altura se estima según la altura de la localidad indicada.

Los límites de humedad se determinan comparando los puntos de colecta con el mapa de meses áridos.

Es probable que especies con pocos registros en los Yungas tengan límites ecológicos más amplios que los indicados por estos registros. Por esto, también se toma en cuenta información basada en su ocurrencia fuera de los Yungas e información bibliográfica para fauna, donde se cuenta con información de rangos de distribución altitudinal. Por



ejemplo, varias especies, dentro de los Yungas, solamente se conocen en lugares relativamente húmedos, pero también cuentan con registros en el Chaco. A estas especies, se les atribuye un límite de humedad hacia condiciones más áridas, suponiendo que también ocurran en valles secos dentro de los Yungas (donde, debido la pequeña extensión de estos valles, no hayan colectas).

La diferencia mínima entre los límites ecológicos de una especie fue definida como 750 m para altura (por ejemplo 750-1500 m.s.n.m.), y 1.5 meses áridos para los límites de humedad (por ejemplo 2-3.5 meses áridos).

En el próximo paso, para cada especie, se comparan sus límites ecológicos con las condiciones ecológicas en los Yungas, indicadas en los mapas de altura y humedad (Mapa 1 y 3), a fin de atribuir a cada celda las probabilidades de ocurrencia potencial de cada especie.

Tabla 4. Probabilidad de ocurrencia potencial de una especie según parámetros de altura

Diferencia entre la altura máxima/mínima de una celda y el límite altitudinal mínimo/máximo de una especie:	Probabilidad de ocurrencia potencial de una especie en una celda:
<0 m	1
Exactamente 0 m	0.7
250 m	0,3
>250m	0

Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia potencial de una especie según parámetros de humedad

Diferencia entre la humedad de una celda y el límite de humedad mínimo/máximo de una especie	Probabilidad de ocurrencia potencial de una especie en una celda:
$\leq 0$	1



0.5	0.5
>0.5	0

(Cada celda tiene dos valores de altura, uno máximo y uno mínimo, pero un solo valor promedio para humedad). Todos los cálculos de probabilidad de ocurrencia se hacen en Microsoft Excel.

### **Rango probable de distribución**

En el caso de especies con amplia distribución en toda la ecoregión, el rango potencial equivale al rango probable de distribución. En el caso de especies con rangos restringidos por factores históricos, es decir especies que no han llegado a colonizar todas las áreas con condiciones favorables (especies endémicas locales o especies cuyos rangos están incluidos en ciertos sectores de la ecoregión sin distribuirse a lo largo de esta), los rangos potenciales se acortan según la distancia del próximo punto de colecta, así se toma en cuenta el **factor histórico** de la distancia (otros factores históricos como por ejemplo barreras geográficas no son analizados). En el caso de que haya grandes espacios entre los puntos de colecta, estos se conectan por un polígono, y el rango potencial se acorta según la distancia del borde de ese polígono. Lo mismo se aplica para especies restringidas a ciertas partes del área de estudio, que también se conocen fuera del área de estudio. Se toma en cuenta la distancia de los bordes de un polígono que conecta los registros dentro de los Yungas con el límite del área de estudio hacia regiones donde se conoce la especie.

Según la distancia de una celda al próximo punto de colecta o al polígono mencionado, se definieron las siguientes "probabilidades de colonización":

Tabla 6. Probabilidad de colonización de una especie según parámetros de distancia a registros

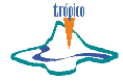
Distancia entre una celda y el registro más cercano de una especie:	Probabilidad de colonización de una especie en una celda:
<30 km	1
30-60 km	0.7
60-120 km	0.4
120-240 Km	0.2
>240 km	0.1



## **Mapa de Distribución Potencial (*Akodon siberiae*)**



## **Mapa de Factores Históricos (*Akodon siberiae*)**



## **Mapa de Rango probable de Distribución (*Akodon siberiae*)**



La probabilidad de colonización de una especie, en este caso también refleja la "probabilidad de presencia sin haber sido encontrada". Por esto a las celdas muy lejanas todavía se les atribuye una probabilidad de 0.1, reflejando la posibilidad de que especies endémicas puedan ser encontradas lejos de su supuesto rango. Para finalmente extrapolar el rango probable de distribución de una especie, en cada celda se multiplica la "probabilidad de ocurrencia potencial" con la "probabilidad de colonización", así se obtiene una "probabilidad de presencia".

### **Base teórica y Cartográfica para los Criterios Ecológicos**

En este capítulo se explican y definen las medidas aplicadas para los análisis de criterios ecológicos, así como la metodología empleada para la cartografía. Una base importante de los métodos aplicados son trabajos realizados en FAN en el año 2000 por P. Ibisch, C. Nowicki y el primer autor de este documento (Müller *et al.* in prep.) Para la elaboración de mapas combinados, los que muestran los resultados del conjunto de los diferentes grupos analizados (todos los grupos fauna, flora y los combinados), se ajustaron los valores de cada grupo a una escala estandarizada (de 1 a 12). Estos valores se sumaron, fueron divididos por el máximo valor registrado, luego multiplicados por 12, para llegar nuevamente a una escala de 1 a 12 y así asignar el mismo peso a cada grupo. La metodología presentada a continuación se basa en un análisis por taxa; en el punto 7 del documento proponemos una segunda metodología "método basado en inventarios" que fue desarrollada para los grupos de flora, la misma que permite, de cierta forma, verificar los resultados obtenidos según el "método basado en taxa".

### **Riqueza de especies**

La riqueza de especies o diversidad, en este estudio se entiende como el número de especies dentro de un área definida. En los mapas elaborados según el método basado en taxa, se indica la diversidad por celda de cuadrícula, cuya superficie equivale aproximadamente a 13 km<sup>2</sup>. (Para los análisis basados en inventarios, se indica la diversidad estandarizada a una superficie de aproximadamente 5000 km<sup>2</sup> ).

### **Cartografía**



Para generar el mapa de **diversidad** (Mapa 10) para un grupo de fauna o flora, en cada celda se suman los valores de probabilidad de presencia de cada especie de este grupo.

## MAPA DIVERSIDAD



### **Endemismo**

Una especie es endémica para un área si esta ocurre solamente dentro de ella. Refiriéndose a una sola área definida, se puede hablar únicamente de especies "endémicas" y "no endémicas".

En este estudio, se aplica una medida continua de **endemismo**, que mide el endemismo de una especie según la superficie de su rango de distribución, de manera que mientras más pequeño es el rango de distribución de la especie, la especie es considerada con un nivel mayor de endemismo.

Entonces, para atribuir un valor de endemismo a una especie, se calcula el inverso de la superficie de su rango de distribución (Usher 1986). Para obtener el índice de endemismo de un área, se calcula el promedio de los inversos de los rangos estimados de las especies que ocurren en la misma.

Cuando trabajamos en cuadrícula, el rango de una especie se puede medir en la unidad "*celdas de cuadrícula*". Así, el inverso del rango de una especie equivale a la parte que una celda representa del rango global de esta especie. Por esto, el índice de endemismo se puede medir como porcentaje y se entiende como "promedio de la fracción que una celda representa del rango de distribución de las especies que ocurren en ella" (ver Müller *et al* (in prep.)). Este índice de endemismo es completamente independiente de la diversidad.

(Para los análisis basados en inventarios, el índice de endemismo indica el promedio de la fracción que una superficie estándar de 5000 km<sup>2</sup> representaría del rango de distribución de las especies que ocurren en la zona analizada).

### **Contribución y contribución específica de un área a la diversidad de especies**

La **contribución** de un área a la biodiversidad es una medida que combina endemismo y diversidad. La medida mayormente aplicada que combina diversidad y endemismo es la "range size rarity" (Williams 1994), que se calcula para determinada área sumando los



inversos de las superficies de los rangos de distribución de las especies que ocurren en ella.

Cuando se trabaja en cuadrícula, el rango de una especie se puede medir en la unidad "celdas de cuadrícula". Así, el inverso del rango de distribución de una especie equivale a la parte que una celda representa del rango global de esta especie. La suma de esas partes para cada especie indica cuantos "*equivalentes de rango de especies*" están representadas por celda, o cuál es la *contribución* de esa celda a la diversidad global (Kier & Barthlott 2001).

A manera de ejemplo: Si una celda imaginaria *A* contiene dos especies, ambas con rangos de distribución de dos celdas, la *contribución* de la celda *A* es uno. Eso indica que la celda *A* proporciona *dos mitades* o *un* equivalente de rango. Para una celda *B*, que contiene una sola especie con el rango de distribución equivalente a la superficie la misma celda, el valor de contribución también resulta "uno". En términos de conservación, eso significa: Si se pierde la celda *A*, se pierden dos mitades de rangos de distribución de especies o un equivalente de rango. Si se pierde la celda *B*, se pierde el rango de distribución completo de una especie, es decir, un equivalente de rango (es decir, la extinción de la especie). Por eso, la *contribución* puede directamente ser utilizada para deducir recomendaciones para la conservación de especies.

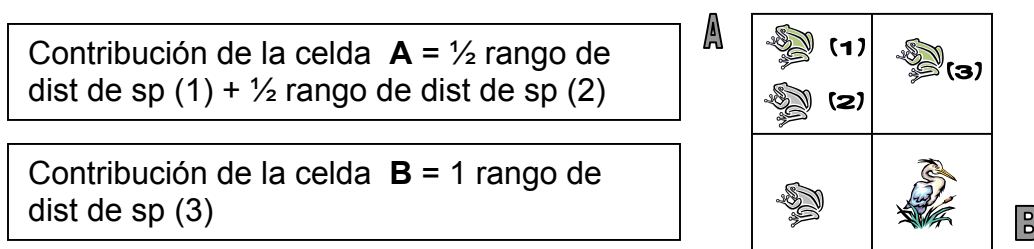


Figura 2. Esquema ejemplificado del criterio de Contribución

Para cualquier área definida, se pueden sumar las fracciones que esta área representa de los rangos de distribución de las especies que contiene. Así, se puede calcular la *contribución* de un área protegida a la diversidad de especies de un país. La *contribución* de un área equivale a la suma de las *contribuciones* de todas sus partes, dentro de una región homogénea, donde existe una relación lineal entre la *contribución* y la superficie de un área (Kier & Barthlott 2001).



Para comparar áreas de diferentes superficies, la *contribución* se puede dividir por la superficie de cada área, obteniendo así la ***contribución específica*** de un área a la diversidad de especies.

Trabajando en cuadrícula, donde se comparan celdas de una misma superficie estandarizada, la *contribución* de una celda es la *contribución específica* de la misma, estandarizada a la superficie de una celda (13 km<sup>2</sup>).

(Para los análisis basados en inventarios, la contribución se indica estandarizada a una superficie de aprox. 5000 km<sup>2</sup> ).

### Cartografía (Endemismo y Contribución)

Para calcular los índices de **endemismo** (Mapa 11) y de **contribución** (Mapa 12), es necesario conocer la superficie del rango de distribución de cada especie. Los rangos de especies endémicas para los Yungas se estiman sumando la probabilidad de presencia en todas las celdas de cuadrícula. Para las demás especies (especies con parte de su rango fuera de los Yungas), se estima la superficie de su distribución global según información bibliográfica, definiendo las siguientes clases de endemismo:

#### **Flora**

Endémico local:	10.000 km <sup>2</sup> (o cálculo directo)
Endémico provincial:	30.000 km <sup>2</sup>
Endémico nacional/subcoregional:	100.000 km <sup>2</sup>
Endémico ecoregional:	300.000 km <sup>2</sup>
Medianamente a muy ampliamente distribuida:	1.000.000 km <sup>2</sup>

#### **Fauna**

Endémico nacional/subcoregional:	100.000 km <sup>2</sup> (o cálculo directo)
Endémico ecoregional:	300.000 km <sup>2</sup>
Medianamente distribuida:	1.000.000 km <sup>2</sup>
Ampliamente distribuida:	3.000.000 km <sup>2</sup>
Muy ampliamente distribuida:	10.000.000 km <sup>2</sup>



Con esos valores, en cada celda se aplica la fórmula:

$$\text{ÍNDICE DE ENDEMISMO} = \frac{\text{ÍNDICE DE CONTRIBUCIÓN}}{\text{DIVERSIDAD}}$$

Donde

$$\text{ÍNDICE DE CONTRIBUCIÓN} = \sum_{x=1}^{x=N} \frac{\text{PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA ESPECIE X}}{\text{DISTRIBUCIÓN GLOBAL DE LA ESPECIE X (EN CELDAS)}}$$

Donde N = número de especies del grupo analizado

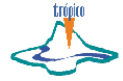
Un ejemplo del cálculo de la distribución global de una especie (en celdas):

$$100.000 \text{ km}^2 / 13 \text{ (} 13 \text{ km}^2 = 1 \text{ celda)}$$

Para flora, se utilizan sólo las categorías "endémico local" hasta "pobrementemente a ampliamente distribuida", debido a los rangos generalmente mas restringidos en comparación con las especies de fauna. Para fauna, solo se aplicaron las categorías "endémico nacional" hasta "ampliamente distribuida". Todos los endémicos locales de fauna están restringidos al área de estudio, así que su rango se puede calcular directamente.

La categoría "endémicos local" corresponde a especies que fueron colectadas dentro de un radio de 50 km, la de "endémicos provinciales" a especies distribuidos dentro de un radio de 200 km. "Endémicos nacionales/subcoregionales" se conocen únicamente para Bolivia y para un país vecino, estando solamente en un área relativamente reducida (como por ejemplo en Chaco Serrano entre Bolivia y Argentina). Endémicos ecoregionales se conocen sólo en una ecoregión, como por ejemplo el Sudoeste de la Amazonía.

Especies "medianamente distribuidas" ocupan rangos como por ejemplo toda la Amazonía, una especie "ampliamente distribuida puede estar en toda la neotrópica, y una especie "muy ampliamente distribuida es cosmopolita.



## **MAPA DE ENDEMISMO**



## **MAPA DE CONTRIBUCIÓN**



### **Estatus de conservación**

El estatus de conservación de una especie busca cuantificar la amenaza de extinción que esta enfrenta. Existen varias clasificaciones en el mundo. Para los grupos analizados de flora, no existe ninguna clasificación suficientemente confiable y detallada que pueda ser representada cartográficamente en este estudio.

Para fauna se utilizó la lista roja de especies amenazadas de la UICN (2000) y el Libro rojo de los vertebrados de Bolivia (Ergueta & Morales 1996).

Los criterios de amenaza considerados fueron cuatro niveles con la siguiente valoración para cada nivel:

Especies en Peligro Crítico	(CR)	: 4 puntos
Especies en Peligro	(EN)	: 2 puntos
Especies Vulnerables	(VU)	: 1 puntos
Otras categorías (EX, EW, NT, LC, DD y NE)		: 0 puntos

Donde	EX: Extinta
	EW: Extinta en la vida silvestre
	NT: Casi amenazada
	LC: Menor preocupación
	DD: Datos Deficientes
	NE: No Evaluada

### **Cartografía**

El mapa de **estatus de conservación** (sólo para fauna) (Mapa 13) se elaboró asignando a cada especie una de las categorías de acuerdo a la UICN y asignando, a su vez, a cada categoría un valor determinado, luego, dentro de cada celda de cuadrícula, fueron multiplicados por la probabilidad de ocurrencia de la especie, y los resultados de estas multiplicaciones fueron adicionados. El resultado da lugar a un mapa que valora



las celdas según la ocurrencia de especies con un nivel mayor o menor de amenaza de acuerdo a su ocurrencia en la zona.

### **MAPA DE ESTATUS DE CONSERVACIÓN**



### ***Pérdida de hábitat***

Es difícil cuantificar el peligro de extinción que corre una especie, generalmente estas cuantificaciones se basan en un conjunto de factores difícilmente verificables (Ibisch et al. 2001). Probablemente, la amenaza más importante para especies de fauna y flora es la alteración o pérdida de su hábitat. Ibisch et al. (en prensa) proponen una definición del estatus de conservación de una especie basada en la pérdida de hábitat, que permite basarse en un solo criterio verificable y cuantificable. En este estudio, el criterio de especies amenazadas por pérdida de hábitat se efectúa sólo para flora. Para el análisis se utilizan tres categorías de amenaza que puede enfrentar una especie por pérdida de hábitat, esto se basa en el porcentaje de la superficie del rango de distribución dentro del área de estudio que ha sufrido intervención antrópica considerable. No se toma en cuenta un posible efecto positivo de intervención humana para algunas especies.

**Tabla 7. Categoría de amenaza según el grado de intervención**

<b>% del rango que ha sido intervenido</b>	<b>categoría de amenaza por pérdida de hábitat</b>
<40%	0
40-70%	1
70-100%	2

En esta clasificación, basada únicamente en el rango de distribución dentro de los Yungas Bolivianos, no se toman en cuenta las zonas del rango de distribución (intactos o intervenidos) de una especie fuera de los Yungas. Para tal propósito, se realizó el mismo análisis únicamente tomando en cuenta especies endémicas, para después comparar los resultados.

Resultaría interesante tomar en cuenta la superficie absoluta que queda del hábitat intacto, a parte del porcentaje de pérdida (ver Ibisch et al. en prensa). En este estudio, no se realizó tal clasificación, ya que los criterios de endemismo y contribución dan



mucha importancia a especies con rangos restringidos, y debido a las dificultades que presenta la estimación de rangos viables mínimos.

### Cartografía

Para el mapeo de las amenazas por **pérdida de hábitat** (sólo para flora) (Mapa 14), se calculó, para cada especie, el porcentaje de su rango dentro de los Yungas Bolivianos, que coincide con áreas intervenidas (Mapa 5). Según estos porcentajes, se asignaron valores entre 0 y 2 a cada especie. En cada celda, estos valores de amenaza por pérdida de hábitat por especie se multiplicaron con las probabilidades de ocurrencia y los resultados de estas multiplicaciones fueron adicionados. El mapa resultante valora las celdas según la ocurrencia de especies con diferentes niveles de amenaza por pérdida de hábitat.

### Sensibilidad

Algunas especies son más vulnerables que otras a perturbaciones generadas por actividades humanas. Las especies sensibles son aquellas que pueden enfrentar peligros de extinción en momentos en los cuales su ambiente se encuentra disturbado. Existen especies de alta sensibilidad, para las cuales cualquier alteración de su ambiente significa un proceso de inestabilidad, capaz de producir una extinción local. Sin embargo, también existen otras especies que poseen la potencialidad de adaptarse y hasta beneficiarse frente a diferentes tipos de alteraciones, con lo cual el riesgo de amenaza de extinción es menor.

El criterio de sensibilidad aplicado en este estudio es utilizado únicamente en aves, siguiendo la base de datos de Stotz, et al (1996) en la que se encuentran clasificadas las aves del Neotrópico con determinada categoría de sensibilidad. A cada categoría se le ha asignado los siguientes valores:

Sensibilidad Alta	= 2
Sensibilidad Media	= 1
Sensibilidad Baja	= 0

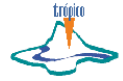
### Cartografía

El mapa de **sensibilidad** (Mapa 11) (sólo para aves) se elaboró asignando a cada especie una de las categorías de sensibilidad, luego fueron multiplicadas por la probabilidad de ocurrencia de la especie en cada celda, para después sumar estos



valores. El resultado da lugar a un mapa valorando celdas según la ocurrencia de especies con un nivel mayor o menor de sensibilidad.

### **MAPA DE PÉRDIDA DE HÁBITAT**



## **MAPA DE SENSIBILIDAD**



## **Criterios de Paisaje**

Los criterios de paisaje identifican prioridades de conservación basados en tipos de vegetación e intervención humana, y no en especies individuales (como era el caso para los criterios ecológicos).

### **Remanencia**

El criterio de remanencia compara los diferentes tipos de vegetación según el grado de intervención antrópica (Mapa 5). El análisis se basa en el mapa de Vegetación Potencial (Mapa 4) y el mapa de Intervención humana (Mapa 16). Los 23 tipos de vegetación potencial identificados en el mapa correspondiente, son divididos en subtipos al norte y subtipos al sur de la cordillera Tunari-Cocapata, esto para tomar en cuenta las importantes diferencias biogeográficas que existen entre estas dos partes del área de estudio.

### **Cartografía**

Para cada uno de estos tipos de vegetación, se calcula la superficie original según el mapa de vegetación potencial en la unidad "celdas de cuadrícula", el número de celdas intervenidas y el porcentaje de celdas intervenidas. Para elaborar el mapa de prioridad según el criterio de remanencia, a cada celda intacta se atribuye el valor del porcentaje de celdas intervenidas del tipo de vegetación al que corresponde. Así, un porcentaje más elevado indica una prioridad más elevada. A las celdas intervenidas se les atribuye el valor "0".



## **Fragmentación**

La fragmentación (Mapa 17) de un tipo de vegetación representa otro componente de la intervención humana. Se intenta medir la presión humana sobre el área remanente de los diferentes tipos de vegetación. Igual que para el criterio de remanencia, el análisis se basa en el mapa de vegetación potencial (Mapa 4) y el mapa de intervención humana (Mapa 5). Los tipos de vegetación también se dividen en subtipos al este y al oeste de la cordillera Tunari-Cocapata.

### *Cartografía*

Para cada subtipo de vegetación potencial, se calcula el porcentaje de celdas intactas cuyos vecinos son celdas intervenidas. Para generar el mapa de prioridades según el criterio de la fragmentación, a cada celda intacta se le atribuye el porcentaje de celdas vecinas intervenidas del subtipo de vegetación correspondiente. Así, un porcentaje más elevado indica una prioridad más elevada. A las celdas intervenidas se les atribuye el valor "0".

## **Diversidad de ecosistemas**

En este análisis, se genera un mapa de diversidad de condiciones abióticas de las diferentes zonas del área de estudio. Si dentro de un área pequeña se encuentra una gran heterogeneidad de ambientes, esta área puede presentar una diversidad de especies relativamente mayor en comparación con áreas más uniformes. Por esto, pensando en posibles áreas protegidas, un área con gran diversidad de ecosistemas ofrece la posibilidad de representar un número de hábitats y especies relativamente grande (ver también Ibisch et al. 2001).

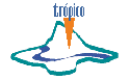
### *Cartografía*

Para la elaboración del mapa de diversidad de ecosistemas (Mapa 18), se compararon áreas cuadradas de 10 min. (aprox. 18 km) de ancho, con una superficie aproximada de 325 km<sup>2</sup>. Cada una de esas áreas base contiene 25 celdas de cuadrícula. Solamente se definieron áreas base completas, es decir no se analizaron los bordes de la ecoregión, donde no era posible formar un cuadrado de 25 celdas de cuadrícula.

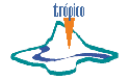


Para cada área base, se calculó la altura mínima y la altura máxima, comparando las 25 celdas de cuadrícula (este cálculo se efectuó en Excel). Así se elaboró un mapa de diversidad de alturas, que indica la diferencia entre la altura máxima de la celda más alta y la altura mínima de la celda más baja. No se tomaron en cuenta alturas por encima de los 3500 m.s.n.m., ya que esas alturas no forman parte de la ecoregión de los Yungas. Análogamente se efectuaron los cálculos para la diversidad de condiciones de humedad. Se calculó la diferencia del número de meses áridos entre la celda más húmeda y la celda más seca, de las 25 celdas de cada área base. Para preparar un mapa que combine la diversidad de alturas y humedades, se partió de la estimación que un cambio de 750 m de altura tiene efectos comparables sobre la flora y la fauna como un cambio de 1.5 meses áridos. Por eso, para llegar al índice de diversidad de ecosistemas, se sumaron las diferencias de alturas divididas por 750 con las diferencias de humedades divididas por 1.5.

### **MAPA DE REMANENCIA**



## **MAPA DE FRAGMENTACIÓN**



**MAPA DE DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS**



## **Criterios Conservación**

### **Representación de ecosistemas en áreas protegidas**

Este análisis identifica áreas con tipos de vegetación que tienen baja representación en las áreas protegidas dentro de los Yungas Bolivianos (Mapa 20). Se basa en los mapas de áreas protegidas (Mapa 18), áreas intervenidas (Mapa 5) y el mapa de vegetación potencial (Mapa 4). Así como en los análisis de remanencia y fragmentación, para cada tipo de vegetación potencial se definieron subtipos al este y al oeste de la cordillera Tunari-Cocapata.

### **Cartografía**

Para cada subtipo, se calculó el porcentaje de celdas intactas fuera de las áreas protegidas. (Parques Nacionales, Reservas de la Biosfera y Áreas Naturales de Manejo Integrado). Este porcentaje indica directamente la falta de representación de tipos de vegetación en las áreas protegidas de la ecoregión de Yungas.

### **Representación de especies en áreas protegidas**

En base a los grupos de fauna y flora analizados, se identifican áreas con una baja representación de especies (ver Müller et al. in prep.). Por esto, para cada especie, se



calcula el porcentaje de su rango de distribución dentro de los Yungas Bolivianos que coincide con áreas protegidas (Parques Nacionales, Reservas de la Biosfera y Áreas Naturales de Manejo Integrado). Se definen tres clases de representación, a las cuales se atribuyen valores de prioridad de representación entre 0 y 2:

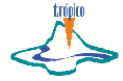
**Tabla 8. Prioridad de representación según el porcentaje del rango de distribución en AAPP**

% del rango de dist dentro de áreas protegidas	valor de prioridad de representación
<12,5 %	2
12,5-25 %	1
>25 %	0

### *Cartografía*

Para la elaboración del mapa de prioridad de representación de especies en áreas protegidas (Mapa 21), en cada celda se multiplican los valores de prioridad de representación de cada especie con las probabilidades de ocurrencia, para después sumar los valores.

## **MAPA DE ÁREAS PROTEGIDAS – ECOREGIÓN DE YUNGAS**



## **MAPA DE REPRESENTACIÓN DE ECOSISTEMAS EN AAPP**





## **MAPA DE REPRESENTACIÓN DE ESPECIES EN AAPP**

### **Contribución de áreas protegidas a la biodiversidad**

En este análisis, se calculan la contribución y la contribución específica de cada área protegida (Kier *et al.* 2001).

Para calcular la contribución de un área protegida, se suman los valores de contribución total (basada en todos los grupos analizados) de todas las celdas de cuadrícula que forman parte de la misma área protegida.

Para calcular la contribución específica de un área protegida, la contribución se divide por su superficie, en este caso por el número de celdas de cuadrícula que contiene. Los valores de contribución específica se normalizan de manera que el valor "1" indica una contribución específica promedio con referencia a los Yungas Bolivianos en total.

### **Método basado en Inventarios**

Esta metodología es una propuesta alternativa a la metodología anteriormente expuesta, y se aplica para los criterios de diversidad, endemismo y contribución. El método basado en inventarios nos permite verificar la posibilidad de encontrar artefactos que podrían haber ocurrido utilizando la metodología basada en taxa, por la acumulación o falta de



registros en ciertas partes del área de estudio. En este estudio, el método basado en inventarios se aplica exclusivamente para flora, por razones de tiempo y por una menor probabilidad de encontrar artefactos importantes de intensidad de colecta en los grupos de fauna, ya que estos artefactos dependen, entre otros, del porcentaje de endemismo, el cual es mucho menor para los grupos analizados de fauna.

El método basado en inventarios (ver Barthlott et al. 1999, Müller et al. in prep.) no se basa en especies individuales (como el método basado en taxa), sino en listas de colectas o inventarios de diferentes partes del área de estudio, solamente se analiza la diversidad y el endemismo de estas partes en sí, en base a los registros disponibles. No se analiza directamente qué especies ocurren en un área o cuáles podrían estar presentes en esta.

Para evitar el ya mencionado artefacto de intensidad de colectas, se aplica un modelo para estimar el verdadero número de especies en "áreas poco estudiadas", para este caso se utiliza la fórmula Chao I (Chao & Lee 1992, Colwell & Coddington 1994).

### **Zonificación**

El primer paso para realizar un mapa de diversidad basado en inventarios, es la zonificación del área de estudio. El área de estudio se divide en zonas relativamente homogéneas de una superficie comparable (aproximadamente 5000 km<sup>2</sup>), dentro de las cuales se supone que la diversidad se mantenga a un nivel uniforme. En este estudio la zonificación se basa en el modelo de altura y el mapa de meses áridos, y para tomar en cuenta factores históricos, se respeta la distancia geográfica, creando sólo zonas enteras.

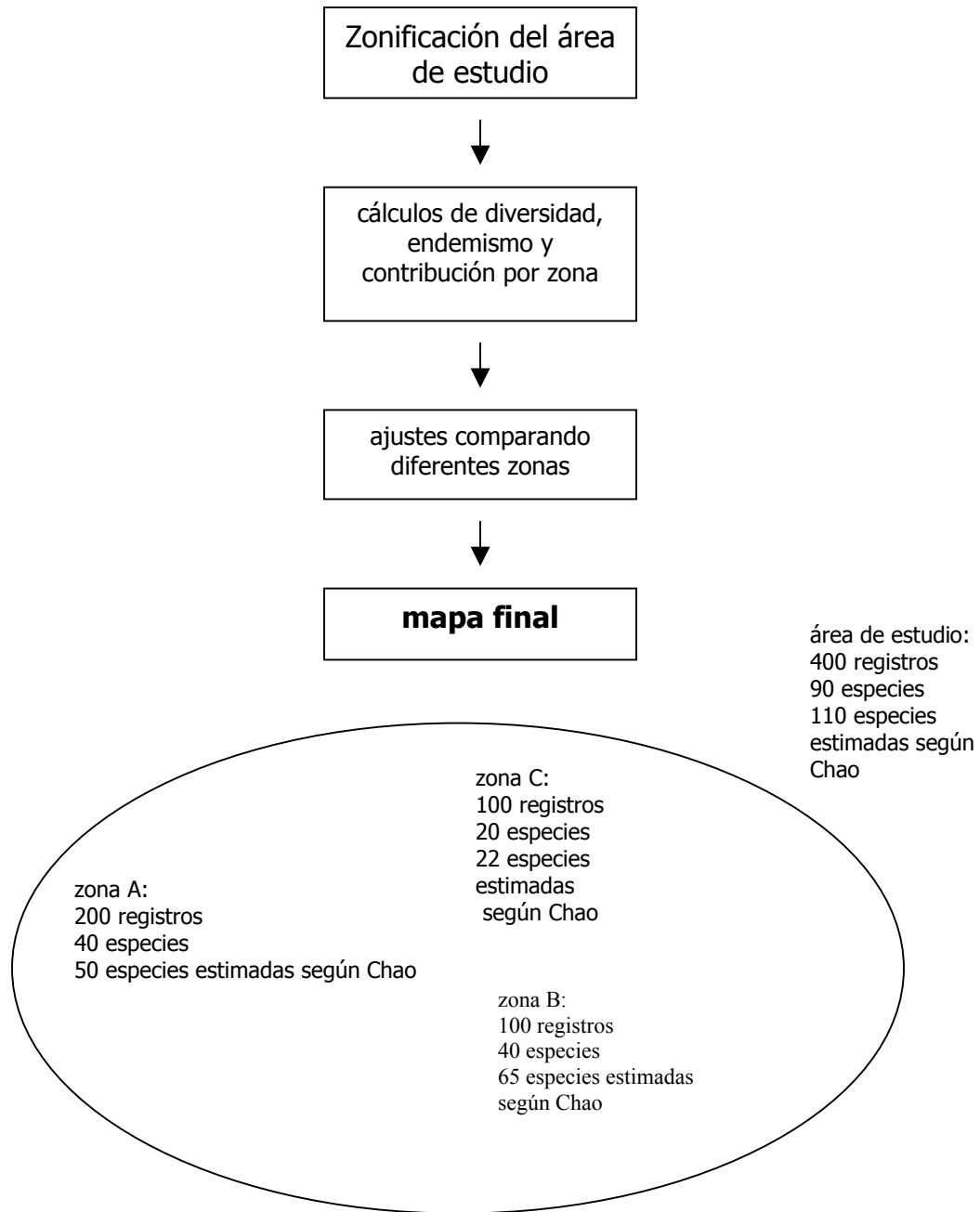


Figura 3. Esquema del mapeo de biodiversidad basado en inventarios (ver Müller et al. in prep.)  
**Extrapolación de diversidad y endemismo**



Para cada zona, se genera una tabla de registros ubicados en ella. Para la diversidad de una zona, se aplica la fórmula Chao I (Chao & Lee 1992):

$$S_{exp} = S_{con} + \frac{a^2}{2b} \quad (3)$$

Siendo  $S_{exp}$  el número verdadero de especies esperado,  $S_{con}$  el número de especies conocidas en la zona,  $a$  el número de especies encontradas una sola vez y  $b$  el número de especies encontradas exactamente dos veces en esta zona.

Es importante mencionar que esta fórmula se basa en la intensidad de colecta dentro de un área definida, y no debe ser confundido con modelos especies-área, que describen la relación entre la diversidad y la superficie de un área.

Para medir el endemismo, se clasifican todas las especies según la superficie estimada del rango global de distribución. Se utiliza la definición de cinco clases de endemismo que se explicó en 3.3.4.3:

Basándose en estas definiciones, se calculan el índice de endemismo y la contribución para cada celda. Esta última se basa en la diversidad extrapolada, multiplicando el índice de endemismo con el número verdadero estimado de especies (ver Müller et al. in prep.).

### Ajustes

Algunas zonas no cuentan con un número representativo de colectas, de manera que no es posible trabajar directamente con la diversidad extrapolada o con el endemismo calculado. En todas las zonas se presentan fluctuaciones estadísticas debido a la aplicación de la fórmula Chao. Por estas razones, los valores obtenidos se comparan con zonas cercanas que tienen condiciones comparables y con zonas "superiores". Por ejemplo, los valores para las zonas del Chapare (llanura, pie de monte, bosque montano, ceja de monte) se verifican con los valores obtenidos para el Chapare en total y para el "Chapare bajo" (llanura y pie de monte) y el "Chapare alto" (bosque montano y ceja de monte). Puede ocurrir, que la diversidad extrapolada para "Chapare llanura"



supere los valores del "Chapare bajo". En este caso y en casos parecidos, los valores se ajustan manualmente según las comparaciones, con el fin de llegar a una aproximación más exacta de la realidad.

La diversidad de un área depende también de su superficie. Para obtener un mapa de diversidad con valores comparables y aplicables para la planificación de medidas de conservación, se deben definir zonas de una misma superficie o ajustar los valores de diversidad a una superficie estándar.

En este estudio, se intenta definir zonas con superficies comparables. Sin embargo, por las diferencias existentes e inevitables, sería bueno aplicar un modelo especies-área (ver Barthlott *et al.* 1999). Aquí se presenta un problema: la diversidad calculada para una zona no depende directamente de su superficie definida, sino de la dispersión de los registros tomados en cuenta. A la escala del trabajo presentado, los registros generalmente se presentan en acumulaciones al lado de carreteras o centros de investigación, y de esas acumulaciones es imposible calcular una superficie exacta (por ejemplo, qué superficie se atribuiría a dos acumulaciones de registros separados por 50 km, de las cuales una contenga el 80% y la otra el 20% de los registros). La mayoría de las zonas con un número representativo de especies contiene dispersiones comparables de registros, en los demás casos se ajustaron los valores según el método descrito anteriormente. No se aplicó un modelo especies-área, pero ajustando los valores se pensó en una superficie estándar de aproximadamente 5.000 km<sup>2</sup>, lo que equivale aproximadamente a una superficie promedio de las zonas definidas. Así, los valores atribuidos a los valles secos o a otras zonas relativamente pequeñas, indican el número estimado de especies en un área estándar de 5.000 km<sup>2</sup>, y por eso superan el número probable de especies realmente presentes en estas zonas relativamente pequeñas).

Los mapas elaborados en base a esta metodología se encuentran en los anexos del documento.



## Resultados

### Criterios Ecológicos

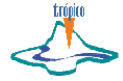
#### **Fauna**

##### **Aves**

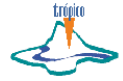
Los resultados encontrados para Aves (Mapa 22) reflejan una mayor diversidad de especies en las zonas bajas de la ecoregión. La distribución de las aves se concentra sobre todo en los valles, en las provincias de Sur y Nor Yungas, así como Caranavi. La mayor diversidad se halla distribuida entre los 600 y los 1700 metros sobre el nivel del mar con un promedio de 1 a 3 de meses áridos. El mapa para el índice de endemismo (Mapa 23) refleja una clara tendencia a encontrar especies endémicas en zonas de altura, por encima de los 2500 m.s.n.m.. Los índices de mayor endemismo se encontraron en el departamento de Cochabamba. La mayor contribución a la diversidad de aves (Mapa 24) se concentra en tres zonas principales: cerca al valle de Consata, las provincias de Inquisivi, Nor y Sud Yungas en La Paz, y entre las provincias de Chapare y Tiraque de Cochabamba.

##### **Mamíferos**

La mayor diversidad de mamíferos (Mapa 25) se encuentra en las zonas más bajas de la ecoregión, con centros de mayor diversidad en las provincias de Sud Yungas e Iturrealde del departamento de La Paz, e Ichilo del departamento de Santa Cruz, entre los 0 a 1000 m.s.n.m., con un promedio de 2 meses áridos. Los centros de endemismo (Mapa 26) encontrados para la ecoregión están en el departamento de La Paz (provincias Larecaja y Sud yungas) por encima de los 2500 m.s.n.m.. En cuanto a contribución (Mapa 27) la ecoregión presenta dos centros principales en La Paz (entre las prov. Murillo Sud y Nor Yungas), y Cochabamba (prov. Carrasco).



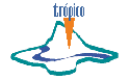
## **MAPA DE DIVERSIDAD DE AVES**



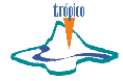
## **MAPA DE ENDEMISMO - AVES**



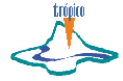
## **MAPA DE CONTRIBUCIÓN – AVES**



## **MAPA DE DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS**



## **MAPA DE ENDEMISMO – MAMÍFEROS**



## **MAPA DE CONTRIBUCIÓN - MAMÍFEROS**



### **Fauna (Aves y Mamíferos)**

En el análisis conjunto de fauna (aves y mamíferos) (Mapa 28), las celdas que presentan mayor diversidad se encuentran en las provincias Larecaja, Nor y Sud Yungas y Caranavi del departamento de La Paz. En general las zonas más bajas son las que presentan una mayor diversidad tanto de aves como de mamíferos. Los centros de endemismo (Mapa 29) más representativos se centran en la provincia Larecaja por encima de los 2500 metros sobre el nivel del mar. Las llanuras en este caso presentan un índice muy bajo de endemismo. La contribución a la biodiversidad (Mapa 30) está representada en dos centros principales en La Paz y Cochabamba a alturas por encima de los 2000 m.s.n.m..

### **Flora**

#### **Begoniaceae:**

Según el método basado en taxa, la diversidad de Begoniaceae (Mapa 31) se concentra en la provincia de Sud Yungas y en las zonas aledañas de Nor Yungas y Inquisivi, en elevaciones de aproximadamente 1500 a 2500 m.s.n.m.. con 2 a 2.5 meses áridos. En la llanura y zonas secas la diversidad es relativamente baja. El método basado en inventarios (Mapa 31i) muestra resultados muy similares, destacando un poco más la diversidad de los bosques montanos del Chapare.

Los patrones de endemismo coinciden bien con los patrones de diversidad. El método basado en taxa muestra dos centros de endemismo (Mapa 32), uno en elevaciones medias en Sud Yungas, y otro en las partes altas del Chapare. El método basado en inventarios identifica centros de endemismo menos puntuales (Mapa 32i), en los bosques montanos del Chapare y también de Sud Yungas. Ambos métodos atribuyen valores altos a Nor Yungas, Sud Yungas y Chapare.

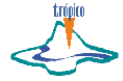
Las contribuciones se distribuyen de manera intermedia entre diversidad y endemismo (Mapa 33 y 33i).



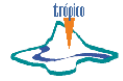
## **MAPA DE DIVERSIDAD - FAUNA**



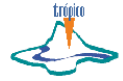
## **MAPA DE ENDEMISMO - FAUNA**



## **MAPA DE CONTRIBUCIÓN – FAUNA**



## **MAPA DE DIVERSIDAD – FAMILIA BEGONIACEAE**



**MAPA DE ENDEMISMO – FAMILIA BEGONIACEAE** (Método basado en taxa)



**MAPA DE CONTRIBUCIÓN – FAMILIA BEGONIACEAE** (Método basado en taxa)

***Passifloraceae:***

Según el método basado en taxa, los centros de diversidad se encuentran en los valles bajos hasta medianos de los Yungas de La Paz (Mapa 34). Las celdas más diversas se caracterizan por valores intermedios de humedad, e incluyen un gran rango de alturas intermedias.

El método basado en inventarios destaca la diversidad de las tierras bajas del norte del área de estudio (Mapa 34i), especialmente la provincia Iturrealde, pero coincide con una alta diversidad de los valles bajos hasta medianos de los Yungas de La Paz. Se puede observar un gradiente latitudinal, con una diversidad que incrementa hacia el norte, y las zonas húmedas resultan generalmente más diversas que las zonas secas.

El índice de endemismo muestra resultados parecidos según ambos métodos (Mapa 35 y 35i). Se observa un gradiente altitudinal, con valores que se incrementan con la altura, y un centro de endemismo muy distinguible en las partes altas y húmedas de los Yungas de La Paz. Valores importantes de endemismo se encuentran también en áreas elevadas del Chapare, en la zona de Ulla Ulla, Inquisivi y a alturas medianas de los Yungas de La Paz.

Los resultados difieren ligeramente entre ambos métodos en el Chapare, donde alturas elevadas tienen más importancia según el método basado en taxa, mientras el método basado en inventarios destaca también alturas medias (pie de monte).

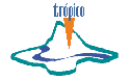
Los patrones del índice de contribución son similares a los patrones del índice de endemismo (Mapa 36 y 36i). Según el método basado en taxa, se observa una muy fuerte concentración de valores elevados en las partes altas y húmedas de los Yungas de La Paz, especialmente en los alrededores de Unduavi. Esta concentración también se presenta siguiendo la otra metodología, pero es mucho menos puntual, los valores altos siguen hasta áreas bajas al norte y los valores de zonas intermedias del Chapare son relativamente más importantes.



**MAPA DE DIVERSIDAD – FAMILIA PASSIFLORACEAE** (método basado en taxa)



**MAPA DE ENDEMISMO – FAMILIA PASSIFLORACEAE** (método basado en taxa)



**MAPA DE CONTRIBUCIÓN – FAMILIA PASSIFLORACEAE** (método basado en taxa)



### **Solanaceae**

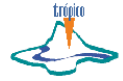
La diversidad de Solanaceae se distribuye de forma bastante regular. El método basado en taxa identifica máximos de diversidad (Mapa 37) a alturas intermedias de varias zonas desde el norte hasta el sur del área de estudio con un promedio de 1.5 a 2.5 meses áridos, con una mayor concentración en Nor Yungas cerca de Coroico. Según el método basado en inventarios (Mapa 37i) existe un gradiente de diversidad entre el norte y el sur del área de estudio, con valores que se incrementan hacia el norte, así como también un gradiente de altura, con valores que bajan hacia áreas de mayor altitud. Una excepción presentan los valles interandinos al extremo sur, que también muestran valores relativamente altos. La máxima diversidad se encontraría en la provincia Iturralde, pero debemos mencionar que los valores varían relativamente poco en toda el área de estudio (entre 35 y 70 especies por 5000 km<sup>2</sup>).

El endemismo, según ambos métodos (Mapa 38 y 38i), se concentra fuertemente en la altura, siendo el centro de endemismo los bosques de neblina cerca de Unduavi. El método basado en inventarios muestra patrones un poco menos puntuales, dando más importancia a las partes altas del Chapare.

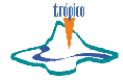
Las contribuciones, según el método basado en taxa (Mapa 39), se distribuyen como el endemismo; según el método basado en inventarios (Mapa 39i), los bosques nublados del Chapare presentan un máximo, junto con los bosques nublados de Sud Yungas, Nor Yungas y Chapare.



**MAPA DE DIVERSIDAD – FAMILIA SOLANACEAE** (método basado en taxa)



**MAPA DE ENDEMISMO – FAMILIA SOLANACEAE** (método basado en taxa)



**MAPA DE CONTRIBUCIÓN – FAMILIA SOLANACEAE** (método basado en taxa)



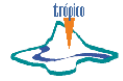
### **Flora total (3 familias)**

La diversidad combinada de las tres familias analizadas, según el método basado en taxa (Mapa 40), se concentra en alturas intermedias entre 1000 y 2500 m, en celdas de 2 a 2.5 meses áridos, en las provincias Nor Yungas, Sud Yungas, Inquisivi y al pie del valle de Consata. Las partes bajas de la provincia de Carrasco muestran una diversidad relativamente baja, igual que áreas muy elevadas.

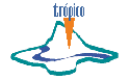
El método basado en inventarios genera patrones de diversidad bastante diferentes (Mapa 40i): La diversidad aumenta claramente hacia el norte del área de estudio y baja con la altura.

El endemismo, según ambos métodos (Mapa 41 y 41i), aumenta con la altura, y se concentra al norte de Unduavi. El método basado en taxa identifica un centro muy distinto en esta área, con centros secundarios en las partes altas de las provincias Chapare e Inquisivi. El método basado en inventarios muestra centros parecidos, pero menos concentrados y extendiéndose hacia alturas menores.

La contribución se concentra fuertemente en las partes altas de Nor- y Sud Yungas (Mapa 42), con valores medianos en partes altas entre las provincias Chapare y Saavedra y valores relativamente bajos en toda la llanura, según el método basado en taxa. El método basado en inventarios (Mapa 42i) identifica un centro de contribución en partes húmedas y elevadas (2000 a 2500 m.s.n.m.) de la provincia de Sud Yungas, con valores altos en los bosques montanos de las provincias Carrasco, Chapare, Inquisivi, Nor Yungas, Murillo y Larecaja. En la provincia Iturralde, se encuentran valores relativamente altos para un área de llanura.



**MAPA DE DIVERSIDAD – FLORA** (método basado en taxa)



**MAPA DE ENDEMISMO – FLORA** (método basado en taxa)



**MAPA DE CONTRIBUCIÓN – FLORA** (método basado en taxa)



## **Resultados globales (Flora y Fauna) para los Criterios Ecológicos**

### **Diversidad**

El mapa combinado de diversidad (Mapa 10) muestra una distribución de diversidad relativamente homogénea (en comparación con la mayoría de los mapas de diversidad de grupos de fauna y flora). La diversidad se concentra en valles de La Paz entre 1000 y 2000 m.s.n.m., con 2 y 2.5 meses áridos, los valores máximos encontrándose en los alrededores de Coroico. Generalmente, la diversidad disminuye con la altura, indicando valores altos en la llanura y valores bajos a muy bajos por encima de los 2500 m.s.n.m.. El Chapare muestra valores medianos, mientras en zonas de baja y mediana altura del Parque Nacional Amboró existen zonas con alta diversidad.

### **Endemismo**

El endemismo, según el mapa combinado (Mapa 11), presenta un gradiente altitudinal muy obvio. Se concentra claramente encima de los 2000 m.s.n.m.. en las provincias Nor Yungas, Murillo, Larecaja y Sud Yungas (parcialmente), también se encuentran valores mayores a alturas similares en el resto del área de estudio. La llanura presenta valores muy bajos.

### **Contribución**

Los patrones de contribución (Mapa 12) muestran una fuerte concentración en las provincias de Sud Yungas y Nor Yungas, a alturas entre 2000 y 3000 m.s.n.m.. Se identifica un centro secundario al margen sur del los Parques Nacionales Amboró y Carrasco, especialmente entre Monte Puncu y Siberia. El gradiente altitudinal también es muy claro, por debajo de los 1000 m.s.n.m.. sólo existen valores bajos a medianos.

### **Estatus de conservación**

El mapa generado para el estatus de conservación de aves y mamíferos (Mapa 13) representa únicamente las áreas donde se concentran la mayor cantidad de especies que se encuentran bajo algún estatus de amenaza. Estas zonas corresponden a las



áreas más bajas de la ecoregión en las provincias, Larecaja, Franz Tamayo, Sud yungas y José Ballivián.

### **Pérdida de hábitat**

Se observa una concentración muy marcada de especies amenazadas por la pérdida de su hábitat en los valles secos de las provincias de Sud Yungas, Inquisivi y Ayopaya, así como en los valles secos al sur de Parque Nacional Amboró (que en el sentido estricto ya no son parte de los Yungas Bolivianos). Valores medianos se atribuyen a los valles secos y a los bosques estacionales al norte y extremo este del área de estudio.

Las distribuciones de especies amenazadas por la pérdida de su hábitat resultaron muy uniformes para todos los grupos analizados (Mapa 14). Sólo se presenta aquí el mapa para flora, tomando en cuenta todas las especies. Mapas que solamente se basan en especies endémicas muestran patrones muy similares, con prioridades aún más altas en la altura.

### **Sensibilidad**

Las áreas donde se concentran las aves con categorías altas de sensibilidad son mayormente en las parte bajas de la ecoregión con valores mayores en las provincias Larecaja y Sud Yungas.

### **Criterios de Paisaje**

#### **Remanencia**

El criterio de remanencia indica prioridades de conservación del área restante de bosques secos y estacionales de los Yungas Bolivianos (Mapa 16). También los bosques restantes, muy húmedos de la llanura del Chapare, son clasificados como prioritarios. Los bosques húmedos montanos aparentemente están bien conservados (por encima de los 1000 m.s.n.m..).

#### **Fragmentación**

Según el criterio de fragmentación, también reciben prioridad los bosques secos a estacionales (Mapa 17). A diferencia de los resultados del análisis de remanencia, los bosques secos a estacionales de altura resultan igualmente prioritarios. Analizando los



bosques húmedos, los bosques montanos parecen presentar mayor prioridad que aquellos de llanura, a excepción de los bosques muy húmedos del Chapare, que también están clasificados como medianamente prioritarios.

### **Diversidad de ecosistemas**

El mapa de diversidad de ecosistemas (Mapa 15) refleja la variación topográfica y climática de los Yungas Bolivianos. La diversidad de ecosistemas aumenta hacia la cordillera, debido a la diversidad topográfica, así como a la diversidad climática, que resulta de patrones orográficos. La mayor diversidad de ecosistemas se encuentra en los alrededores del valle de Consata y en las partes altas de las provincias Nor Yungas, Sud Yungas, Inquisivi, Ayopaya. El margen sur del Parque Nacional Amboró también presenta valores altos.

### **Criterios de Conservación**

#### **Representación de ecosistemas en Áreas Protegidas**

Según el criterio de representación de tipos de vegetación en áreas protegidas (Mapa 20), resultan prioritarios todos los tipos de bosque seco y estacionales. También reciben valores altos los bosques muy húmedos montanos y altimontanos, en el Chapare y en el departamento de La Paz.

#### **Representación de especies en Áreas Protegidas**

Las prioridades de conservación según la representación de especies en áreas protegidas (Mapa 21) resultaron muy uniformes para todos los grupos analizados. Aquí se representa el mapa combinado de fauna y flora, tomando en cuenta todas las especies. Los mapas basados únicamente en especies endémicas muestran patrones muy similares, con prioridades aún mayores en la altura.

Se observa una concentración muy marcada de especies con baja representación en las provincias de Sud Yungas, Inquisivi y Ayopaya, así como valores altos en las áreas muy intervenidas del valle de Sorata y en el sur del Parque Nacional Amboró.



## Contribución de áreas protegidas a la biodiversidad

El área protegida con la mayor contribución a la biodiversidad es el Parque Nacional Madidi, aún sin las Áreas Naturales de Manejo Integrado correspondientes. Al mismo tiempo es el área protegida con mayor extensión.

En cuanto a contribución específica, el Parque Nacional Cotapata claramente recibe la valoración máxima. De las demás áreas protegidas, sólo el ANMI Apolobamba y el Parque Nacional Carrasco reciben valores por encima del promedio.

El conjunto de áreas protegidas tiene una contribución específica menor a la contribución específica promedio en los Yungas, es decir su distribución parece menos favorable que una imaginaria distribución casual.

La contribución específica fue normalizada, así que el valor "1" expresa una contribución específica promedio.

Tabla 9. Contribución y Contribución específica de AAPP en los Yungas bolivianos

Área protegida	superficie en celdas	contribución	Contribución específica
PN MADidi	698	2264	<b>0.81</b>
ANMI Madidi 1	455	1561	<b>0.86</b>
ANMI Madidi 2	168	647	<b>0.96</b>
ANMI Apolobamba	205	990	<b>1.21</b>
Res. de la Biosf. Pílon Lajas	306	1068	<b>0.88</b>
PN Cotapata	35	336	<b>2.4</b>
PN Isiboro Sécore	519	1271	<b>0.61</b>
PN Carrasco	494	2192	<b>1.11</b>
PN Amboró (incluso ANMIs)	454	1743	<b>0.96</b>
Áreas protegidas en total	3334	12072	<b>0,91</b>
Yungas total	8497	33826	<b>1</b>

## Discusión

En este punto se discute principalmente acerca de los resultados obtenidos, además de algunos comentarios acerca de los posibles sesgos que puedan haber ocurrido por la metodología empleada. Incluye además, comentarios y discusiones acerca de las causas probables de los resultados obtenidos (principios biológicos, reglas generales, etc.).

## Criterios ecológicos

Los resultados obtenidos con los diferentes análisis empleados para los diferentes grupos analizados, en general muestran buena congruencia respecto a patrones de diversidad, endemismo, gradientes altitudinales, etc. Esto es un indicador de que los



resultados obtenidos son confiables, sin embargo, podrían existir factores que causen errores similares en todos los grupos:

Un primer factor es la selección de los grupos analizados: Aparentemente, los resultados basados en taxa muestran una diferencia en los patrones de diversidad entre fauna y flora, indicando que para fauna, la diversidad esta relativamente más concentrada en la llanura. Este resultado puede depender del hecho de que los grupos de flora analizados son familias con una gran importancia en bosques montanos (por eso fueron elegidas), mientras que los grupos analizados en fauna se seleccionaron por criterios más prácticos (son los únicos que cuentan con información suficiente). Es posible que la diversidad de flora, en total, se concentre sobre todo en la llanura y no como indican la diversidad de las tres familias analizadas.

La idea de este estudio es analizar grupos representativos, para producir resultados que tengan validez para fauna y flora en general. Pensamos que los resultados para fauna, pero también para flora son altamente representativos. Si bien puede existir cierta inexactitud en cuanto a patrones de diversidad, la misma no debería tener una influencia importante sobre la selección de áreas prioritarias, ya que los patrones de endemismo probablemente muestran mayor coincidencia entre diferentes grupos, como también lo indican los resultados de este estudio.

La "certeza taxonómica" se mencionó como una condición necesaria para la selección de los grupos analizados. En países tropicales como Bolivia, la clasificación taxonómica "perfecta" es un objetivo prácticamente inalcanzable para grupos de alta diversidad. Especialmente registros antiguos y únicos de especies supuestamente endémicas dan lugar a dudas, más aún si se encuentran mal conservadas en museos, colecciones y herbarios que no fueron visitados por especialistas. En los análisis presentados existen algunas especies de clasificación dudosa en los centros de endemismo (por ejemplo *Solanum yungasense*, encontrado 1909 por O. Buchtien en Milliguaya, Sud Yungas, del herbario "Gray" en Harvard). Existe la posibilidad de que estas especies dudosas de alguna forma manipulen los resultados en cuanto a endemismo, dando lugar a una sobrestimación del endemismo en sitios con muchas colectas antiguas. Sin embargo, en



muchos casos se comprueba la identidad de una especie dudosa décadas después, por un registro de la misma especie en la misma zona, este es en el caso de *Begonia unilateralis*, que en el año 2001 fue recolectada por Stephan Beck en Apa Apa, Sud Yungas, cerca de Ñequejahuira, localidad tipo, donde fue colectada anteriormente por G. Tate, en 1926.

Varios cálculos realizados a manera de prueba, omitiendo registros dudosos, muestran resultados muy similares a los presentados, por lo que se puede concluir que los problemas taxonómicos generalmente no causan artefactos considerables en los análisis efectuados.

Si comparamos los resultados de los dos métodos aplicados para los grupos de flora, la existencia de un artefacto parece probable, causado por las diferentes densidades de colecta en diferentes zonas del área de estudio (ver Mueller et al. en prep.). Los mapas de diversidad de Passifloraceae y Solanaceae, según el método basado en inventarios, muestran gradientes latitudinales y altitudinales, con valores que disminuyen hacia el sur y hacia zonas más elevadas. Los mapas basados en taxa no muestran estas tendencias. Una posible explicación es la baja densidad de colectas al norte del área de estudio, especialmente en las llanuras, esto hace probable que un gran número de especies que estén presentes allí, aún no hayan sido encontradas.

Este efecto resulta aún más grave en el caso de posibles especies endémicas que existiesen en áreas inexploradas. Por esto, el método basado en inventarios muestra concentraciones menos puntuales de endemismo, ya que extrapola valores probables de diversidad y endemismo, y así incluye especies hipotéticas. Sin embargo, en regiones prácticamente inexploradas, como en el Parque Nacional Madidi, faltan bases para extrapolar estos valores probables. Por eso, los mapas basados en inventarios (punto 7) no muestran un artefacto sistemático de colecta, pero la confiabilidad de los resultados baja hacia zonas menos exploradas.

Entre los criterios ecológicos, el factor crucial en la selección de áreas prioritarias para la conservación es la contribución a la diversidad de especies. Los mapas de contribución de flora, según ambos métodos, muestran un alto grado de coincidencia y además



identifican centros muy marcados. Por eso parece poco probable que un posible artefacto de densidad de colecta tenga influencia sobre la selección de áreas prioritarias para la conservación.

Como se mencionó anteriormente, los análisis basados en inventarios sólo se aplicaron para los grupos de flora, por razones de tiempo y por que la ocurrencia de posibles artefactos de intensidad de colecta probablemente es menor; debido a que tanto mamíferos como aves tienen rangos promedios de distribución mucho más amplios que los grupos de flora. Sin embargo, es probable que los posibles artefactos discutidos para flora, también tengan validez para fauna, aunque sean menos importantes.

El gradiente latitudinal de diversidad, que según los mapas basados en inventarios se observa en las familias de Passifloraceae y Solanaceae, se podría explicar con el gradiente global de diversidad, que significa una baja de diversidad de la línea del ecuador hacia los polos.

Es probable que exista el mismo gradiente también para la fauna en general, sin que se note claramente, debido a los mencionados artefactos y a los rangos de distribución generalmente más grandes que en grupos de flora.

En la mayoría de los mapas de diversidad (de fauna y de flora) basados en taxa, los valores más altos se concentran especialmente en celdas con condiciones intermedias, es decir con alturas entre los 500 y 2000 m.s.n.m., así como humedades entre 1.5 y 3 meses áridos. Esto se debe, al menos parcialmente, al hecho de que en celdas con estas condiciones convergen rangos de un gran número de especies con una gran variedad de requerimientos ecológicos. Esta explicación parece válida para grupos que se distribuyen sobre un rango amplio de condiciones ecológicas. Sin embargo, una especie no necesariamente ocurre en todas las áreas que forman parte de su rango probable de distribución, como se supone cuando se aplica el método basado en taxa. Siguiendo el método basado en inventarios, los cálculos de extrapolación se basan en especies realmente colectadas en una zona, y no en especies que deberían ocurrir debido a sus requerimientos ecológicos. Por esto, según el método basado en inventarios, la concentración de diversidad en áreas intermedias es menos importante.



Esta reflexión también puede explicar la baja diversidad que, según el método basado en taxa, resulta para áreas muy húmedas como el Chapare. El hecho de que el método basado en inventarios (para flora) no confirma esta tendencia, indica un posible artefacto.

Para una discusión más amplia de diferencias, ventajas y desventajas de los dos métodos de mapeos de biodiversidad, véase Mueller et al. (en prep).

Analizando los diferentes grupos, se observan gradientes altitudinales de diversidad y endemismo. La diversidad generalmente se mantiene estable desde la llanura hacia alturas intermedias (1000-1500 m.s.n.m.), y encima de estas alturas, la diversidad baja. (Una excepción presenta Begoniaceae, una familia típicamente montana). Esta tendencia general se confirma por varios estudios, por ejemplo para árboles (Gentry 1995) o aves (Stotz et al. 1996).

Con respecto al gradiente altitudinal de endemismo, todos los grupos analizados coinciden: Con la altura, el endemismo aumenta de forma continua hasta los 1500 a 2500 m.s.n.m., antes de bajar nuevamente llegando al límite de bosque. Esta tendencia general también se confirma por varios autores (Gentry & Dodson 1987, Ibisch 1996, Stotz et al. 1996). Esta tendencia se puede explicar por el simple hecho de que la llanura ofrece hábitats uniformes con extensiones mayores, permitiendo así rangos más amplios, pero también por a la gran diversidad de hábitats y presencia de barreras de distribución en zonas más elevadas, que pueden aislar poblaciones y favorecer la evolución de nuevas especies, y además pueden haber presentado refugios importantes en épocas glaciales (ver Gentry 1995, Ibisch 1996, Fjeldså 2000).

La concentración de especies endémicas en la provincia de Sud Yungas se explicaría por la gran diversidad topográfica y climática de esta región, que favorece la evolución de nuevas especies por el aislamiento actual e histórico de hábitats, especialmente de islas de humedad dentro de áreas más secas.



El mapa de estatus de conservación para fauna muestra una gran coincidencia con el mapa de diversidad. Las zonas que muestran los valores mayores (alrededor de 12 en la escala) son también sitios con un nivel alto de diversidad. Esto se debe a que la clasificación utilizada (UICN) se basa sobre todo en amenazas por cacería o uso, y no por pérdida de hábitat, como el análisis realizado para flora. El mapa de sensibilidad, muestra alta coincidencia con el mapa de diversidad de aves. Esto porque el valor de sensibilidad asignado a cada especie es multiplicado por la probabilidad de ocurrencia de la especie. Así, las zonas con valores altos en sensibilidad son áreas donde también se concentra la mayor diversidad de especies. Este criterio es utilizado sólo para aves y por esta razón no ha sido considerado en la valoración final.

Los resultados para especies amenazadas por la pérdida de hábitat (para flora), se explican por comparación con el mapa de intervención humana y los mapas de endemismo. Las mayores amenazas se identifican en zonas y tipos de vegetación intervenidos, donde además existen muchas especies con rangos restringidos, como los valles secos de Sud Yungas. Es importante tomar en cuenta que los resultados mostrados en el mapa de pérdida de hábitat (Mapa 14) reflejan una clasificación de amenaza de una especie basada en su rangos de distribución dentro de los Yungas, sin tomar en cuenta posibles distribuciones fuera del área de estudio. La elaboración de un mapa de amenaza por pérdida de hábitat considerando sólo especies endémicas dio resultados muy similares, y por esto no fue incluido en este documento.

También hay que tomar en cuenta que el grado de amenaza de una especie se calculó como porcentaje que presentan áreas intervenidas de su rango, sin valorar la superficie absoluta de su rango intacto.

### **Criterios de paisaje**

Los análisis de remanencia y fragmentación dependen fuertemente de la clasificación de la vegetación potencial. Sin embargo, la identificación de áreas relativamente secas como las zonas más intervenidas es un resultado muy obvio que no da lugar a dudas. Es un hecho interesante el que el hombre muestre una preferencia por ambientes de humedades intermedias. Prácticamente no existen asentamientos tradicionales



importantes en zonas muy húmedas (excepto los asentamientos en el Chapare que son recientes).

Más importante aún es la discusión acerca de posibles conclusiones para la conservación. Primero, un mismo porcentaje de intervención para diferentes tipos de vegetación puede indicar necesidades de conservación muy diferentes, dependiendo, entre otros, de la diversidad, endemismo, singularidad (ver Araujo & Ibisch 2000), superficie total y extensión fuera del área de estudio. Por esto, para deducir prioridades de conservación en los valles secos de los Yungas Bolivianos (valles muy intervenidos) habría que analizar la extensión y el grado de intervención en valles secos interandinos fuera de los Yungas Bolivianos, así como el grado de similitud con los valles secos yungueños. De hecho, los valles secos interandinos tienen una gran extensión en los departamentos de Cochabamba, Santa Cruz, Chuquisaca y Potosí, pero se encuentran fuertemente intervenidos en todo el país. Acerca de la similitud de la vegetación entre diferentes valles secos se conoce relativamente poco, pero según Bach et al. (1997), existen diferencias importantes entre los diferentes valles secos yungueños, y aún más importantes entre los valles secos yungueños y los valles interandinos en el resto de país; esto destaca la importancia de conservar los valles secos yungueños.

### **Criterios de Conservación**

La discusión acerca de los criterios de conservación (representación de ecosistemas en áreas protegidas) tiene muchos puntos en común con lo anteriormente mencionado para los criterios de remanencia y fragmentación: ambos dependen fuertemente de la clasificación de ecosistemas (tipos de vegetación), y también requieren de reflexiones acerca de las implicaciones para la conservación.

La baja representación de tipos de vegetación relativamente seca es un resultado obvio. Queda la pregunta, si es que todos los ecosistemas y/o tipos de vegetación requieren de la representación del mismo porcentaje de su superficie dentro de áreas protegidas. Para responder a esta pregunta, debemos considerar los criterios mencionados en el anterior punto, como diversidad, endemismo, singularidad (ver Araujo & Ibisch 2000), la superficie total y extensión fuera del área de estudio de un tipo de vegetación, además servicios ambientales (protección de cuencas, efectos sobre el clima local y regional,



etc.) y necesidad de protección estricta (diferentes ecosistemas soportan diferentes grados de intervención humana). Bolivia actualmente cuenta con más del 10% de su superficie bajo algún tipo de protección, por lo que la justificación política de creación de nuevas áreas protegidas en el futuro será más difícil, y la protección de un área o un ecosistema posiblemente restringirá la protección de otro.

Otro punto importante es la “eficiencia” de áreas protegidas, es decir que el estatus “Parque Nacional” de un área no necesariamente significa una protección asegurada (p.e. comparación del mapa de áreas protegidas (Mapa 19) con el mapa de áreas intervenidas (Mapa 5)

Como conclusión, los análisis de representación de ecosistemas y de especies en áreas protegidas muestran resultados muy claros, y además, una sola mirada al mapa de áreas protegidas permite confirmar la existencia de un vacío de conservación en las provincias Sud Yungas, Inquisivi y Ayopaya.

### **Contribución de áreas protegidas**

Los resultados en cuanto a la contribución de las áreas protegidas coinciden claramente con el mapa de contribución de fauna y flora (Mapa 12). No es sorprendente encontrar al Parque Nacional Cotapata como el área de mayor contribución. La contribución específica del conjunto de áreas protegidas resulta menor que la contribución específica de una celda promedio de los Yungas Bolivianos. Esto indica la carencia de áreas protegidas en las áreas con mayor contribución (Sud Yungas), y una falta general de áreas protegidas a alturas medias y altas.

### **Selección de áreas prioritarias**

En este capítulo, se describe y discute todo el proceso de selección de áreas prioritarias, en cuanto a metodología, resultados y discusión. Esto con la finalidad de presentar este proceso de selección como un proceso integral y flexible, que no se basa en un sólo cálculo final, sino en una discusión amplia tomando en cuenta el conjunto de los análisis efectuados.



## Métodos

Para llegar a una valoración final, se trabaja con todos los resultados obtenidos para los tres criterios analizados. Para poder combinar los diferentes análisis o criterios, se trabaja con valores reclasificados a una escala estandarizada de 1 a 12 .

La valoración final se calcula según la siguiente fórmula:

$$V_{fin} = 2 * C_{eco} + C_{pai} + C_{rep}$$

Donde  $V_{fin}$  significa "valoración final",  $C_{eco}$  criterios ecológicos,  $C_{pai}$  criterios de paisaje y  $C_{rep}$  criterios de representación en áreas protegidas. Los criterios ecológicos, de paisaje y de representación en áreas protegidas se calculan de la siguiente manera:

$$C_{eco} = 0.75 * cont_{total} + 0.125 * estatcons_{fauna} + 0.125 * perdhhab_{flora}$$

Donde  $cont_{total}$  es la contribución combinada de todos los grupos de fauna y flora,  $estatcons_{fauna}$  el estatus de conservación para los grupos de fauna y  $perdhhab_{flora}$  es la valoración de especies florísticas amenazadas por la pérdida de su hábitat.

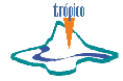
$$C_{pai} = 0.5 * reman + 0.5 * frag$$

Donde  $reman$  significa la remanencia y  $frag$  la fragmentación.

$$C_{rep} = 0.5 * rep_{esp} + 0.5 * rep_{ecosist}$$

Donde  $rep_{esp}$  es la representación de especies en áreas protegidas y  $rep_{ecosist}$  la representación de ecosistemas en áreas protegidas.

Los resultados obtenidos para diversidad de hábitats y sensibilidad no se incorporan en la valoración final, pero sirven como referencia.



## **Resultados**

El mapa de valoración final (Mapa 43) atribuye valores mayores en varias áreas de las provincias Nor Yungas, Sud Yungas, Inquisivi y Ayopaya, donde se identifica una zona de aproximadamente 10.000km<sup>2</sup>, la cual muy obviamente resulta prioritaria para la conservación. También se identifican algunos centros secundarios en las provincias Saavedra, Muñecas, Larecaja, Carrasco y Caballero. Los valores mayores se restringen a zonas elevadas.

## **MAPA DE VALORACIÓN FINAL**



## Discusión

La ubicación de zonas prioritarias según la valoración final resulta poco sorprendente, ya que la gran mayoría de los análisis efectuados brinda resultados similares.

Para la identificación de posibles artefactos debemos tomar en cuenta todo lo que se mencionó en la discusión de los análisis esperados. La valoración final se calcula con resultados obtenidos según el método basado en taxa, sin tomar en cuenta resultados según el método basado en inventarios. A pesar de esto, la valoración final no presentaría diferencias importantes si se tomaran en cuenta los resultados basados en inventarios.

La fórmula según la cual se calculó la valoración final fue creada según criterios subjetivos y expresa, a nuestro criterio, un análisis razonable y aceptable.

En la valoración final encontramos celdas con alta prioridad, en los límites del área de estudio, cerca de Chuma, en la provincia Ayopaya y al extremo este del área de estudio. Estas celdas obtienen valores altos gracias a los criterios de paisaje y representación, donde obtienen valores máximos, debido al hecho de que forman parte de ecosistemas con mayor extensión fuera de los Yungas Bolivianos. Por esto, parece justificado considerarlos como menos prioritarios y no como lo indicado en la valoración final.

Resulta sorprendente el hecho de que el norte del área de estudio, el área del Parque Nacional Madidi, que generalmente es considerada como la zona más diversa de Bolivia (por ejemplo Parker & Bailey 1991), no resulta especialmente prioritaria. Se encuentra relativamente bien conservada, en cuanto a estado de conservación (poco intervenido) y estatus de conservación (declarado parque nacional), por lo que obtiene valores bajos según criterios de paisaje y criterios de representación. Tampoco resulta prioritario



según criterios ecológicos, obtiene valores altos exclusivamente por diversidad (que en realidad podrían ser aún más altos si se toma en cuenta la comparación de los dos métodos (basado en taxa y basado en inventarios).

Debido al hecho de que la valoración final se basa en el análisis de la contribución a la diversidad global, la cual a su vez se basa en una multiplicación de los valores de diversidad y de endemismo, el criterio de endemismo gana relativamente más peso que el criterio de diversidad, porque las diferencias entre valores altos y valores bajos son mucho más importantes en la valoración de endemismo que en la valoración de diversidad. Esto se debe a las grandes diferencias en las superficies de los rangos de distribución, las mismas que varían muchísimo entre especies endémicas locales y especies ampliamente distribuidas. La importancia que gana el endemismo nos parece justificada por las explicaciones ya mencionadas, donde se muestra, que la contribución a la diversidad global permite medir directamente la posible pérdida de biodiversidad que puede implicar la pérdida de un área.

Es un hecho que las especies endémicas locales corren un riesgo de extinción por pérdida de hábitat mucho más grande que especies ampliamente distribuidas, con rangos de distribución miles de veces más extensos.

El mapa de diversidad de hábitats (Mapa 18) no fue incluido en el cálculo para la valoración final, ya que está fuertemente correlacionado con los análisis de criterios ecológicos. Se basa en los mismos factores de humedad y altura, y una celda que ofrece una gran variedad en términos de altura y humedad, automáticamente puede albergar un gran número de especies, además existe una fuerte relación entre diversidad de hábitats y endemismo. El mapa de diversidad de hábitats confirma los resultados de la valoración final.

Para futuros análisis sería interesante tomar en cuenta el factor de la conectividad (ver Araujo & Ibisch 2000 Ibisch et al. 2002a y 2002b) del área de estudio, que prioriza áreas que tienen importancia como nexos entre ecosistemas, que permiten la conservación de corredores ecológicos. El área de Sud Yungas - Inquisivi seguramente



obtendría valores altos por su importancia como nexo entre las áreas bien conservadas al noroeste y sureste.

### **Selección de áreas prioritarias**

De acuerdo al los resultados obtenidos, mediante el análisis conjunto de todos los criterios considerados para la valoración final, encontramos un área que consideramos de alta prioridad: El mapa de valoración final (Mapa 43) muestra un área de aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup> con sitios de alta prioridad distribuidos en las provincias Nor Yungas, Sud Yungas e Inquisivi. Es una zona con una larga tradición de agricultura, incluyendo frutos (especialmente cítricos), café y coca, donde existen muchas poblaciones y áreas intervenidas.

Este resultado, con un gran sitio de alta prioridad, también podría ser considerado como varios sitios de pequeña extensión que ameritan algún tipo de manejo.

La decisión de implementar o sugerir acciones de conservación se analiza en una segunda fase, en la cual se consideran otros criterios igualmente importantes, como aspectos socio-económicos, viabilidad de implementar planes de manejo, etc.

La segunda fase de este proyecto tendrá por objetivo la definición de alternativas de manejo para sitios dentro del área prioritaria, basado en el análisis de acuerdo a la metodología sugerida por TNC de Planificación para la Conservación de Sitios (TNC 2000)

Creemos que no es razonable ni factible la implementación de un nuevo parque nacional, sin embargo una prioridad importante es asegurar la viabilidad del Parque Nacional Cotapata (área protegida con mayor contribución específica en los Yungas), que entre otros puede implicar una ampliación del mismo. Otros posibles proyectos a ser analizados incluyen la creación de reservas privadas, proyectos de manejo sostenible de recursos naturales, reforestación, ecoturismo etc.



### Bibliografía

- ANDERSON S., B. RIDDLE, T. YATES & J. COOK (1993): Los mamíferos del Parque Nacional Amboró y la Región de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. MSB.
- ANDERSON (1991): Mammals of the Yungas in La Paz department.
- ARAUJO N. & P.L. IBISCH (eds. 2000): Hacia un Plan de Conservación para el Bio-Corredor Amboró-Madidi, Bolivia. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- ARRIBAS M., L. JAMMES & F. SAGOT (1995): Lista de aves de Bolivia. ARMONIA, Birdlife International. Santa Cruz- Bolivia.
- BACH K., M. KESSLER & J. GONZALES (1999): Caracterización preliminar de los bosques deciduos andinos de Bolivia en base a grupos indicadores botánicos. *Ecología en Bolivia* 32: 7-22. La Paz – Bolivia.
- BARTHLOTT W., G. KIER & J. MUTKE (1999): Globale Artenvielfalt und ihre ungleiche Verteilung. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 215: 7-22.
- BECK S. (1998): Floristic Inventory of Bolivia-an indispensable Contribution to sustainable Development. In: BARTHLOTT W. & WINIGER M. (Eds.): Biodiversity. A Challenge for Development, Research and Policy. Springer, Heidelberg S.243-266
- BOHS L. (2001): Revision of *Solanum* Sect. *Cyphomandropsis* (Solanaceae). *Systematic Botany Monographs*. Am. Soc. of Plant Taxonomists. Michigan.
- BUTTERFIELD B.R., B. CSUTI & M. SCOTT (1994): Modeling vertebrate distributions for Gap analysis. In: Miller R.I. (eds.): Mapping the diversity of nature. Chapman & Hall. London: 175-179
- CARE BOLIVIA (1998): Proyecto Madidi PN37. Inventario Participativo Etnico/Colono de Recursos Biológicos no maderables utilizables en la zona de amortiguamiento del PNM.
- CABOT J. & P. SERRANO (1986): Data on the distribution of some species of raptors in Bolivia. British Ornithologists' Club.
- CHAO A. & S.M. LEE (1992): Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association* 87: 210-217



- CHAPMAN A.D. (1992): Quality control and validation of environmental resource data. In: Data Quality and Standards, Proceedings of a Seminar Organized by the Commonwealth Land Information Forum, Canberra 5 December 1991. Canberra: Commonwealth Land Information Forum. <<[www.erin.gov.au/life/general\\_info/validation\\_1.html](http://www.erin.gov.au/life/general_info/validation_1.html)>>
- CHAPMAN A.D. & J.R. BUSBY (1994): Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate modeling and environmental monitoring. In: MILLER R.I. (Ed.): Mapping the diversity of nature. Chapman & Hall, London: 175-179
- CHURCHILL S.P., D. GRIFFIN & M. LEWIS (1995): Moss diversity of the tropical Andes. In: CHURCHILL S.P., H. BALSLEV, E. FORERO & J.L. LUTEYN (eds.): Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. The New York Botanical Garden: 335-346.
- CLARKE R. & F. SAGOT (1996): Guía de Observadores de Aves en el Mejor Lugar del Mundo: Area protegida Amboró Bolivia. ARMONIA. Santa Cruz-Bolivia.
- CLINEBELL R.R., O.I. PHILLIPS, A.H. GENTRY, N. STARK & H. ZUURING (1995): Prediction of Neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. Biodiversity and Conservation 4: 59-90 .
- COLWELL R.K. & J.A. CODDINGTON (1994): Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B) 345, 101-118.
- COLWELL R.K. (1997): Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 5. User's Guide and application. <<[viceroy.eeb.uconn.edu/estimates](http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates)>>
- COX G. & J. READ (1990): Conservation Evaluation of Carrasco Ichilo National Park.
- CROSBY M.J. (1994): Mapping the distribution of restricted-range birds to identify global conservation priorities In: MILLER R.I. (ed.): Mapping the diversity of nature. Chapman & Hall, London: 145-153.
- CUELLAR E, A. NOSS (1997): Conteo de huellas en brechas barridas: un índice de abundancia para mamíferos. Ecología en Bolivia 30: 55-67.
- DAVIS S., O. ROCHA , J. SARMIENTO, W. HANAGARTH (1994): New departamental records and notes for some Bolivian birds. Bull B.O.C. 114(2).
- DE LA RIVA I., J. KÖLHER, S. LÖTTTERS & S. REICHLÉ (2000): Ten years of research on Bolivian amphibians: updated checklist, distribution, taxonomic problems, literature and iconography.
- DINERSTEIN E., D. OLSON, D. GRAHAM, A. WEBSTER, S. PRIMM, M. BOOKBINDER, G. LEDEC. 1995. Una Evaluación del Estado de Conservación de las Ecoregiones Terrestres de América Latina y el Caribe. WWF, Banco Mundial. Washington D.C. USA.
- DONY J.G. & I. DENHOLM (1985): Some quantitative methods of assessing the conservation value of ecologically similar sites. Journal of Applied Ecology 22: 229-238.
- EINSENBURG J. (1989): Mammals of the Neotropics. The Northern Neotropics. Volume 1. The University of Chicago Press.



- EMMONS L. (1999): Mamíferos de los Bosques Húmedos de América Tropical. Una Guía de Campo. Edit. F.A.N., Santa Cruz - Bolivia.
- ERGUETA P. & C. MORALES (1996). Libro rojo de los vertebrados de Bolivia. CDC-BOLIVIA.
- ESCOBAR L.K. (1988): Passifloraceae. En: Flora de Colombia. Univ. Nac. De Colombia. Bogotá.
- FAN Bolivia (1999): Estudio pluvio-climático del Parque Nacional Amboró y del Area Natural de Manejo Integrado Amboró (no publicado).
- FJELDSÅ J. & C. RAHBEK (1998): Priorities for conservation in Bolivia, illustrated by a continent-wide analysis of bird distributions. In: BARTHLOTT W. & M. WINIGER (Eds.): Biodiversity. A Challenge for Development, Research and Policy. Springer, Heidelberg S.313-327
- FJELDSÅ J. (2000b): Correlation between endemism and local ecoclimatic stability documented by comparing Andean bird distributions and remotely sensed land surface data. *Ecography* 22: 63-78
- FJELDSÅ J. & N. KRABBE (1988): An unpublished major collection of birds from the Bolivian highlands.
- FJELDSÅ J. & N. KRABBE (1990): The Birds of The High Andes. Zoological museum, University of Copenhagen. Denmark.
- FREITAG S. & A.S. VAN JAARVELD (1997): Relative occupancy, endemism, taxonomic distinctiveness and vulnerability: Prioritizing regional conservation actions. *Biodiversity and Conservation* 6: 211-232
- FREY W. & L. LÖSCH (1998): Lehrbuch der Geobotanik. Fischer. Stuttgart
- GENTRY A.H. (1982): Patterns of neotropical plant species diversity. *Evol. Biol.* 15: 1-84
- GENTRY A.H. & C.H. DODSON (1987): Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 74: 205-233
- GENTRY A.H. (1995): Patterns of Diversity and Floristic Composition in Neotropical Mountain Rain Forests. In: CHURCHILL S.P., H. BALSLEV, E. FORERO & J. LUTEYN (eds.): Biodiversity and Conservation of Neotropical Mountain Rain Forests. The New York Botanical Garden, New York.
- GROVE C., L. Valutis, D. Vosick, B. Neely, K. Wheaton, J. Touval, B. Runnels (2000) *Designing a Geography of Hope: A Practitioner's Handbook for Ecoregional Conservation Planning.* The Nature Conservancy
- HANAGARTH W. (1993): Acerca de la Geografía de las Sabanas del Beni en el noreste de Bolivia. Instituto de Ecología, La Paz.
- HENNESSEY B., B. RÍOS, A. PERRY (1996): Guía de Campo de Chalalan. CI-TREX.
- HUMPHRIES C., M. ARAUJO, P.H. WILLIAMS, R. LAMPINEN, T. LAHTI & P. UOTILA (1999): Plant diversity in Europe: *Atlas Florae Europaeae* and WORLMAP. *Acta Botanica Fennica* 162: 11-21, Helsinki.
- IBISCH P.L. (1996): Neotropische Epiphytendiversität - das Beispiel Bolivien. Martina-Galunder-Verlag. Wiehl.



- IBISCH P.L., A. BÖGNER, J. NIEDER & W. BARTHLOTT (1996): How diverse are neotropical epiphytes? An analysis based on the Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. *Ecotropica* 2: 13-28
- IBISCH P.L., R. GONZALES, T. OBERFRANK, C. NOWICKI & C. SPECHT (1999a): Conservación Basada en ecoregiones en el "Sudoeste de la Amazonía" (Subdivisión Bolivia). Análisis biológico-socioeconómico de la Situación de la Biodiversidad, Visión de Biodiversidad y Base para un Plan de Conservación Ecoregional. Primer Borrador para la revisión nacional. Producto de consultaría para WWF-Bolivia (no publ. en CD-ROM)
- IBISCH P.L., C. NOWICKI, R. GONZALES, T. OBERFRANK, C. SPECHT, N. ARAUJO & K. MINKOWSKI (1999b): Identification of conservation priorities in the Bolivian Amazon – a new biological-socioeconomic methodology using GIS. *Deutscher Tropentag* 1999. Berlin
- IBISCH PL, C. NOWICKI & R. MÜLLER (2001): El bio-corredor Amboró-Madidi – primeros insumos botánicos para un Plan de Conservación. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica* 3(1/2): 64-103.
- IBISCH P.L., C. NOWICKI & N. ARAUJO (en prensa): Regional biodiversity conservation in the Bolivian Amazon - do the current protected areas cover the priority areas? In: MUNRO, N. ET AL. (eds.): *Challenges to National Parks and Protected Areas. Learning from the past, looking to the future. Proceedings of the Fourth International Conference of Science and the Management of Protected Areas.*
- IBISCH, P.L., K. COLUMBA & S. REICHLÉ (eds.) (2002a): *Plan de Conservación y Desarrollo Sostenible para el Bosque Seco Chiquitano, Cerrado y Pantanal Boliviano.* Editorial FAN, Santa Cruz, Bolivia.
- IBISCH, P. L., C. NOWICKI, & N. ARAUJO (2002b): Regional biodiversity conservation in the Bolivian Amazon – Do the current protected areas cover the priority areas? – In: S. Bondrup-Nielsen & N. Munro (Hrsg.): *Managing protected areas in a changing world. Proceedings of the Fourth International Conference of Science and the Management of Protected Areas.* SAMPAA, Canada: 553-576.
- IBISCH P, NOWICKI C, MÜLLER R (en prensa): Methods for the assessment of habitat and species conservation status in poor-data countries -Case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests of Bolivia. *Proceedings of the Congress "Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon Bassin, linking science, NGOs and local communities", Cusco, Peru, 2001"*.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DE BOLIVIA (1993): *Mapa físico de Bolivia (1993) 1ra. Edición.* La Paz.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA / MDSP / COSUDE (1999): *Atlas Estadístico de Municipios.* La Paz. Bolivia.
- IRMSCHER E. (1949): Beitrage zur Kenntnis der Begoniaceae Suedamerikas. *Bot. Jahrbuch* 74: 569-621.
- IVERSON L.R. & A. PRASAD (1998): Estimating regional plant diversity with GIS-modeling. *Diversity and Distributions* 4:49-61.



- KEATING K. (2000): A comparative study of statistical methods to support species inventories. Homepage von: Greater Yellowstone Area Field Station, Montana State University. <[www.mesc.nbs.gov/yellowstone/statistic.htm](http://www.mesc.nbs.gov/yellowstone/statistic.htm)>>
- KEMPF N. (1985): Aves de Bolivia. Editorial Gisbert.
- KESSLER M. & T.B. CROAT (1999): State of knowledge of Bolivian Araceae. *Selbyana* 20(2): 224-234.
- KESSLER M. & S. BECK (2001): BOLIVIA. Pp. 581-622. En M. Kappelle & A.D. Brown (eds.): Bosques nublados del neotrópico. INBio, Costa Rica.
- KIER G. & W. BARTHLOTT (2001): Measuring and mapping endemism: a new methodological approach and its application on the flora of Africa. *Biodiversity and Conservation* 00:1-18.
- KILLEEN T., E. GARCIA & S. BECK (eds. 1993): Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Miss. Bot. Gard. La Paz.
- KILLIP E.P. (1938): The American species of Passifloraceae. *Field Mus. Of Nat. Hist. Chicago*.
- KÖHLER J., S. LÖTTERS & S. REICHEL (1998): Amphibian species diversity in Bolivia. En: BARTHLOTT, W. & M. WINIGER (eds.): *Biodiversity. A challenge for development, research and policy*. Springer, Heidelberg S.329-335.
- KOEPPE W. (1936): Das geographische System der Klimate. En: Koeppen W. & R. Geiger (eds.) *Handbuch der Klimatologie*, vol. 5, parte C. Gebrueder Borntraeger. Berlin-Alemania.
- KÖHLER J. (2000): Amphibian diversity in Bolivia. A study with special reference to montane forest regions. Dissertation. Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander König, Bonn.
- LAUER W. (1975): Vom Wesen der Tropen. Klimaökologische Studien zum Inhalt und zur Abgrenzung eines irdischen Landschaftsgürtels. Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz, *Abhandlungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse*, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- LAUER W. & W. ERLNBACH (1987): Die tropischen Anden. Geoökologische Raumgliederung und ihre Bedeutung für den Menschen. *Geographische Rundschau* 39: 86-95.
- Lauer W. (1995): *Klimatologie*. Geographisches Seminar. Braunschweig. Alemania.
- MAGURRAN A. (1983): *Ecological Diversity and its Measurement*. Chapman and Hall, London.
- MARTINEZ O. (1999): Organización Social de las Bandadas Mixtas y Aspectos Ecológicos sobre Comunidades de Aves del Bosque nublado en el Parque Nacional y Area de Manejo Integrado Cotapata. Tesis de Licenciatura. La Paz-Bolivia.
- MC.DOUGAL J.M. (1994): Revision of Passiflora Subg. *Decaloba* Sect. *Pseudodysosmia* (Passifloraceae). *Systematic Botany Monographs* 41. Am. Soc. of Plant Taxonomists. Michigan.
- MEYER R. (1982): *A guide to the birds of South America*. The Academy of Sciences of Philadelphia. USA.



- MILLER R.I. (1994): Mapping the elements of biodiversity: The rare species of Madagascar. In: MILLER R.I. (ed.): Mapping the diversity of nature. Chapman & Hall. London. 37-50
- MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS (1975): Mapa Ecológico de Bolivia. La Paz.
- MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE (1995): Mapa Forestal de Bolivia. La Paz.
- MISERENDINO R., E. CUELLAR, A. NOSS (1998): Diversidad de los mamíferos en el Izozog y Area Natural de Manejo Integrado Kaa-Iya del Gran Chaco, Santa Cruz-Bolivia. *Ecología en Bolivia* 31: 17-31.
- MISERENDINO R. (1998): Las aves del Izozog y el Area Natural de Manejo Integrado Kaa-Iya del Gran Chaco. *Ecología en Bolivia* 32:33-34.
- MONTES DE OCA I. (1997): Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. 3. Edición. EDOBOL. La Paz.
- MUELLER R., P. IBISCH & C. NOWICKI (in prep): Biodiversity and endemism mapping as a tool for regional conservation planning – case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests in Bolivia. *Para Biodiversity and Conservation*.
- MULLER R., S. BECK & R. LARA (in prep.): Vegetación potencial en base a las condiciones climáticas de los Bosques Yungueños de Bolivia. *Para Ecología en Bolivia*.
- NAVARRO G. (1997): Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia. *Rev. Bol. de Ecol.* 2: 3-37. Fund. Simón Patiño. Cochabamba.
- NAVARRO G. (1996): Parque Nacional y Area Natural de manejo integrado Amboró - Mapa de Vegetación del Plan de Manejo (1:175000); Min. de Des. Sost. y Med. Amb. La Paz.
- NAVARRO G. & W. FERREIRA (2000): Caracterización ecológica y biodiversidad de la cuenca oeste del Río Ichilo (Cochabamba, La Paz). *Rev. Bol. de Ecol.* 7: 3-23. Fund. Simón Patiño. Cochabamba.
- NAVARRO G. ET AL. (1998): Plan de Manejo Proyecto Kaa-Iya. CABI-WCS-USAID. Tipificación y Caracterización de los Ecosistemas del Parque Nacional Kaa-Iya del gran Chaco. Santa Cruz-Bolivia.
- NAVARRO G. ET AL. (1997): Evaluación de la Biodiversidad y Diagnóstico Ecológico en el Area de Influencia del Gasoducto Bolivia-Brasil (tramo Boliviano) informe técnico. Para CABI/DAMES y MOORE/ ENRON.
- NØHR H. & A. JØRGENSEN (1997): Mapping of biological diversity in Sahel by means of satellite image analyses and ornithological surveys. *Biodiversity and Conservation* 6: 545-566.
- NEE M. (1999): Synopsis of *Solanum* in the new world. En: Nee M, D.E. Symon, R.N. Lester & J.P. Jessop (eds.): *Solanaceae IV*:285-333. Royal Bot. Gard. Kew.
- NEE M. (2000): Nomenclatural Synopsis of the Genus *Cestrum*. The New York Botanical Garden.



- OHLSSON J. (1996): New departmental records and other noteworthy observations from Department of La Paz, Bolivia.
- PACHECO L.F., J. SIMONETTI & M. MORAES (1994): Conservation of Bolivian flora: Representation of phytogeographic zones in the national systems of protected areas. *Biodiversity and Conservation*: 3: 751-756.
- PAYNTER R, M. TRAYLOR & B. WINTER (1975): *Ornithological Gazetter of Bolivia*. Chicago – USA.
- PARKER TH., A. GENTRY, R. FOSTER, L. EMMONS, J. REMSEN (1993): RAP The Lowland Dry Forests of Santa Cruz, Bolivia: A Global Conservation Priority. CI-FAN.
- PARKER TH., A. CASTILLO, M. GELL-MAN, O. ROCHA (1991): Records of New and unusual birds from northern Bolivia. British Ornithologists' Club.
- PARKER TH. & B. BAILEY (eds.-1991): A biological assessment of the Alto Madidi region and adjacent areas of northwestern Bolivia, May 18 – June 15, 1990. Conservation International. RAP Working Papers 1.
- PEARMAN M. (1993): The avifauna of the Río Machariapo dry forest, northern La Paz department, Bolivia: a preliminary investigation. *Bird Conservation International* 3: 105-117.
- PERRY A., A.B. HENNESSEY, B. RIOS (1996): Evaluación Biológica de la región Beni-Suapi-Beu-Chepita, RB-TI Pilón Lajas. TREX.
- PERRY A., M. KESSLER, N. HELME, J. MITTON, B. VALDER & B. RIOS (1996): A Biological and Environmental Assessment of the Inner-Andean Dry Tropical Forest of the Central Rio Tuichi Valley. TREX Field Report 1. La Paz.
- PLOWMAN T., S. KNAPP & J.R. PRESS (1998): A revision of the South American Species of *Brunfelsia* (Solanaceae). *Field Mus. of Nat. Hist. Chicago*.
- RAHBECK C. (1995): The elevational gradient of species richness. A uniform pattern? *Ecography* 18: 200-205.
- RAP-CI. (1990): A Rapid Biological Assessment of Northern La Paz Department, Bolivia.
- REDFORD K. & J. EISENBERG (1992): *Mammals of the Neotropics. The Southern Cone. Volume 2. The University of Chicago Press*.
- REMSSEN J.V., A. MELVIN & K. TRAYLOR (1989): An annotated list of birds of Bolivia. Intercollegiate Press. Kansas - USA.
- REMSSEN J. V., M.A. TRAYLOR, K. PARKES (1985): Range extensions for some Bolivian birds (Columbidae to Rhinocryptidae) *Bull.Brit.Orn. Cl.* 106 (1).
- REMSSEN J. V., M.A. TRAYLOR, K. PARKES (1985): Range extensions for some Bolivian birds (Tinamiformes to Charadriiformes) *Bull.Brit.Orn. Cl.* 105 (4).
- REMSSEN J. V., M.A. TRAYLOR, K. PARKES (1987): Range extensions for some Bolivian birds (Tyrannidae to Passeridae) *Bull.Brit.Orn. Cl.* 107 (1).
- REMSSEN J.V., T.A. PARKER, R.S. RIDGELY (1982): Natural History notes on some poorly known Bolivian birds *Le Gerfaut* 72.



- REMSEN J.V. (1984): Natural History notes on some poorly known Bolivian birds Le Gerfaut 74.
- RIBERA M.O. (1992): Regiones ecológicas. In: M. Marconi (ed.): Conservación de la diversidad biológica en Bolivia. Centro de datos para la Conservación. USAID/Bolivia, La Paz: 9-72.
- RIBERA M.O., M. LIBERMAN, S. BECK & M. MORAES (1994): Mapa de la Vegetación y Areas Protegidas de Bolivia. Proyecto "Mapa de biodiversidad y Territorios Indígenas". La Paz.
- RIVAZ-MARTINEZ S., D. SANCHEZ-MATA & M. COSTA (1999): North American Boreal and western temperate forest vegetation. *Itinera Geobotanica* 12:5.316.
- ROCHE M.A. & N. ROCHA (1985): Precipitaciones anuales. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, La Paz, 1 mapa.
- RUMIZ D., C.F. EULERT & R. ARISPE (1998): Evaluación de la diversidad de los mamíferos medianos y grandes en el Parque Nacional Carrasco (Cochabamba-Bolivia). *Ecología y Conservación Ambiental*. Nº 4.
- SCOTT J.M. & M.D. JENNINGS (1998): Large area mapping of biodiversity. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 85: 34-47
- SHORT L. (1975): A zoogeographic analysis of the south american chaco avifauna. *Bulletin of the American Museum of natural History*. New York.
- SYDNEY & ANDERSON (1996): Mamíferos endémicos de Bolivia. *Ecología en Bolivia* nº 28.
- SKOV F. & F. BORCHSENIUS (1997): Predicting plant species distribution patterns using simple climatic parameters: a case study on Ecuadorian palms. *Ecography* 20: 347-355, Copenhagen.
- SMITH L. & B. SCHUBERT (1944): Revisión de las especies Bolivianas del género Begonia. *Rev. de la Univ. de Cusco* 87:71-89.
- SMITH L., D. WASSHAUSEN, J. GOLDING & C. KAREGEANNES (1986): Begoniaceae. Smithsonian Institution Press. Washington.
- SUPERINTENDENCIA AGRARIA (2001): Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra. Mapa y Memoria. La Paz, Bolivia.
- STOTZ D.F., J.W. FITZPATRICK, T.A. PARKER & D.K. MOSKOVITS, (1996): Neotropical Birds – Ecology and Conservation. The University of Chicago Press, Chicago.
- THE NATURE CONSERVANCY. 2000. Esquema de las cinco S para la conservación de sitios. Vol I. Segunda edición.
- THE NATURE CONSERVANCY. 2000. Diseño de una geografía de la esperanza: Manual Para la planificación de la conservación ecoregional.
- UNESCO (1973): Clasificación Internacional y Cartografía de la Vegetación. *Serie Ecología y Conservación* 6: 67-93.
- USAI (1995): A Regional Analysis of Geographic Priorities for Biodiversity Conservation in Latin America and the Carribean . Biodiversity Support Program for USAID. Washington, USA.



- USHER M.B. (Ed.-1986): Wildlife Conservation Evaluation. Chapman & Hall, London.
- VAN DER HAMMEN T. (1995): Global change, biodiversity, and conservation of neotropical montane forests. In: CHURCHHILL S.P., H. BALSLEV, H. FORERO & J.L. LUTEYN (eds.): Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. The New York Botanical Garden: 603-607
- VÁSQUEZ R. & P.L. IBISCH (2000): Orquídeas de Bolivia / Orchids of Bolivia. Diversidad y estado de conservación / Diversity and conservation status. Vol. 1 Pleurothallidinae. Editorial F.A.N., Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- WILLIAMS (1994): BIODIVERSITY - Measuring the Variety of Nature & Selecting Priority Areas for Conservation. The Natural History Museum, London <<[www.nhm.ac.uk/science/projects/worldmap/worldmap/info2.html](http://www.nhm.ac.uk/science/projects/worldmap/worldmap/info2.html)>>
- WILLIAMS P.H., C.J. HUMPHRIES & K.S. EDWARDS (1995): Promise and problems in applying quantitative complementary areas for representing the diversity of some Neotropical plants (families Dichapetalaceae, Lecythydaceae, Chrysobalanaceae and Proteaceae). Biological Journal of the Linnean Society 58: 125-157, London.
- WILLIAMS P.H. (1997): Worldmap public demo version 4.18.01 (computer program including helpfiles). London.
- WILSON D. & D. REEDER (1993): Mammals species of the world taxonomic and geographic reference. Second edition. Smithsonian Institution Press. London-England.
- WWF (1998): Guidance for Ecoregion-based Conservation: Principles, Essential Elements, and General Approach. WWF, Washington.



Catalizando Acciones de Conservación en América Latina:  
Identificación de sitios prioritarios y mejores alternativas de manejo  
en cinco ecoregiones de importancia global

**Informe Final**

**Fase I**

**2002**

Instituciones Colaboradoras

