

# Análisis de omisiones y prioridades de conservación para los loros amenazados de Colombia

Jorge Iván Velásquez–Tibata\* & Hugo F. López–Arévalo\*\*

\*Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

Dirección actual: Department of Ecology and Evolution, SUNY. Stony Brook NY, 11790–5245.

\*\*Instituto de Ciencias Naturales, A.A. 7495, Bogotá D. C., Colombia.

Correspondencia dirigirla a: jorge@life.bio.sunysb.edu

## Resumen

En este estudio evaluamos la representatividad de los loros amenazados de Colombia en el sistema de áreas protegidas e identificamos áreas prioritarias para su conservación. La distribución de los loros fue modelada a partir de registros de museo y observaciones de campo utilizando el algoritmo GARP (*Genetic Algorithm for Rule–Set Prediction*). Basados en el área de ocupación modelada para cada especie, se establecieron metas de representación en el sistema de áreas protegidas, que fueron evaluadas mediante un análisis de vacíos. Para ninguna de las 11 especies de loros amenazados se cumplieron las metas de representación establecidas, y por lo tanto usamos criterios de irreemplazabilidad y vulnerabilidad para identificar áreas prioritarias para su conservación. Las áreas prioritarias se ubicaron principalmente en la Cordillera Central y la Sierra Nevada de Santa Marta, que de ser protegidas incrementarían significativamente ( $145.1 \pm 27.4\%$ ) la representación de los loros amenazados en áreas protegidas. Además, las áreas prioritarias para loros identificadas por este análisis se sobrelaparon pobremente (23%) con las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAs) no protegidas ( $n=52$ ). Estos resultados sugieren que es necesaria la expansión del sistema de áreas protegidas actual, así como la identificación y ampliación de las AICAs existentes, para asegurar niveles de representación de los loros amenazados que aseguren su persistencia a largo plazo.

**Palabras clave:** loros amenazados, Colombia, distribuciones, GARP, áreas prioritarias, conservación.

## Abstract

In this study we assessed the representativeness of Colombian threatened parrots in the protected areas system and identified priority areas for their conservation. The distribution of parrots was modeled from labeled museum records and field observations using the algorithm GARP (*Genetic Algorithm for Rule–Set Prediction*). Based on the modeled area of occupancy, we established representation targets that were evaluated through gap analysis. For none of the 11 parrot species assessed the representation targets were met and thus we used criteria of irreplaceability and vulnerability to identify priority areas for their conservation. The priority areas were located mainly in the Central Andes and the Sierra Nevada de Santa Marta, and if protected the representation of these species would increase significantly ( $145.1 \pm 27.4\%$ ). Furthermore, the priority areas for parrot conservation overlapped poorly (23%) with the non–protected Important Bird Areas (IBAs;  $n=52$ ). These results suggest that the expansion of the protected area network along with the identification and expansion of the IBAs network is necessary to achieve levels of representation large enough to ensure the endangered parrot species' long term persistence.

**Key words:** threatened parrots, Colombia, distributions, GARP, priority areas, conservation.

## 1. Introducción

La conservación de la diversidad biológica global involucra la protección y/o manejo de áreas que alberguen la diversidad de elementos biológicos y procesos ecológicos inherentes a la naturaleza, que de otra manera se perderían por la degradación del hábitat (Meffe & Carroll 1997). En vista de las limitaciones impuestas por las presiones económicas y sociales sobre los ecosistemas naturales, esta tarea requiere de métodos para permitir la identificación de sitios que aseguren la persistencia de la biodiversidad en el menor conjunto de áreas posibles, así como la priorización de áreas con necesidad urgente de protección, en virtud de las amenazas que enfrentan las especies que habitan en ellas.

El análisis de vacíos u omisiones de conservación es una herramienta de planeación que comprende dos etapas. En la primera se busca identificar las especies omitidas, es decir aquellas que no están protegidas por el sistema de áreas protegidas. En la segunda se busca llenar los vacíos de conservación mediante la identificación de áreas prioritarias para integrarlas en el sistema de áreas protegidas, basándose en criterios de irremplazabilidad y vulnerabilidad (Margules & Pressey 2000, Rodrigues *et al.* 2003). De esta manera, la priorización de la protección se enfoca en las áreas con menores posibilidades de ser reemplazadas en el espacio (irremplazabilidad) y tiempo (vulnerabilidad) (Margules & Pressey 2000).

Los resultados de cada etapa dependen de los criterios escogidos para considerar a una especie como cubierta o como omitida. Estos criterios van desde la representación de al menos una población en el sistema de áreas protegidas (o un número mínimo establecido de ocurrencias), o de una extensión o proporción de su rango de distribución, hasta un número de poblaciones mínimas viables (Margules & Pressey 2000, Cabeza 2003, Rodrigues *et al.* 2003). Aunque el fin último de las reservas es asegurar a largo plazo la persistencia de la biodiversidad y los procesos inherentes a la misma, la información que usualmente está disponible no permite el establecimiento de metas de representación de procesos ecológicos (*e.g.* número de poblaciones mínimas viables). En consecuencia, las prioridades de conservación fijadas con base en metas de representación como ocurrencia o extensión en el interior de áreas protegidas, deben interpretarse únicamente como una aproximación a los sitios donde se debe enfocar la inversión para conservación (Rodrigues *et al.* 2003).

El propósito de este trabajo es identificar los vacíos y prioridades de conservación para los loros amenazados de Colombia. Los loros son un grupo altamente sensible a la fragmentación y usualmente requieren grandes extensiones continuas de bosque (Kattan *et al.* 1994). Es por esto que los beneficios de su conservación se podrían extender a un grupo amplio de especies. Adicionalmente, este es uno de los grupos de aves más amenazados por la reducción de coberturas boscosas, encontrándose un 21% de las especies registradas en Colombia bajo algún grado de amenaza (BirdLife International 2000).

Aunque los resultados de este trabajo esperan llamar la atención hacia ciertas áreas del país con urgencia de conservación para loros, también es nuestro interés demostrar que es posible aplicar una metodología objetiva y sistemática para la planificación de la conservación de la biodiversidad colombiana con la información disponible en museos, bases de datos y libretas de campo.

## 2. Métodos

### 2.1. Especies de estudio y modelamiento de sus distribuciones

Este estudio se enfocó en las especies de loros amenazados de Colombia según BirdLife International (2005). Así pues, las especies incluidas en este estudio fueron la Cotorra Coroniazul, *Hapalopsittaca fuertesi* (CR); el Loro Orejiamarillo, *Ognorhynchus icterotis* (CR); la Guacamaya Verdelimón, *Ara ambigua* (EN); el Periquito de Santa Marta, *Pyrrhura viridicata* (EN); la Guacamaya Verde, *Ara militaris* (VU); el Periquito Frentirrufo, *Bolborhynchus ferrugineifrons* (VU); la Cotorra Montañera, *Hapalopsittaca amazonina* (VU); el Perico Paramuno, *Leptosittaca branickii* (VU); la Cotorra Cariamarilla, *Pionopsitta pyrilia* (VU); el Periquito Aliamarillo, *Pyrrhura calliptera* (VU) y el Periquito Alipunteado, *Touit stictoptera* (VU).

Los mapas de distribución para cada especie se obtuvieron a partir del modelamiento de su nicho ecológico usando el algoritmo GARP (Genetic Algorithm for Rule Set Prediction), mediante la implementación para PC, Desktop GARP (<http://www.lifemapper.org/desktopgarp/>). GARP relaciona características ambientales de puntos conocidos de distribución con puntos aleatoriamente muestreados del área de estudio, buscando desarrollar una serie de reglas de decisión que expliquen los factores que están

influyendo la distribución de las especies (Costa *et al.* 2002). Dado que las reglas «evolucionan» en un proceso que imita la evolución del ADN (mutaciones, entrecruzamiento, recombinación, delección, etc.), los modelos elaborados para una misma especie con los mismos datos no son iguales. Por lo tanto, su capacidad predictiva debe ser evaluada usando «puntos de entrenamiento», es decir, los puntos utilizados para la elaboración del modelo (evaluación intrínseca) y «puntos de control», es decir, puntos de distribución no incluidos para la elaboración del modelo (evaluación extrínseca).

Los puntos de distribución para las especies de estudio fueron obtenidos mediante la compilación y georeferenciación de datos puntuales de distribución usando las bases de datos BioMap (42 colecciones biológicas; Darwin Database, 2003), DataAves (registros de observaciones de aves de la Sociedad Antioqueña de Ornitología), literatura ornitológica y observaciones y comunicaciones personales (véase agradecimientos). Se utilizaron en total 21 capas ambientales para el modelamiento de nicho ecológico: elevación, aspecto y pendiente derivados del modelo de elevación digital (DEM) para Suramérica del United States Geological Survey (USGS) a una resolución de 30 segundos (<http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.asp>), y un conjunto de 19 variables bioclimáticas disponibles en la base de datos WorldClim (<http://biogeo.berkeley.edu/worldclim/worldclim.htm>) a una resolución de 30 segundos (aproximadamente 1 km<sup>2</sup>).

Para optimizar la capacidad predictiva de los modelos se desarrollaron 100 modelos por especie. Para aquellas especies con más de 20 registros, se dividieron equitativamente los puntos de distribución en puntos de entrenamiento y de control. Para las especies con menos de 20 registros, todos los puntos fueron de entrenamiento.

La selección de los mejores modelos se basó en los errores de omisión (falsos negativos) y de comisión (falsos positivos o sobrepredicción) calculados para cada modelo siguiendo los criterios de Anderson *et al.* (2003) y Ortega–Huerta & Peterson (2004). Para todas las especies fueron excluidos de la selección todos los modelos con una omisión intrínseca mayor a cero. Luego, para las especies con más de 20 registros se escogieron los 20 modelos con valores más bajos de omisión extrínseca. Finalmente, los 10 modelos más cercanos a la mediana del índice de error de comisión (la proporción del área de estudio predicha) fueron se-

leccionados como los mejores modelos. Posteriormente estos fueron sumados para obtener un modelo con valores en cada celda de 0-10 representando el grado de coincidencia entre los modelos (por ejemplo, un valor de 8 en una celda, significa que ocho de los 10 modelos predijeron presencia de la especie en la misma). Estos modelos fueron convertidos a modelos de presencia/ausencia identificando las áreas en las que nueve o más modelos predecían presencia.

Dado que en el modelamiento no se utilizaron datos de vegetación, un gran porcentaje de las predicciones correspondieron a áreas que actualmente están deforestadas pero que son climáticamente viables para las especies. Este problema fue solucionado restringiendo el modelo de distribución original a las áreas con vegetación nativa remanente en Colombia de acuerdo con el Global Land Cover 2000 (<http://www-gvm.jrc.it/glc2000/>). Adicionalmente, dado que los procesos orogenéticos han sido importantes factores moldeadores de la distribución de las aves en Colombia (Kattan *et al.* 2004), los modelos de distribución de cada especie fueron restringidos a las regiones biogeográficas (*sensu* Hernández–Camacho *et al.* 1992, Kattan *et al.* 2004) con registros de la misma. De esta manera se buscó disminuir al máximo los errores de comisión dado que podrían desviar los esfuerzos de conservación (Loiselle *et al.* 2003).

## 2.2. Unidades espaciales

Para este análisis se dividió el país en unidades espaciales únicas (y en consecuencia no superpuestas), pertenecientes a dos tipos: protegidas y no protegidas. Las unidades protegidas correspondieron a áreas protegidas individuales o a conjuntos de áreas protegidas adyacentes y/o superpuestas pertenecientes a tres categorías: 1) 42 áreas bajo alguna de las categorías de áreas protegidas de IUCN (1994), incluyendo todas las áreas de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales (UAESPNN) así como las Reservas de la Biosfera designadas por UNESCO (WDPA Consortium 2004; 2) 52 Reservas Forestales Protectoras de Orden Territorial (RFP), compiladas y digitalizadas por Conservación Internacional Colombia y el Ministerio del Medio Ambiente y 3) 54 Reservas de la Sociedad Civil (RSC) con área mayor a 100 ha, compiladas por Conservación Internacional Colombia. Las unidades no protegidas correspondieron al área no protegida dividida por una cuadrícula hexagonal de 100 km<sup>2</sup>.

Los mapas de distribución de las especies de interés fueron sobrelapados con el mapa de unidades para

producir una matriz de riqueza (especies por unidad espacial). Esta matriz se usó después para determinar: 1) el porcentaje de la meta de representatividad cumplido para cada especie y 2) la irremplazabilidad de las unidades.

### 2.3. Análisis de vacíos

Los resultados de cualquier análisis de vacíos dependen en gran medida de los criterios utilizados para considerar una especie como protegida o no (Rodrigues *et al.* 2004). En este estudio, para cada especie se estableció una «meta de representación», que corresponde al porcentaje mínimo del rango de distribución de una especie que debe estar representado en el sistema de áreas protegidas. Nuestro análisis tomó como base los criterios de Rodrigues *et al.* (2003), que sugieren que una especie con un rango de distribución mayor a 250,000 km<sup>2</sup> debe estar representada en áreas protegidas en al menos un 10% de su rango, y especies con rangos menores a 1,000 km<sup>2</sup> deben estar protegidas en un 100% de su rango. Las metas de representación para especies con rangos intermedios (1,000 – 250,000 km<sup>2</sup>) fueron derivadas a partir de una interpolación logarítmica (Tabla 1).

**Tabla 1.** Metas de representación para cada especie de loro amenazada en Colombia, indicadas en porcentaje y Km<sup>2</sup> del rango que debería estar protegido siguiendo criterios de Rodrigues *et al.* (2003).

Especie	Área de ocupación (km <sup>2</sup> )	Meta de representación (%)	Meta de representación (km <sup>2</sup> )
<i>Ara ambigua</i>	25,478	47.2	12,031.60
<i>Ara militaris</i>	84,390	27.7	23,377.75
<i>Bolborhynchus ferrugineifrons</i>	14,695	56.2	8,257.64
<i>Hapalopsittaca amazonina</i>	38,689	40.4	15,635.90
<i>Hapalopsittaca fuertesi</i>	4,539	75.3	3,419.81
<i>Leptosittaca branickii</i>	16,079	54.7	8,799.46
<i>Ognorhynchus icterotis</i>	32,844	43.1	14,150.52
<i>Pionopsitta pyralia</i>	106,542	23.9	25,466.36
<i>Pyrrhura calliptera</i>	18,372	52.5	9,655.11
<i>Pyrrhura viridicata</i>	272	100.0	272.00
<i>Touit stictoptera</i>	6,064	70.6	4,282.48

### 2.4. Irremplazabilidad de las unidades

La irremplazabilidad de las unidades protegidas y no protegidas fue calculada usando el software de planeación de conservación C-Plan (NSW-NPWS 2001). Los valores de irremplazabilidad van desde 0 (cuando el sitio no es necesario para alcanzar la meta de representación) hasta 1 (sitios irremplazables, es decir, que la meta no puede ser alcanzada sin la conservación del sitio).

### 2.5. Vulnerabilidad de las unidades

La vulnerabilidad de las unidades espaciales fue medida a partir del mapa «la huella humana» (Sanderson *et al.* 2002). La huella humana es un mapa con una resolución de 30 segundos de la influencia humana sobre la superficie terrestre, medida como un índice de influencia humana (HII) derivado de las contribuciones relativas de la densidad poblacional, la transformación de la tierra, las vías de comunicación y la infraestructura eléctrica. El índice de influencia humana puede ser considerado como una medida de la vulnerabilidad de un sitio o de la probabilidad de ser transformado en un futuro cercano. El uso de esta medida está justificado por su relación con el riesgo de extinción de especies (Brooks *et al.* 1998).

El mapa de la huella humana fue reducido al área continental de Colombia y se sobrepuso al mapa de unidades de conservación para elaborar una matriz de influencia humana por sitio. Dicha matriz fue utilizada conjuntamente con la matriz de irremplazabilidad por sitio para determinar las prioridades de conservación.

### 2.6. Prioridades de conservación

Las prioridades de conservación deben ser vistas como prioridades para la inversión de recursos. Ni la irremplazabilidad ni la vulnerabilidad de un sitio por sí solas predicen adecuadamente dónde deben ser invertidos esos limitados recursos. Sin embargo, la interacción de ambas mediciones en una unidad espacial da una idea de las opciones espaciales y temporales de reemplazamiento de esta unidad. Una unidad con una irremplazabilidad alta pero una vulnerabilidad baja, señala un sitio importante para la conservación pero no prioritario, pues en el futuro todavía existirán opciones para su conservación. Igualmente una unidad con una vulnerabilidad alta pero una irremplazabilidad baja tiene una prioridad baja pues espacialmente existen más opciones para la conservación de los mismos valores biológicos. Sin embargo, una unidad con valores altos de irremplazabilidad y vulnerabilidad tiene una alta prioridad de conservación pues existen pocas opciones temporales y espaciales para su reemplazamiento.

En este estudio se consideraron como áreas prioritarias de conservación aquellas unidades con valores de irremplazabilidad y vulnerabilidad por encima del percentil 75, es decir, el 25% más alto. Este procedimiento se realizó bajo la suposición de que los sitios que albergan especies con vulnerabilidades altas (e.g. especies en estado crítico) y que tienen un riesgo alto

de desaparecer en el futuro cercano, deben ser protegidos urgentemente para alcanzar la meta de representación.

### 3. Resultados

#### 3.1. Representatividad de las áreas protegidas

Los loros amenazados de Colombia ocupan una superficie de 109,279 km<sup>2</sup>, es decir un 9.6% del territorio continental colombiano. Están distribuidos principalmente en la provincia biogeográfica Norandina (60,415 km<sup>2</sup>, 27.0% de la superficie de la provincia) y en la provincia Chocó–Magdalena (43,016 km<sup>2</sup>, 21.5% de la superficie de la provincia, (Tabla 2). Las mayores concentraciones de loros amenazados se ubican en la Cordillera Central, donde se pueden encontrar hasta cinco especies en simpatría: el Periquito Frentirrufo, la Cotorra Montañera, la Cotorra Coroniazul, el Perico Paramuno y el Loro Orejiamarillo (Figura 1).

Tabla 2. Área de ocupación de loros amenazados por

Provincia	Área ocupada por loros	Área provincia	Provincia ocupada(%)
Norandina	60,415	223,900.4	27.0
Chocó–Magdalena	43,016	200,094.7	21.5
Sierra Nevada de Santa Marta	834	12,519.6	6.7
Cinturón Árido Pericaribeño	1,036	69,296.9	1.5
Orinoquia	1,823	178,046.3	1.0
Guayana	1,642	289,170.1	0.6
Amazonia	134	166,788.5	0.1

provincia biogeográfica en Colombia.

Las áreas de ocupación fluctúan entre los 100–4,748 km<sup>2</sup> que corresponden al Periquito de Santa Marta y a la Cotorra Cariamarilla, respectivamente. Existe una correlación significativa entre el área de ocupación y el área protegida de cada especie ( $r = 0.9568$ , g.l. = 9,  $p < 0.001$ ), siendo por lo tanto el Periquito de Santa Marta y la Cotorra Cariamarilla las especies con menor y mayor extensión de área protegida respectivamente (Figura 1).

Las 11 especies de loros amenazados están representadas sólo parcialmente en el sistema de áreas protegidas de acuerdo con los criterios establecidos en los métodos. El rango de la meta de representación va desde un 13.5% para el Periquito Alipunteado, hasta un 54.9% para el Periquito de Santa Marta (Figura 2). Las especies en peligro alcanzaron en promedio porcentajes mayores de la meta de representación ( $43.4\% \pm 16.3$ ,  $n=2$ ), seguidas por las críticamente amenazadas ( $28.0\% \pm 12.9$ ,  $n=2$ ) y vulnerables ( $24.5\% \pm 6.0$ ,  $n=7$ ).

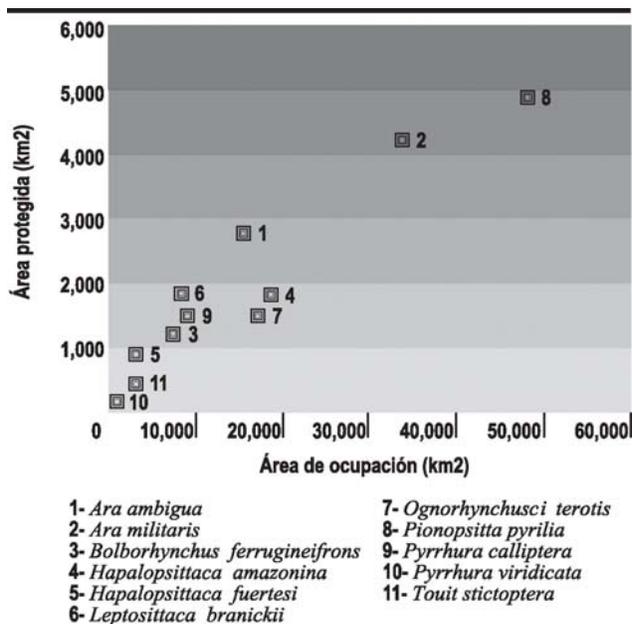


Figura 1. Relación entre área de ocupación de cada especie de loro y área protegida.

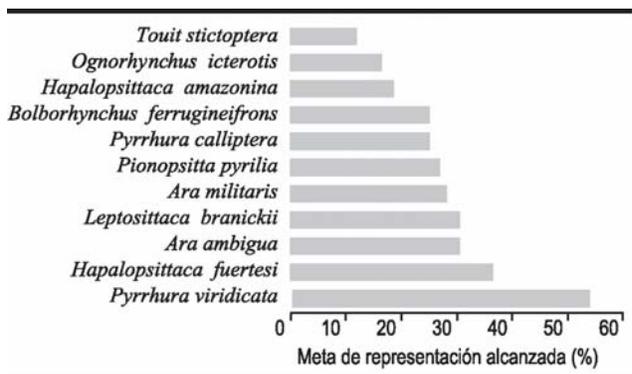


Figura 2. Porcentaje de la meta de representación cumplida para cada especie de loro amenazado en Colombia.

#### 3.2. Irreemplazabilidad de unidades no protegidas

Un total de 41 unidades no protegidas fueron identificadas mediante el análisis de irreemplazabilidad. Estas abarcan un área de 3,934 km<sup>2</sup> de los cuales 2,383 km<sup>2</sup> poseen coberturas vegetales no transformadas (Tabla 3). Aunque estas áreas corresponden sólo a un 1.7% de la superficie ocupada por loros amenazados, su protección es obligatoria ya que sin ellas no sería posible alcanzar las metas de representación establecidas.

Las unidades irreemplazables se concentraron en dos áreas principalmente: 1) la Cordillera Central, desde la región suoriental del Parque Nacional Natural (PNN)

Nevado del Huila, hasta la reserva natural de Río Blanco (Figura 3b) y 2) las estribaciones noroccidentales de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 3a). En el primer caso, la irremplazabilidad está explicada por la presencia de cinco especies de loros amenazados, incluyendo dos endémicos, con un alto grado de simpatria a la escala de estudio (el Periquito Frentirrufo, la Cotorra Montañera, la Cotorra Coroniazul, el Perico Paramuno y el Loro Orejiamarillo). En el segundo caso, la irremplazabilidad está explicada por la presencia del Periquito de Santa Marta, una especie endémica de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Un segundo grupo de unidades con irremplazabilidades entre 0.8 y 1, correspondientes a un 40.4% de la superficie ocupada por loros amenazados, podrían convertirse en irremplazables en el futuro cercano de continuar las presiones sobre el hábitat de estas especies. Estas unidades se ubican en los tres ramales de los Andes, la región del Darién y la Serranía de San Lucas.

### 3.3. Vulnerabilidad y prioridades de conservación

Las áreas con mayor vulnerabilidad para Colombia según el mapa de la huella humana (Figura 4), corresponden a: 1) los valles altos del río Cauca y río Magdalena, 2) la región Caribe, comprendiendo la Costa Atlántica, el golfo de Urabá, el valle bajo del río Magdalena y 3) el Chocó Biogeográfico, en los departamentos de Nariño y Cauca.

**Tabla 3.** Valores de irremplazabilidad de unidades no protegidas (en km<sup>2</sup>). Se indica el área efectiva, que es el área con hábitat natural adecuado para la especie, y el área total de cada unidad según el valor de irremplazabilidad.

Irremplazabilidad	Área efectiva	Área unidad
0	587,244	783,392
0.0 – <0.2	44,864	128,546
0.2 – <0.4	21,144	44,123
0.4 – <0.6	15,341	29,162
0.6 – <0.8	15,636	28,264
0.8 – <1.0	44,185	64,568
1	2,383	3,934
<b>Total</b>	<b>730,797</b>	<b>1'081,990</b>

Las áreas andinas también mostraron valores altos de vulnerabilidad, principalmente en las cordilleras Central y Oriental en cercanías de carreteras y ciudades principales (e.g. Bogotá y Medellín). Notablemente,

las únicas áreas del país con vulnerabilidad igual a 0 corresponden a la región de la Orinoquia (Vichada y Guainía) y Amazonia (Caquetá, Vaupés y Amazonas).

Cerca de 30,000 km<sup>2</sup>, de los cuales un 54.7% corresponden a coberturas vegetales no transformadas, fueron identificados como áreas con prioridad alta de conservación (Figura 5). Estas áreas estuvieron concentradas principalmente en la Cordillera Central, entre los parques nacionales naturales Puracé, Huila, Las Hermosas y Los Nevados y extendiéndose al norte hasta la reserva forestal protectora río Blanco. En las cordilleras Oriental y Occidental estas áreas se presentaron como parches aislados, destacándose una pequeña concentración entre el Macizo de Tama y la Sierra Nevada del Cocuy. Otras áreas importantes incluyen una delgada franja en la vertiente occidental de la Serranía del Baudó y las estribaciones noroccidentales de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 5).

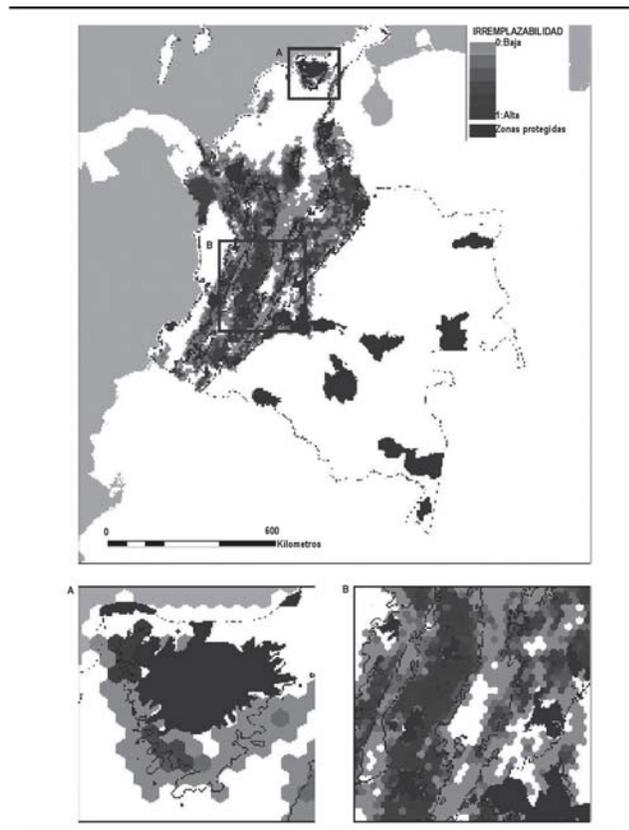
## 4. Discusión

### 4.1. Impacto de la conservación de áreas prioritarias

La conservación de las áreas identificadas como prioritarias en este estudio tendría un impacto positivo sobre la conservación de las especies amenazadas de loros de Colombia. Estas áreas aunque sólo representan el 1.4% de la superficie continental del país, asegurarían un incremento del  $145.1 \pm 27.4\%$  ( $n=11$ ) en la meta de representación alcanzada para las especies en consideración.

En un escenario donde todas las áreas prioritarias identificadas fueran protegidas, la especie que más se vería beneficiada sería, claramente, el Periquito Frentirrufo, cuya representación final en el sistema de áreas protegidas alcanzaría un 84.7% de la meta de representación propuesta (Figura 6). Todas las especies amenazadas de la Cordillera Central y la Sierra Nevada de Santa Marta lograrían niveles aceptables de protección: entre un 71 y un 84% de su meta de representación. Especies como la Guacamaya Verdelimón, la Guacamaya Verde y el Periquito Alipunteado alcanzarían entre un 39 y un 57% de su meta de representación, que a pesar de no ser óptimo, tienen a favor que su distribución se extiende por fuera del país. Razón por lo cual su representación en áreas protegidas a nivel global es más alta que la determinada en este estudio. Finalmente, una especie que necesitaría medidas adicionales de protección en este escenario sería el Pe-

riquito Aliamarillo, una especie endémica cuya representación final sería del 62.9%.



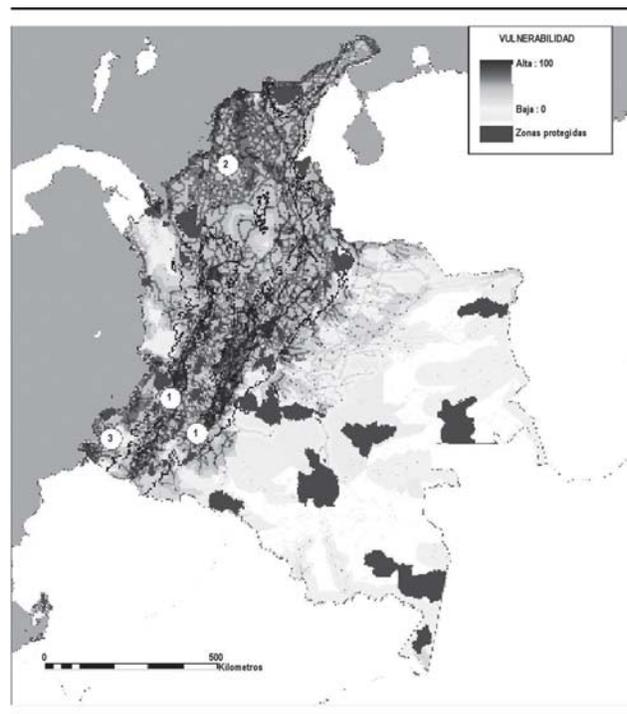
**Figura 3.** Distribución de la irremplazabilidad en unidades no protegidas.

#### 4.2. Coincidencia con otros enfoques de priorización

En el pasado, varios ejercicios han sido realizados para planificar la conservación en Colombia. Todos estos tienen en común la premisa de que los recursos para conservación son escasos y limitados, y por lo tanto deben invertirse estratégicamente. Sin embargo, difieren, tanto en sus objetivos de conservación como en los criterios usados para priorizar dichos objetivos, por lo cual existe cierto grado de divergencia en sus recomendaciones finales.

Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs), son una herramienta sugerida recientemente por BirdLife International (Fishpool *et al.* 1998) para la planeación de la conservación de aves a una escala de sitio. Hasta la fecha han sido identificadas y documentadas 106 AICAs en Colombia, de las cuales 72 tienen presencia de al menos una especie de loro amenazado (BirdLife International - Conservation International, 2005). Sin embargo, sólo 12 de las 52

AICAs parcialmente protegidas o sin proteger se sobrepone con las áreas prioritarias identificadas por este estudio. Aunque los límites y en consecuencia el área de la mayoría de dichas AICAs son aproximados, el incremento en la meta de representación alcanzada mediante la eventual protección de las AICAs sería sólo del  $50.3 \pm 12.1\%$ , frente a un  $145.1 \pm 27.4\%$  que resultaría con la protección de las áreas prioritarias identificadas por este estudio (Figura 6). La ampliación de las AICAs existentes y la identificación de nuevas AICAs son algunas de las opciones para incrementar la efectividad de esta herramienta para la conservación de loros amenazados.



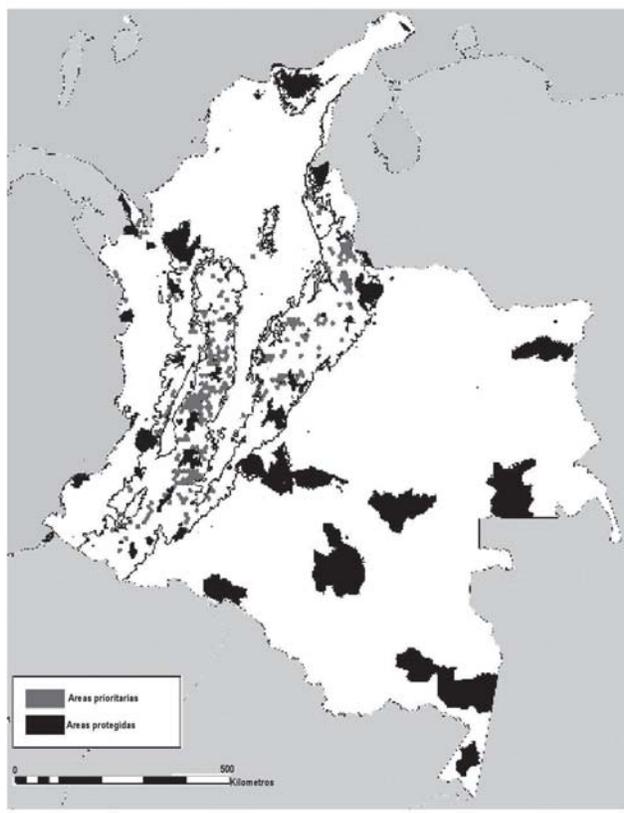
**Figura 4.** Mapa de áreas vulnerables de Colombia según el mapa de la huella humana (Sanderson *et al.* 2002). Los colores más oscuros señalan áreas de mayor vulnerabilidad.

#### 4.3 Limitaciones y recomendaciones

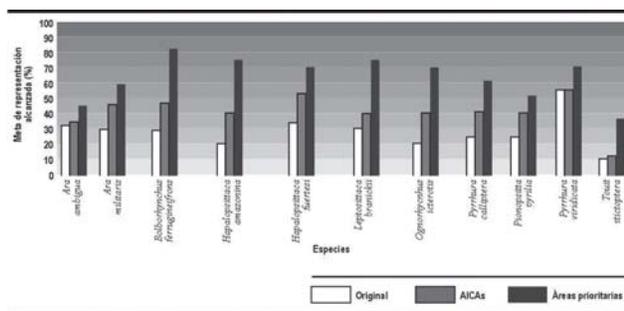
El procedimiento empleado en este trabajo buscó una aproximación lo menos subjetiva posible a la planificación de la conservación de los loros amenazados de Colombia. A pesar de estar restringido a un solo grupo taxonómico, se expuso un marco metodológico que tiene gran potencial para ser aplicado a categorías taxonómicas superiores que podrían servir como sustitutos o indicadores de la biodiversidad.

Las limitaciones principales de este enfoque, en este contexto particular, tienen que ver con la calidad de la

información base. Es necesaria más información sobre la distribución y ecología de las especies para mejorar la precisión de los modelos de distribución, así como para establecer metas de representación que estén basadas en los requerimientos mínimos de hábitat para sostener poblaciones viables a largo plazo. Igualmente, deben ser utilizadas mejores medidas de la vulnerabilidad de sitios pues afectan la determinación de las prioridades de conservación.



**Figura 5.** Prioridades de conservación para los loros amenazados en unidades no protegidas.



**Figura 6.** Meta de representación por especie, alcanzada bajo el sistema de áreas protegidas existente y bajo dos escenarios hipotéticos de conservación (AICAs y Áreas Prioritarias).

Es de suma importancia apoyar las iniciativas encaminadas a compilar registros de distribución de especies por bases de datos de libre acceso como DataAves y BioMap y los inventarios a lo largo y ancho del país, así como estudios ecológicos de largo plazo. En la medida en que la calidad de esta información mejore será posible utilizar toda su potencialidad en maximizar los recursos disponibles para la conservación de la biodiversidad en Colombia.

## Agradecimientos

Thomas M. Donegan, Paul Salaman, Sergio Ocampo, Elkin Briceño, Jorge Avendaño, Walberto Naranjo, Jose M. Ochoa, Ana María Castaño, Pablo Florez, Diego Calderón, Jose Vicente Rodríguez, José Vicente Rueda y el equipo del Programa de Loros Amenazados–Fundación ProAves de Colombia proporcionaron registros puntuales de distribución así como coordenadas y/o descripciones de las ubicaciones de los mismos. Conservación Internacional Colombia permitió el uso de datos de la unidad de SIG y facilitó un equipo de cómputo para desarrollar muchos de los análisis realizados en este trabajo. Por la asesoría relacionada con el uso de SIG agradecemos a Roberto Jaramillo, María Isabel Moreno, Juan Carlos Rodríguez y Yamile Talero. El personal del Proyecto BioMap permitió gentilmente el acceso a su base de datos. El uso de la información de DataAves no hubiera sido posible sin el permiso de la Sociedad Antioqueña de Ornitología y los observadores que han contribuido con sus registros a alimentar la base de datos. Juan Parra y el personal de soporte técnico del USGS facilitaron información adicional sobre el manejo de las capas ambientales disponibles en línea. Agradecemos especiales a Townsend Peterson, Robert Anderson, Ricardo Pereira, Juan Parra y Marcela Gómez–Laverde, por asesorar el desarrollo de los modelos de distribución usando GARP.

Agradecemos muy especiales a Thomas M. Brooks por asesorar los aspectos relacionados con los análisis de irremplazabilidad y urgencia de conservación. Matt E. J. Watts envió oportunamente un parche para ejecutar C–Plan en uno de nuestros mi PCs y asesoró varios aspectos del uso del programa y manejo de los datos. F. Gary Stiles, Catherine Graham, Townsend Peterson, Paul Salaman y Natalia Silva hicieron valiosos aportes a los manuscritos en varias etapas. Los equipos para el análisis y la financiación para la realización de este estudio fueron provistos en su totalidad por el Programa de Loros Amenazados de ProAves.

Finalmente, deseamos agradecer al comité editorial de la revista Conservación Colombiana por sus aportes a las versiones finales de este manuscrito.

## Reseñas bibliográficas

BirdLife International (2000) Threatened birds of the world. Lynx Editions & BirdLife International. Cambridge.

BirdLife International (2005) Threatened birds of the world. Disponible en: [www.birdlife.org](http://www.birdlife.org) [revisado en junio 2005].

BirdLife International–Conservation International (2005) Áreas importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife Internacional (Serie de Conservación de BirdLife No. 14). Quito.

Brooks, T., Melman, D., Roca, R., Jahn, A., Limp, W. & Smith, K. (1999). Conservation priority setting for birds in Latin America. The Nature Conservancy (disponible en CD – ROM). Washington D.C.

Cabeza, M. (2003) Spatial population dynamics in reserve-network design. PhD dissertation, University of Helsinki. Disponible en: <http://ethesis.helsinki.fi> [revisado en junio 2004].

Costa, J., Peterson, A.T., Bard, C.B. (2002) Ecologic niche modeling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911, the most important chagas' disease vector in Northeastern Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 67 (5): 516-520.

Darwin Database (2002) Project BioMap: distribution database of Colombian avifauna. The Natural History Museum, Conservation International, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, y BioMap Alliance Partners. Disponible en: <http://www.biomap.net/> [revisado en noviembre 2003].

Fishpool L.D.C., Heath, M.F., Waliczky, Z., Wege, D.C., Crosby, M.J. (1998) Important Bird Areas—Criteria for selecting sites of global conservation significance. En: Adams, N.J. & Slotow, R.H. (eds), *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Ornithological Congress, Durban*. BirdLife South Africa. Johannesburg.

Hernández Camacho, J., Hurtado Guerra, A., Ortiz Quijano, R. & Walschburger, T. (1992) Unidades biogeográficas de Colombia. Páginas: 105–151, en: Halffter, G. (ed.), *La diversidad biológica de Iberoamérica*. Acta Zoológica Mexicana, volumen especial. Instituto de Ecología de Xalapa. México D.F.

IUCN (1994) Guidelines for Protected Area Management Categories. CNPPA with the assistance of WCMC, IUCN. Cambridge.

Kattan, G.H., Alvarez-Lopez, H. & Giraldo, M. (1994) Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology* 8: 138–146.

Kattan, G.H., Franco, P., Rojas, V. & Morales, G. (2004) Biological diversification in a complex region: a spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography* 31: 1829–1839.

Loiselle, B.A., Howell, C.A., Graham, C.H., Goerck, J.M., Brooks, T., Smith, K.G., Williams, P.H. (2003) Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology* 17 (6): 1591–1600.

Margules, C.R & Pressey, R.L. (2000) Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243–253.

Meffe, G.K. & Carroll C.R. (1997) Conservation reserves in heterogeneous landscapes. En: Meffe, G.K. & Carroll, C.R. (eds), *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates. Sunderland.

Myers N., Mittermeier, R.A, Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.

NSW–NPWS (2001) C–Plan: Conservation Planning Software. User Manual for C–Plan Version 3.06. New South Wales National Parks and Wildlife Service, Armidale.

Ortega–Huerta, M.A. & Peterson, A.T. (2004) Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North–eastern Mexico. *Diversity & Distributions* 10: 39–54.

Parra, J.L, Graham, C.H. & Freile, J.F. (2004) Evaluating alternative data sets for environmental niche models of birds in the Andes. *Ecography* 27: 350–360.

Pressey, R.L. (1999) Systematic conservation planning for the real world. *Parks*: 1–6.

Rodrigues, A.S.L., Andelman, S.J., Bakarr, M.I., Boitani, L., Brooks, T., Cowling, R.M., Fishpool, L.D.C., Da Fonseca, G.A.B., Gaston, K.J., Hoffman M., Long, J., Marquet, P.A., Pilgrim, J.D., Pressey, R.L, Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S.N., Underhill, L.G., Waller, R.W., Watts, M.E.J. & Yan, X. (2003) Global Gap Analysis: towards a representative network of protected areas. *Advances in Applied Biodiversity Science No. 5*. Conservation International. Washington D.C.

Rodrigues, A.S.L., Akçakaya, H.R., Andelman, S.J., Bakarr, M.I., Boitani, L., Brooks, T.M., Chanson, J.S., Fishpool, L.D.C., Da Fonseca, G.A.B, Gaston, K.J., Hoffmann, M., Marquet, P.A., Pilgrim, J.D., Pressey, R.L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S.N., Underhill, L.G., Waller, R.W., Watts, M.E.J. & Yan, X. (2004) Global Gap Analysis: Priority Regions for Expanding the Global Protected Area Network. *Bioscience* 54:1092–1100.

Sanderson, E.W, Jaiteh, M., Levy, M.A., Redford, K.H., Wannebo, A.V., Woolmer, G. (2002) The human footprint and the last of the wild. *Bioscience* 52: 891–904.

WDPA Consortium (2004) World Database on Protected Areas. World Conservation Union (IUCN) and UNEP–World Conservation Monitoring Centre (UNEP–WCMC). Disponible en: <http://glcf.umiacs.umd.edu> [revisado en junio 2004].

Williams, P. (1999) WorldMap version 4.19.25. The Natural History Museum. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/science/projects/worldmap> [revisado en junio 2004].