

# Patrones ecorregionales de riqueza, endemismo y amenaza de la avifauna boliviana: prioridades para la planificación ecorregional

Ecoregional patterns of richness, endemism and threat of the Bolivian avifauna: priorities for ecoregional planning

**Sebastian K. Herzog<sup>1,2\*</sup>, Rodrigo W. Soria Auza<sup>1</sup> & A. Bennett Hennessey<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Asociación Armonía - BirdLife International, Av. Lomas de Arena 400, Casilla 3566, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia; Correo electrónico: skherzog@armonia-bo.org

<sup>2</sup>Institut für Vogelforschung "Vogelwarte Helgoland", An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven, Alemania.

\*Autor de correspondencia

## Resumen

Las ecorregiones son cada vez más aceptadas como unidades geográficas útiles para la planificación de conservación, pero hasta hoy las prioridades ecorregionales no han sido formalmente evaluadas para Bolivia y otros países tropicales altamente diversos. Proponemos un nuevo y simple método cuantitativo para valorizar las prioridades de conservación ecorregionales utilizando las aves como taxón modelo. El análisis utilizó los datos de la "Lista Anotada de las Aves de Bolivia" (Hennessey et al. 2003) con algunas actualizaciones para las 1.396 especies nativas de aves bolivianas. Diez ecorregiones fueron valorizadas en una escala ordinal de acuerdo con seis parámetros de importancia de conservación y estos rangos fueron sumados para cada región para obtener una puntuación total: (1) Riqueza de especies, (2) singularidad faunística, (3) número de especies de rango restringido, incluyendo todas las endémicas y casi endémicas políticas ( $n = 77$ ), (4) número de especies amenazadas y casi amenazadas ( $n = 69$ ) (los parámetros 3 y 4 combinados suman 117 especies referidas como especies de interés de conservación [EIC]), (5) número de EIC insuficientemente protegidas ( $n = 71$ ) y (6) número de EIC ecorregionalmente restringidas ( $n = 59$ ). La ecorregión Yungas contuvo la mayor cantidad de especies de rango restringido y EIC ecorregionalmente restringidas, mientras que la Amazonía tuvo la mayor riqueza de especies y EIC insuficientemente protegidas. La ceja de monte fue la ecorregión con mayor singularidad faunística y el Este de Bolivia (es decir, Cerrado y Pantanal) tuvo el mayor número de especies amenazadas. En la puntuación final, los Yungas emergieron como la prioridad máxima para la conservación de aves, seguida por Amazonía, valles secos inter-andinos, Este de Bolivia y la ceja de monte; Chiquitanía y Chaco obtuvieron los valores más bajos respectivamente. Cuando consideramos la contribución relativa de EIC a la riqueza total de cada ecorregión, la Ceja de Monte emerge como la región de máxima prioridad. El análisis de correlación entre los parámetros de importancia de conservación reveló cinco relaciones significativamente positivas (implicando los seis parámetros), pero al quitar el parámetro más redundante del análisis, resultó una puntuación ecorregional virtualmente idéntica. El gradiente entre las

puntuaciones finales máxima y mínima fue pronunciado y las ecoregiones restantes se posicionaron uniformemente entre las puntuaciones máxima y mínima, sugiriendo que el simple método de puntuación ecoregional para los diferentes parámetros de conservación, es una herramienta informativa y poderosa. Esperamos que este método será aplicado a otros grupos taxonómicos para obtener un panorama más completo sobre prioridades ecoregionales en Bolivia y otros países tropicales.

Palabras clave: Ecoregión, aves, prioridades de conservación, Bolivia.

### Abstract

Ecoregions are increasingly accepted as useful geographical units for conservation planning, but to date ecoregional priorities have not been formally evaluated for Bolivia and other highly diverse tropical countries. We propose a new, simple quantitative method in order to assign conservation priority scores to ecoregions using birds as a model taxon. Analyses were based on the distributional data contained in the "Lista Anotada de las Aves de Bolivia" (Hennessey et al. 2003), partially updated with recent data, for 1,396 native Bolivian bird species. Ten ecoregions were ranked according to six parameters of conservation importance, and ranks were summed for each region to obtain an overall score: (1) **Species richness**, (2) **faunal distinctiveness**, (3) **number of restricted-range species**, including all political endemics and near-endemics ( $n = 77$ ), (4) **number of threatened and near-threatened species** ( $n = 69$ ) (parameters 3 and 4 combined contained 117 species referred to as "conservation concern [CC] species"), (5) **number of insufficiently protected CC species** ( $n = 71$ ), (6) **number of ecoregionally restricted CC species** ( $n = 59$ ). The Yungas ecoregion contained the greatest number of restricted-range and ecoregionally restricted CC species, whereas Amazonia had the highest number of species and of insufficiently protected CC species. The Treeline was the faunally most distinctive ecoregion, and Eastern Bolivia (i.e., the Cerrado and the Pantanal) had the highest number of threatened species. In the overall ranking the Yungas emerged as the top bird conservation priority, followed by Amazonia, inter-andean dry valleys, eastern Bolivia, and the Andean timberline; the Chiquitanía and the Chaco obtained the lowest scores, respectively. When considering the relative contribution of CC species to the total richness in each ecoregion, the Andean timberline emerged as the top priority region. Correlation analyses revealed five significant positive relationships between conservation importance parameters, involving all six parameters, but removing the most redundant parameter from the analysis resulted in virtually the same ranking of ecoregions. The gradient between top and minimum score was steep, with the remaining ecoregions positioned fairly evenly in between, suggesting that the simple method of ranking ecoregions for different conservation parameters is an informative and powerful tool. It is hoped that the method will be applied to other taxonomic groups to obtain a more complete picture of ecoregional conservation priorities in Bolivia and other tropical countries.

Keywords: Ecoregion, birds, conservation priorities, Bolivia.

## Introducción

Las ecorregiones son cada vez más aceptadas como unidades geográficas útiles para la planificación de la conservación (Noss 1996, Olson & Dinerstein 1988, Olson et al. 2001, Wikramanayake et al. 2002, Magnusson 2004). Una ecoregión es generalmente definida como una unidad relativamente grande de tierra o agua que contiene un juego característico de comunidades naturales que comparten una gran mayoría de especies, dinámicas y condiciones ambientales (Dinerstein et al. 1995, The Nature Conservancy 1997, Olson & Dinerstein 1998). De acuerdo con esta definición relativamente amplia, el número y alcance espacial de ecorregiones propuestas varía con la escala y los grupos de organismos considerados. Olson et al. (2001) propusieron 220 ecorregiones terrestres para Latino América, 12 de éstas se encuentran en Bolivia (ver <http://www.worldwildlife.org/ecoregions>). Ibsch et al. (2003) también reconocieron 12 ecorregiones bolivianas, pero las dividieron en 23 subecorregiones basado en comunidades vegetales, mientras que Hennessey et al. (2003) dividieron al país en nueve ecorregiones o zonas de vida con relación a la distribución de las aves bolivianas.

En Bolivia se han desarrollado planes ecorregionales de conservación solo para tres regiones, el sur oeste de la Amazonía (World Wildlife Fund 2002), el bosque seco chiquitano y áreas adyacentes del Pantanal y Cerrado (Ibsch et al. 2003) y más recientemente el Gran Chaco (The Nature Conservancy et al. 2005). Por lo tanto, en agosto de 2003 el programa boliviano de *The Nature Conservancy* (TNC) organizó un taller en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra para presentar a la comunidad conservacionista boliviana su programa de cinco años de planificación ecorregional a escala nacional. Durante este taller, se identificó *ad hoc* una

jerarquía de prioridades ecorregionales de conservación. Sin embargo, las decisiones *ad hoc* no coinciden bien con una estrategia de “conservación por diseño” como la adoptada por TNC y no son las más adecuadas en las ciencias de la conservación ni las ecológicas.

En el presente artículo, proponemos un método cuantitativo simple para obtener valores de prioridad de conservación para las ecorregiones utilizando aves como taxón modelo. Las ecorregiones son valorizadas con relación a varios parámetros de importancia de conservación y estos valores son sumados para cada ecorregión para obtener una puntuación total. A nuestro conocimiento, este es el primer estudio que propone un método cuantitativo para evaluar prioridades de conservación específicas para un grupo taxonómico a nivel ecorregional en un país tropical altamente diverso. Como las ecorregiones han sido definidas a escala mundial (Olson et al. 2001) y porque los parámetros de importancia de conservación pueden ser elegidos flexiblemente de acuerdo con criterios específicos para diferentes grupos taxonómicos, el método es ampliamente aplicable más allá de las aves y vertebrados así como fuera de Bolivia.

## Métodos

### Datos de distribución de aves

Para el presente análisis, utilizamos los datos de distribución de aves contenidos en la “Lista Anotada de las Aves de Bolivia” (Hennessey et al. 2003) para las 1.396 especies de aves nativas que se encuentran en Bolivia. Las dos especies introducidas por humanos (*Columba livia* y *Passer domesticus*) fueron excluidas del análisis. Algunos errores en Hennessey et al. (2003) fueron corregidos y la información para muchas especies fue actualizada de acuerdo a recientes investigaciones de campo (S. K. Herzog y colaboradores, datos no publicados). La “Lista Anotada de las Aves

de Bolivia” representa una versión condensada de la información contenida en la base de datos de Asociación Armonía – Bird International, la fuente más completa disponible de información acerca de la distribución de las aves de Bolivia. Actualmente contiene más de 60.000 registros individuales y está compilada a partir de informes publicados, colecciones de museos, informes de campo y listas de localidades (literatura gris) proveídas por organizaciones científicas, conservacionistas, por ornitólogos de campo y observadores de aves. Observaciones poco usuales sin evidencia tangible fueron escudriñadas por S.K. Herzog y A.B. Hennessey y excluidas si fueron consideradas no fiables.

### Ecorregiones

Determinamos la presencia o ausencia de cada especie en un total de 10 ecorregiones (Fig. 1; referidas como zonas de vida en Hennessey et al. 2003), que en gran parte coinciden con las ecorregiones de WWF (Olson et al. 2001). La principal discrepancia entre las ecorregiones de Hennessey et al. 2003 y Olson et al. 2001 yace en los límites altitudinales entre las ecorregiones de tierras bajas y andinas. Una clasificación mucho más detallada de las ecorregiones bolivianas se encuentra disponible (Ibisch et al. 2003); sin embargo, la consideramos muy detallada para ser razonablemente aplicada a especies motiles y de relativamente amplia distribución como son las aves, por lo que posiblemente no es práctica para propósitos de planificación ecorregional. A continuación de cada ecorregión citamos entre paréntesis la abreviación utilizada en las figuras y las correspondientes ecorregiones en inglés según Olson et al. (2001; ver también <http://www.worldwildlife.org/ecoregions>).

(1) Amazonía (A; *Southwest Amazon moist forest* NT0166): Áreas amazónicas de tierras bajas en el norte y noreste de Bolivia y a lo

largo de la base de los Andes hasta proximidades de Santa Cruz de la Sierra (con límites altitudinales superiores a aproximadamente 500-600 m en La Paz y Beni; 300-400 en Cochabamba y Santa Cruz).

(2) Bosque tucumano-boliviano (BT; *Southern Andean Yungas* NT0165): Bosques húmedos a semi húmedos en las laderas este de los Andes en el sur de Bolivia.

(3) Chaco (Ch; *Chaco* NT0210): Tierras bajas del Gran Chaco del sureste de Bolivia (con su límite altitudinal superior a aproximadamente 500-600 m).

(4) Chiquitanía (Cq; *Chiquitano dry forest* NT0212): Formaciones boscosas secas de la provincia Velasco, sobre el escudo brasileño en el departamento de Santa Cruz.

(5) Este de Bolivia (E; *Cerrado* NT0704 y *Pantanal* NT0fig907): Pantanal y el Cerrado, este de Bolivia.

(6) Valles secos interandinos (V; *Bolivian montane dry forest* NT0206): Bosques deciduos andinos en el sur de Bolivia y en los valles de sombra de lluvia en el norte de los Andes bolivianos (por ejemplo el valle del río La Paz); estos últimos están incluidos en la ecoregión de los Yungas (ver en 9) por Olson et al. (2001).

(7) Llanos de Moxos (Ll; *Beni savanna* NT0702): Llanuras aluviales estacionalmente inundadas (sabanas) de los ríos Beni y Mamoré en el departamento de Beni.

(8) Puna (P; *Central Andean dry Puna* NT1001 y *Central Andean Puna* NT1002): Pampas altoandinas, incluyendo áreas escasamente cubiertas por arbustos de *Polylepis* en el oeste del Altiplano.

(9) Yungas (Y, *Bolivian Yungas* NT0105): Bosques húmedos montañosos del norte de los Andes bolivianos.

(10) Ceja de monte (C; aproximadamente equivalente a *Central Andean wet Puna* NT1003): Bosques de *Polylepis* y otras formaciones boscosas altoandinas sobre transiciones de Yungas y Valles Secos Interandinos a los pajonales de Puna en los

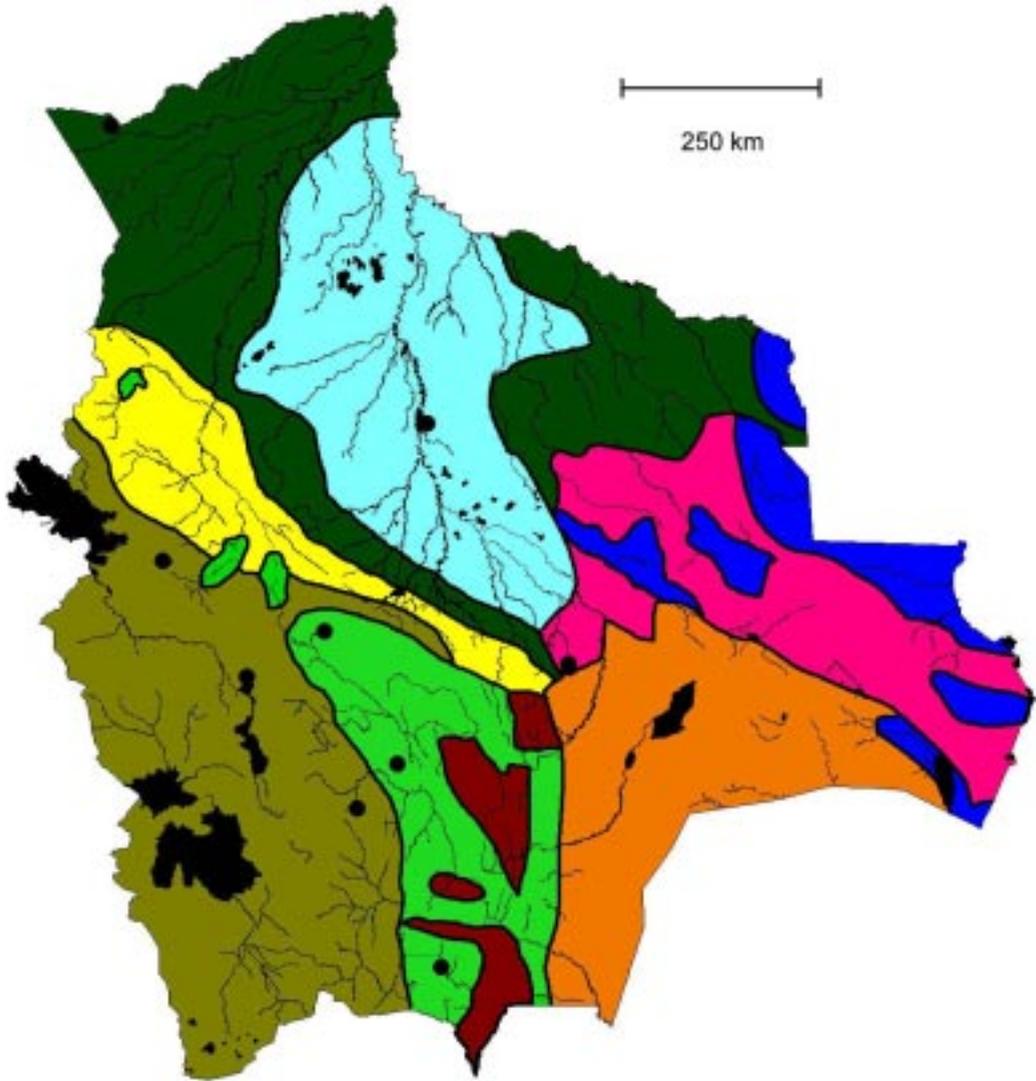


Fig. 1: Distribución geográfica de nueve de las 10 ecorregiones bolivianas consideradas en el presente estudio: amarillo = Yungas; verde claro = Valles secos inter-andinos; verde oscuro = Amazonía; azul = Este de Bolivia; marrón = Bosque tucumano-boliviano-; celeste = Llanos de Moxos; verde olivo = Puna; rosado = Chiquitania; anaranjado = Chaco. La región Ceja de Monte no está dibujada; contiene bosques de *Polylepis* y otras formaciones boscosas altoandinas en la transición de Yungas y valles secos inter-andinos a la Puna en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz hasta una latitud de aproximadamente 18°S. Los círculos negros indican las capitales departamentales.

departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, hasta una latitud de 18°S. Debido a esta posición de transición, los bosques de *Polylepis* y otras formaciones boscosas altoandinas no son una verdadera ecorregión en el sentido estricto (Ibisch et al. 2003 las incluyen en su ecorregión de Yungas), pero están incluidas en este trabajo como si lo fueran por las siguientes razones: Investigaciones recientes han mostrado que aproximadamente el 99% de las formaciones boscosas alto-andinas bolivianas ha sido severamente degradado por miles de años de actividad humana, en especial por el uso indiscriminado del fuego (Fjeldsã & Kessler 1996, Kessler 2002). Esto ha resultado en un desplazamiento altitudinal descendente de la ceja de monte por al menos 500 m altitudinales (en promedio) y ha causado la actual distribución relictual y altamente fragmentada de los bosques de *Polylepis* que hoy en día se distribuyen como islas de hábitats, inmersos en una matriz de pajonales altoandinos por encima de la actual ceja de monte. De esta manera, están mayormente desconectadas de los bosques más continuos situados a menores altitudes. Sin embargo, han retenido un conjunto de especialistas de hábitat que no se encuentran en los pajonales de Puna, ni en los bosques húmedos y secos montanos por debajo de la ceja de monte.

### Parámetros de importancia de conservación

Para evaluar la importancia y valor de cada ecorregión para la conservación de las aves bolivianas, el presente análisis principalmente se enfoca en la distribución de 117 especies de interés de conservación (EIC), incluyendo endémicas y casi endémicas políticas, especies de rango restringido (Stattersfield et al. 1998) y especies amenazadas y casi amenazadas (BirdLife International 2000, 2002). Determinamos los siguientes parámetros para cada ecorregión:

(1) *Riqueza*: Número total de especies registradas.

(2) *Singularidad faunística*: Para determinar cuán singular o única es una ecorregión dada en términos de su composición de especies, primero calculamos el número promedio de ecorregiones habitadas por especie para todas las especies presentes en una ecorregión, que teóricamente puede asumir cualquier valor entre 1.0 (todas las especies son exclusivas para la región) y 10.0 (todas las especies también se encuentran en todas las restantes ecorregiones). Para obtener un valor alto para ecorregiones con muchas especies exclusivas, cada promedio fue restado de 11.0, resultando en un valor máximo de 10.0 (todas las especies son exclusivas para la región) y un mínimo de 1.0 (todas las especies también se encuentran en todas las restantes ecorregiones).

(3) *Número de especies de rango restringido*: Se refiere a especies cuyos ámbitos de distribución no exceden a los 50.000 km<sup>2</sup> (Stattersfield et al. 1998), que incluyen las 30 especies endémicas y casi endémicas políticas (con > 90% de su ámbito de distribución dentro Bolivia y por lo tanto podrían carecer de poblaciones viables fuera del país). Debido a su distribución limitada y localizada, las especies de distribución restringida son particularmente vulnerables a alteraciones de hábitat y fueron usadas por Stattersfield et al. (1998) para definir áreas de endemismo como prioridades de conservación para aves a escala global.

(4) *Número de especies amenazadas y casi amenazadas*: Se trata de especies amenazadas de extinción debido a actividades humanas, siguiendo estrictamente a BirdLife International (2000, 2002).

(5) *Número de especies de interés de conservación insuficientemente protegidas*: Debido a que varias áreas protegidas de Bolivia proveen poca protección real para muchas especies, consideramos especies de interés de conservación insuficientemente protegidas a

aquellas que han sido registradas en menos de tres áreas protegidas, de acuerdo a Hennessey et al. (2003). Las siguientes 20 áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia (SERNAP) son consideradas: Reserva Nacional Amazónica de Vida Silvestre Manuripi (Depto. Pando); Reserva Inmovilizada Iténez, Reserva de la Biósfera Estación Biológica del Beni, Reserva de la Biósfera y Territorio Comunitario de Origen Pílon Lajas (Depto. Beni); Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba, Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata, Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi (Depto. La Paz); Parque Nacional Tunari, Parque Nacional Carrasco, Parque Nacional y Territorio Indígena Isiboro-Sécure (Depto. Cochabamba); Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Amboró, Parque Nacional Noel Kempff Mercado, Área Natural de Manejo Integrado San Matías, Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Otuquis, Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Kaa-Iya del Gran Chaco (Depto. Santa Cruz); Reserva Biológica Cordillera de Sama, Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía (Depto. Tarija); Parque Nacional Sajama (Depto. Oruro); Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa y Parque Nacional Toro Toro (Depto. Potosí)

(6) *Número de especies de interés de conservación ecorregionalmente restringidas*: son especies que habitan en solo una ecorregión, que por lo tanto dependen de medidas de conservación en particular en su ecorregión.

La elección de los parámetros es inevitablemente subjetiva hasta cierto grado, pero creemos que los parámetros citados arriba son los más relevantes y de sentido común bajo el contexto de conservación de aves. Para cada uno de los seis parámetros, las ecorregiones fueron valorizadas en una escala ordinal desde 1 (por ejemplo la de menor riqueza de especies) hasta 10 (por

ejemplo la de mayor riqueza de especies). Si los valores absolutos de un parámetro coincidieron para dos o más ecorregiones, la ecorregión con el mayor valor relativo (con relación al número total de especies dentro cada ecorregión) fue asignada con el rango más alto. Alternativamente, asignamos rangos medios (*mid-ranks*) a ecorregiones con valores absolutos igualados, que produjo virtualmente el mismo orden de valoración final y por lo tanto estos datos no son presentados. Para obtener la puntuación final para cada ecorregión, calculamos la suma de los rangos de los parámetros para cada ecorregión, resultando en un valor máximo posible de 60 y un mínimo posible de 6.

Para determinar el grado al cual los seis parámetros de importancia de conservación contenían información independiente (por ejemplo, riqueza de especies regional puede tener una influencia predominante y provocar una acumulación de especies de interés de conservación en ecorregiones con alta riqueza de especies; ver Kerr 1997), calculamos el coeficiente de correlación de Pearson para todas las combinaciones de parámetros. Los valores fueron normalizados cuando fue necesario para encajar con los requerimientos de la estadística paramétrica.

## Resultados

De las 1.396 especies de aves que se encuentran naturalmente en Bolivia, 77 (5.5%) fueron especies de rango restringido (incluyendo todas las especies endémicas y casi endémicas políticas) y 69 (4.9%) son especies amenazadas y casi amenazadas, sumando un total de 117 (8.4%) especies de interés de conservación. De estas especies de interés de conservación, 71 (61%) fueron insuficientemente protegidas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (es decir registradas en menos de tres áreas protegidas) y 59 (50 %) fueron restringidas a una ecorregión.

**Tabla 1: Riqueza total de especies, singularidad faunística (ver métodos), número de especies de interés de conservación (EIC) (especies endémicas y casi endémicas políticas, de rango restringido, amenazadas y casi amenazadas) y la puntuación total de prioridad de conservación (PPC; ver métodos) para diez ecorregiones en Bolivia.**

Ecorregión (abreviación)	Riqueza (n = 1.396)	Singularidad faunística	N° (%) de EIC (n = 117)	PPC
Yungas (Y)	650	7.28	46 (7.1)	53
Amazonía (A)	741	6.89	24 (3.2)	49
Valles secos interandinos (V)	519	6.08	28 (5.4)	43
Este de Bolivia (E)	569	5.88	19 (3.3)	41
Ceja de monte (C)	188	7.48	25 (13.3)	38
Bosque tucumano-boliviano (BT)	403	5.67	25 (6.2)	27
Llanos de Moxos (LI)	533	5.79	14 (2.6)	26
Puna (P)	172	7.22	13 (7.6)	25
Chiquitanía (Cq)	545	5.66	12 (2.2)	17
Chaco (Ch)	402	5.35	11 (2.7)	11

El número de especies de aves por ecorregión varió desde 741 en la Amazonía a 172 en la Puna (Tabla 1). Al contrario, la Puna fue la tercera región más singular faunísticamente (Tabla 1); valores para este parámetro variaron desde un máximo de 7.48 para la ceja de monte y 7.28 en los Yungas hasta un mínimo valor de 5.35 en el Chaco (Tabla 1). La mayor cantidad de especies de rango restringido se encontró en los Yungas (38), seguido por los valles secos interandinos (22) y la ceja de monte (21), mientras solo una especie de rango restringido se encontró en la Chiquitanía y en el Chaco (Fig. 2A). Las especies de aves amenazadas y casi amenazadas se distribuyeron mucho más equitativamente y variaron desde 19 en el Este de Bolivia hasta 10 en la Puna y el Chaco (Fig. 2C). Cuando combinamos ambas categorías de especies de interés de conservación, un pronunciado pico de 46 especies se manifestó en los Yungas (39% de todas las especies de interés de conservación), disminuyendo hasta un mínimo de 11 especies (9%) en el Chaco (Tabla 1).

La Amazonía contuvo el mayor número de especies de interés de conservación insuficientemente protegidas (19), seguido por los valles secos interandinos (17), los Yungas (15) y el Este de Bolivia (15), mientras solo cuatro y seis especies de interés de conservación estuvieron en la Puna y el Chaco respectivamente (Fig. 3A). Las especies de interés de conservación restringidas ecorregionalmente fueron más prominentes en los Yungas (22) y menos prominentes en el Chaco (1) y la Chiquitanía (1) (Fig. 3C).

Cuando consideramos la contribución relativa de especies de interés de conservación a la riqueza total en cada ecorregión, un prominente cambio emerge en los patrones. La ceja de monte pobre en riqueza de especies tuvo la mayor proporción de especies de rango restringido (11.2%; Fig. 2B) y especies amenazadas (6.9%; Fig. 2D), resultando en un total de 13.3% de especies de interés de conservación (Tabla 1). Para las especies de interés de conservación insuficientemente protegidas (Fig. 3B), la ceja de monte también obtuvo la proporción máxima (5.9%). En

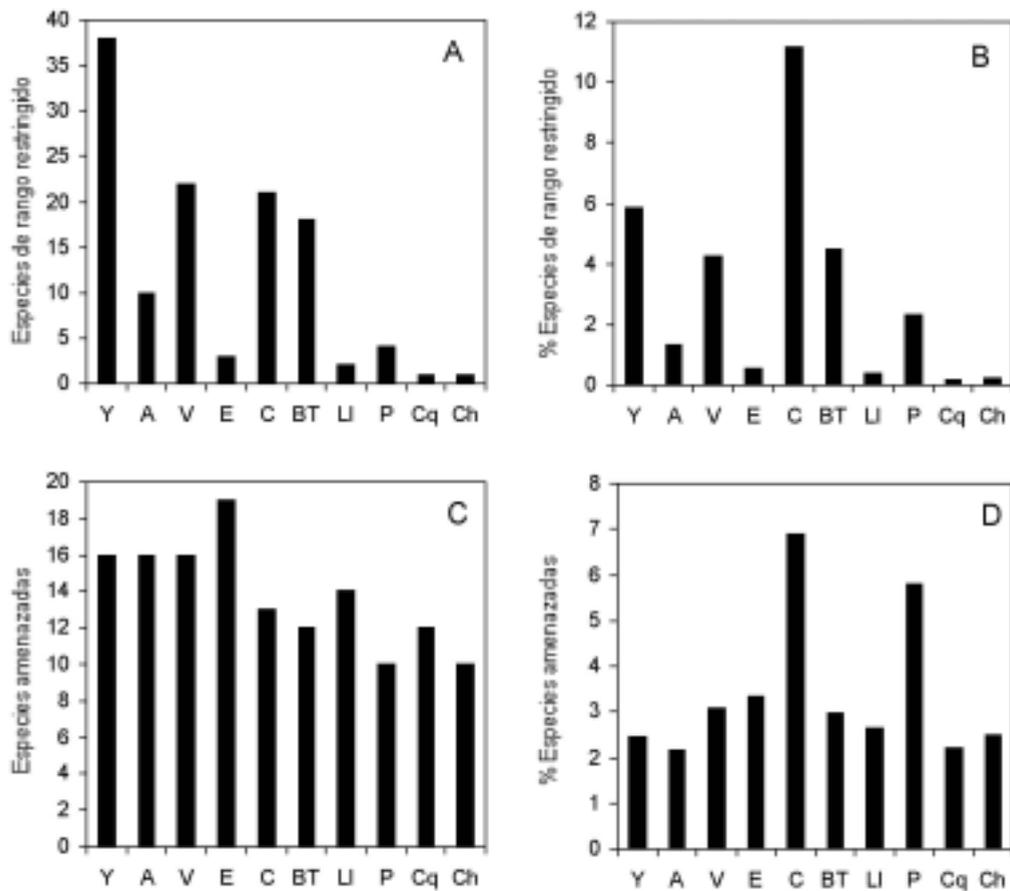


Fig. 2: Número y proporción de especies de rango restringido y políticamente endémicas (A, B) así como especies de aves amenazadas y casi amenazadas (C, D) registradas en cada una de las 10 ecorregiones bolivianas. Abreviaciones: Y = Yungas, A = Amazonía, V = Valles secos interandinos, E = Este de Bolivia, C = Ceja de monte, BT = Bosque tucumano-boliviano, LI = Llanos de Moxos, P = Puna, Cq = Chiquitania, Ch = Chaco.

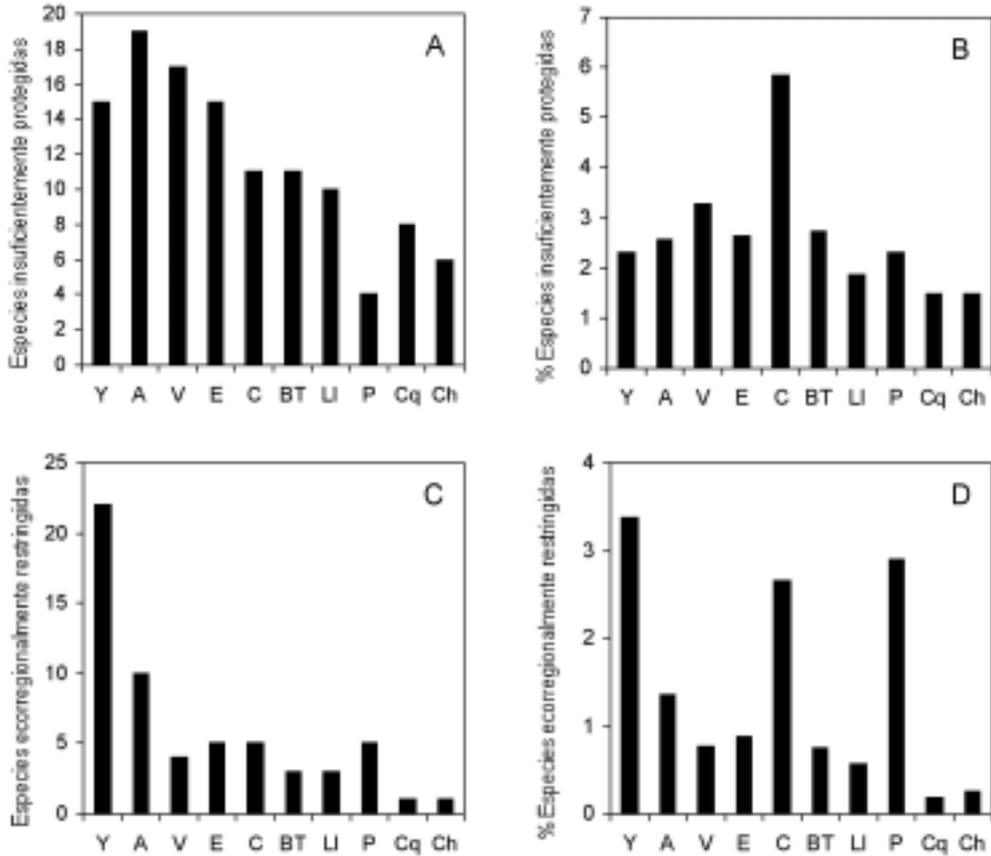
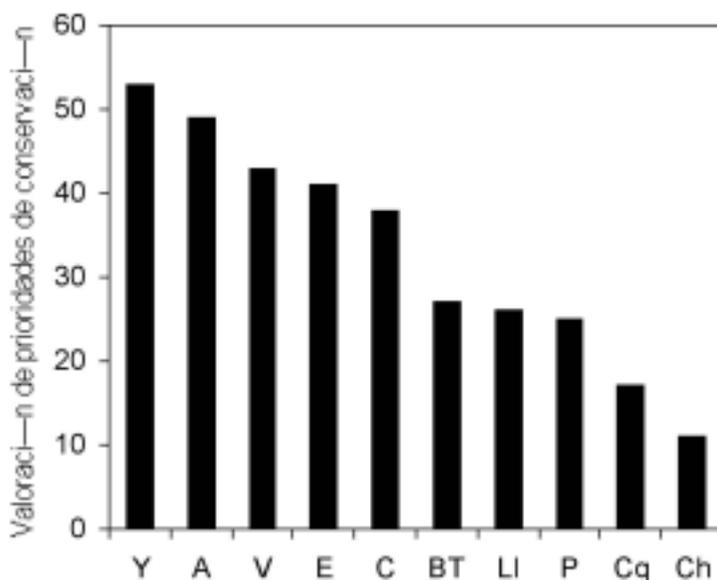


Fig. 3: Número y proporción de especies de aves de interés de conservación (especies de rango restringido, endémicas políticas, amenazadas y casi amenazadas; n = 117) en cada una de las 10 ecorregiones bolivianas que son insuficientemente protegidas (A, B; especies registradas en menos de tres áreas protegidas) o ecorregionalmente restringidas (C, D especies registradas en solo una ecorregión). Abreviaciones: Y = Yungas, A = Amazonía, V = Valles secos interandinos, E = Este de Bolivia, C = Ceja de monte, BT = Bosque tucumano-boliviano, LI = Llanos de Moxos, P = Puna, Cq = Chiquitania, Ch = Chaco.

cambio, las especies de interés de conservación ecorregionalmente restringidas tuvieron su proporción máxima en los Yungas (3.4%), la Puna (2.9%) y la ceja de monte (2.7%) (Fig. 3D).

Después de la valorización de las ecorregiones en una escala ordinal desde 1 hasta 10 para cada uno de los seis parámetros y calcular la suma de los rangos de los parámetros para cada ecorregión, los Yungas emergieron como la máxima prioridad de conservación para aves con una puntuación de 53, seguidos estrechamente por la Amazonía (49) y los valles secos interandinos (43; Tabla 1, Fig. 4). El Chaco (11), la Chiquitanía (17) y la Puna (25) obtuvieron los valores más bajos en la puntuación de prioridades de conservación para aves.

El análisis de correlación reveló cinco asociaciones positivas significativas entre los parámetros de importancia de conservación, incluyendo todos los seis parámetros (Tabla 2), lo cual hizo difícil escoger un parámetro como el más redundante. El número de especies de interés de conservación restringidas ecorregionalmente tuvo el mayor coeficiente de correlación promedio de 0.58. Sin embargo, al quitar este parámetro del análisis brindó resultados casi idénticos en la valorización de las ecorregiones (excepto que el bosque tucumano-boliviano y los Llanos de Moxos obtuvieron la misma puntuación final), por lo tanto, obtamos por presentar el análisis con los seis parámetros incluidos.



**Fig. 4:** Puntuación final de prioridad de conservación (ver métodos) para 10 ecorregiones en Bolivia. Abreviaciones: Y = Yungas, A = Amazonía, V = Valles secos interandinos, E = Este de Bolivia, C = Ceja de monte, BT = Bosque tucumano-boliviano, LI = Llanos de Moxos, P = Puna, Cq = Chiquitanía, Ch = Chaco. Un alto valor es equivalente a una mayor prioridad de conservación.

**Tabla 2: Coeficientes de correlación de Pearson entre seis parámetros de importancia de conservación para 10 ecorregiones en Bolivia. S = número total de especies (n = 1396); SF = singularidad faunística; RR = especies de rango restringido, incluyendo las endémicas y casi endémicas políticas (n = 77); A = especies amenazadas y casi amenazadas (n = 69); IP = especies de interés de conservación insuficientemente protegidas (n = 71); ER = especies de interés de conservación ecorregionalmente restringidas (n = 59); \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ .**

	S	SF	RR	A	IP
SF	-0.22				
RR	0.12	0.54			
A	0.66*	0.10	0.31		
IP	0.71*	0.18	0.49	0.87**	
ER	0.28	0.76*	0.69*	0.57	0.61

## Discusión

El presente análisis reveló un pronunciado gradiente en la prioridad de ecorregiones para la conservación de aves en Bolivia. La puntuación de la ecorregión prioritaria, los Yungas, fue casi cinco veces mayor que la región con la puntuación más baja -el Chaco- y las ecorregiones restantes se ubicaron equitativamente entre los valores extremos (Fig. 4).

Los Yungas sobrepasaron a las otras ecorregiones en el número de especies de rango restringido (Fig. 2A), especies de interés de conservación ecorregionalmente restringidas (Fig. 3C) y número total de especies de interés de conservación (Tabla 1). La Amazonía se constituye en la segunda prioridad, subrayando su alta riqueza de especies (Tabla 1) y el máximo número de especies de interés de conservación insuficientemente protegidas (Fig. 3A). Los valles secos interandinos obtuvieron la tercera puntuación más alta debido a la presencia de

numerosas especies de rango restringido (Fig. 2A; ver también Herzog & Kessler 2002, Herzog 2003), amenazadas y casi amenazadas (Fig. 2C) y de interés de conservación insuficientemente protegidas (Fig. 3A). A pesar de la baja riqueza de especies en la ceja de monte, esta ecorregión obtuvo la quinta puntuación más alta, muy de cerca después del Este de Bolivia. Esta dominancia de ecorregiones andinas entre las cinco con mayor puntuación subraya la prioridad de este área para la conservación en Bolivia, que ha dirigido a la iniciativa del bio-corredor Amboró-Madidi (Navarro et al. 2004). Sin embargo, desafortunadamente esta iniciativa descuida la mayor parte de los valles secos interandinos.

Debería resaltarse que la importancia de los Llanos de Moxos para la conservación de las aves es casi ciertamente subestimada por el presente análisis. Es una de las ecorregiones más pobremente estudiadas en Bolivia; además, investigaciones ecológicas y taxonómicas preliminares (B.M. Whitney y A.B. Hennessey,

datos no publicados) sugieren que el número de especies de interés de conservación en los Llanos de Moxos es mayor que el reconocido actualmente.

El escrutinio de la proporción de especies de interés de conservación con relación al número total de especies en cada ecorregión descubrió un patrón no revelado por los valores absolutos o el análisis de correlación, a saber la importancia de conservación de la ceja de monte. Si los valores relativos fueran utilizados para calcular la puntuación total para identificar las prioridades de conservación, la ceja de monte sería como la región prioritaria máxima (seguida por los Yungas y los valles secos interandinos respectivamente). La proporción de especies endémicas y amenazadas documentada repetidamente se incrementa con la altitud tanto en plantas como en aves, reflejando la acumulación de especies con ámbitos de distribución estrechos en áreas montañosas (por ejemplo Graves 1988, Kessler et al. 2001). Adicionalmente, más del 99% de la ceja de monte boliviana ha sido severamente degradada por miles de años de uso humano (Fjeldsá & Kessler 1996, Kessler 2002).

El método simple de valorizar las ecorregiones según diferentes parámetros específicos de grupos taxonómicos aplicado aquí ha probado ser objetivo e informativo. Los autores esperan que el método será aplicado a otros grupos taxonómicos, para obtener de esta manera un panorama general más completo de las prioridades de conservación ecorregionales en Bolivia y que será utilizado en otros países tropicales que están en proceso de establecer programas de planificación ecorregional.

### Agradecimientos

SKH quisiera agradecer al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) por el apoyo financiero a través de una beca postdoctoral durante la preparación del presente manuscrito. Una beca de la Agencia Sueca de Cooperación Internacional (Asdi) a Asociación Armonía apoyó

el trabajo sobre la base de datos y la publicación de la "Lista de Anotada de Aves de Bolivia" (Hennessey et al. 2003). Agradecemos a las personas que contribuyeron con sus datos en la base de datos de aves de Asociación Armonía. También recibimos apoyo e información de las siguientes instituciones involucradas en conservación e investigación biológica en Bolivia: The Chicago Field Museum (EE.UU.), especialmente Doug Stotz, Tom Schulenberg y Willam S. Alverson; la Colección Boliviana de Fauna (La Paz, Bolivia), especialmente Carmen Quiroga Oropeza, María Isabel Gomez y Marolyn Vidaurre de la Riva; Herencia (Pando, Bolivia), especialmente Juan Fernando Reyes y Romer Miserendino; Hombre y Naturaleza (Bolivia), especialmente Javier Heredia Fernández y Manuel Español; el Museo Noel Kempff Mercado (Santa Cruz, Bolivia), especialmente Mauricio Herrera; y WWF Bolivia, especialmente Roger Landivar y Pamela Rebolledo.

### Referencias

- BirdLife International. 2000. Threatened birds of the world. Lynx Edicions, Barcelona y Cambridge. 852 p.
- BirdLife International. 2002. World bird data base, agosto 2002. [http://www.birdlife.org/action/science/species/globally\\_tbu/gtbu\\_main.html](http://www.birdlife.org/action/science/species/globally_tbu/gtbu_main.html).
- Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Pimm, M.P. Bookbinder & G. Ledec. 1995. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank, Washington, D.C. 151 p.
- Fjeldsá, J. & M. Kessler. 1996. Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodlands of the highlands of Peru and Bolivia – A contribution to sustainable natural resource management. NORDECO, Copenhagen. 250 p.
- Graves, G.L. 1988. Linearity of geographic range and its possible effect on the population structure of Andean birds. *Auk* 105: 47-52.

- Hennessey, A.B., S.K. Herzog & F. Sagot. 2003. Lista anotada de las aves de Bolivia. Asociación Armonía/BirdLife International, Santa Cruz de la Sierra. 274 p.
- Herzog, S.K. 2003. Aves. Pp. 141-145. En: P.L. Ibisch & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.
- Herzog, S.K. & M. Kessler. 2002. Biogeography and composition of dry forest bird communities in Bolivia. *Journal für Ornithologie* 143: 171-204.
- Ibisch, P.L., S.G. Beck, B. Gerkmann & A. Carretero. 2003. Ecorregiones y ecosistemas. Pp. 47-88. En: P.L. Ibisch & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.
- Kerr, J. T. 1997. Species richness, endemism, and the choice of areas for conservation. *Conservation Biology* 11: 1094-1100.
- Kessler, M. 2002. The "Polylepis problem": Where do we stand? *Ecotropica* 8: 97-110.
- Kessler, M., S.K. Herzog, J. Fjeldså & K. Bach. 2001. Diversity and endemism of plants and birds along two gradients of elevation, humidity, and human land-use in the Bolivian Andes. *Diversity and Distributions* 7: 61-77.
- Magnusson, W.E. 2004. Ecoregion as a pragmatic tool. *Conservation Biology* 18: 4-5.
- Navarro, G., W. Ferreira, C. Antezana, S. Arrázola & R. Vargas. 2004. Bio-corredor Amboró Madidi, zonificación ecológica. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra. 216 p.
- Noss, R.F. 1996. Ecosystems as conservation targets. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 351.
- Olson, D.M. & E. Dinerstein. 1998. The global 200: a representation approach to conserving Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12: 502-515.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao & K.R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *BioScience* 51: 933-938.
- Stattersfield, A.J., M.J. Crosby, A.J. Long & D.C. Wege. 1998. Endemic bird areas of the world: priorities for bird conservation. *BirdLife International, Cambridge*. 846 p.
- The Nature Conservancy. 1997. Designing a geography of hope: guidelines for ecoregion-based conservation in The Nature Conservancy. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia. 77 p.
- The Nature Conservancy, Fundación Vida Silvestre Argentina, Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco & Wildlife Conservation Society Bolivia. 2005. Evaluación ecorregional del Gran Chaco Americano. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires. 24 p.
- Wikramanayake, E., E. Dinerstein, C. Loucks, D. Olson, J. Morrison, J. Lamoreux, M. McKnight & P. Hedao. 2002. Ecoregions in ascendance: reply to Jepson and Whittaker. *Conservation Biology* 16: 238-243.
- World Wildlife Fund. 2002. Ecoregion-based conservation in the southwest Amazon moist forests (Global 200: The history and composition of a biodiversity vision). Unpublished report.

Artículo recibido en: Noviembre de 2004.

Manejado por: Luis F. Aguirre

Aceptado en: Junio de 2005.