

# APLICACIÓN DE LOS SIG PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL HÁBITAT DEL PAUJIL DE PICO AZUL *CRAX ALBERTI* (AVES: CRACIDAE) EN EL NORORIENTE DE ANTIOQUIA, COLOMBIA

ADRIANA MARÍA MOLINA\*  
JUAN FERNANDO BARROS\*\*

## Resumen

El paujil de pico azul, *Crax alberti*, es un ave endémica del norte de Colombia en peligro crítico de extinción, sometida a la pérdida del hábitat y a la cacería de subsistencia como principales amenazas. Se desarrolló una aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para comparar el estado de conservación de las áreas de bosque, hábitat del paujil de pico azul, en 15 municipios de la región del nororiente de Antioquia en dos períodos de tiempo diferentes (1986 y 2002). La aplicación desarrollada que incorpora información cartográfica digital permitió clasificar ocho zonas definidas en el área de estudio para realizar un análisis de las prioridades de conservación. Se formularon, además, algunas recomendaciones para futuras aplicaciones de SIG como herramienta para la gestión de la conservación de especies amenazadas en Colombia.

PALABRAS CLAVE: SIG; paujil de pico azul; *Crax alberti*; especies amenazadas; estado de conservación.

## Abstract

The blue-billed curassow, *Crax alberti*, is a critically endangered endemic bird from the northern part of Colombia, mainly subjected to habitat loss and subsistence hunting. Geographic Information Systems (GIS) were used to compare the conservation status of forested areas, habitat of the blue-billed curassow, in 15 municipalities of the northeastern region of Antioquia for two different time periods (1986 and 2002). The developed application using digital cartography, allowed the classification of eight zones defined for the study area in order to analyze conservation priorities. Recommendations are made as well for future applications of GIS as a management tool for threatened species in Colombia.

KEY WORDS: GIS; blue-billed curassow; *Crax alberti*; threatened species; conservation status.

\* Ingeniera Ambiental, EIA. Investigadora. Grupo de Investigación Gabis –Gestión del Ambiente para el Bienestar Social–, EIA. sig@eia.edu.co

\*\* Ingeniero Civil, EIA. Magíster en Aprovechamiento en Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Investigación Gabis –Gestión del Ambiente para el Bienestar Social–, EIA. pfjubar@eia.edu.co

## INTRODUCCIÓN

La idea de utilizar la geografía como la columna vertebral a la cual adosar todo tipo de información ambiental (por su ubicación) fue el origen del desarrollo de los SIG (ESRI, 2004). Sobre una base geográfica, los SIG permiten realizar de manera ágil comparaciones en el tiempo como la que se propone en este trabajo. Según lo expone Johnston (1998): "La detección de cambios (con SIG) es un proceso de comparar bases de datos espacialmente explícitas de dos períodos diferentes de tiempo para determinar la localización y naturaleza de los cambios en el tiempo. Los datos numéricos, (como por ejemplo) los resúmenes estadísticos de los productos maderables extraídos de un área de manejo dada, pueden revelar que ha ocurrido efectivamente un cambio, pero la detección del cambio con un SIG revela además la localización y la extensión espacial de dicho cambio". Por otra parte, las bases de datos de un SIG pueden con mucha facilidad representar la población entera y no limitarse a una muestra de ella como es el caso del análisis estadístico.

En la medida en que se disponga de cartografía digital actualizada periódicamente, se podría alimentar la aplicación aquí desarrollada para la conformación de una plataforma de datos históricos que permitan realizar comparaciones posteriores y establecer tendencias y patrones que faciliten la gestión para la conservación de ésta y otras especies dependientes del bosque en esta parte del departamento de Antioquia.

### La especie *Crax alberti* (Aves: Cracidae)

La familia Cracidae está formada por 50 especies de aves distribuidas exclusivamente en el Neotrópico (Brooks y Strahl, 2000). Son aves de gran tamaño (750 a 3.500 gramos), similares a las gallinas, con patas y picos fuertes (Hilty y Brown, 1986). Esta familia tiene un gran número de especies en las diferentes categorías de amenaza, debido a que la gran

mayoría son dependientes de bosques continuos y en buen estado de conservación y se ven sometidas a la cacería de subsistencia (Silva y Strahl, 1997).

De esta familia, el paujil de pico azul, *Crax alberti*, es una especie endémica del norte de Colombia que habitaba originalmente los bosques húmedos de tierras bajas y de piedemonte de 0 hasta 1.200 metros de altura (Hilty y Brown, 1986; Cuervo, 2002). Fue reportada como amenazada hace aproximadamente 30 años por Carlos F. Lehmann en el simposio convocado por el Instituto Smithsonian. Más recientemente, fue catalogada como una de las 19 especies en peligro crítico de extinción en el Libro Rojo de las Aves de Colombia (Renjifo *et al.*, 2002), e incluida en la lista del acuerdo internacional CITES (*Convention on International Trade on Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), en el apéndice III.

La intensa deforestación en el área de distribución de la especie representa la mayor amenaza para su supervivencia. El 88% de su hábitat potencial ha desaparecido, afectando notablemente sus poblaciones naturales. Se estima que en 30 años puede llegar a perder el 80% de su hábitat y población actuales (Renjifo *et al.*, 2002).

La cacería practicada tradicionalmente por los campesinos que aprecian su carne de excelente calidad representa una segunda amenaza para la especie. Esta actividad no sólo se limita a la caza de individuos adultos, que son localizados con mayor facilidad por las vocalizaciones de los machos, sino que los polluelos son capturados durante la época lluviosa y los huevos extraídos de sus nidos y puestos a las aves domésticas para su incubación; los individuos así obtenidos se usan para consumo o como mascotas, con pocas posibilidades de reproducción por las características particulares de la especie y porque casi nunca se tiene la pareja (Grupo de Estudio de Aves de la Universidad de Antioquia, 2000; Cuervo, 2002). Por otra parte, la mayoría de las especies de crácidos tienen una nidada baja (2 huevos) y alcanzan la edad reproductiva en promedio a los 3 años (Cracid Specialist Group, 2004).





Se han llevado a cabo algunas investigaciones para conocer aspectos sobre la distribución, uso de hábitat y la biología básica de *C. alberti* en el departamento de Antioquia (Grupo de Estudio de Aves de la Universidad de Antioquia, 2000; Ochoa *et al.*, 2002). Sin embargo, el conocimiento que se tiene de esta especie es aún muy limitado en aspectos tan importantes para su conservación como el uso del hábitat, los requerimientos ecológicos, la demografía, la variabilidad genética, la dieta y la movilidad (Cuervo, 2002; Ochoa *et al.*, 2002). Es urgente profundizar en estos aspectos para facilitar la definición de estrategias de conservación.

Las medidas de conservación también han sido limitadas, a pesar de tener registros recientes en áreas protegidas como en el Parque Natural Nacional Paramillo (Córdoba y Antioquia), en el Santuario Los Colorados (Bolívar), en la reserva regional Bajo Cauca-Nechí (Antioquia), en la reserva Cañón del Río Alicante (Antioquia), en la reserva privada Fundación pro Sierra Nevada (Magdalena) y en la reserva Los Besotes (Cesar) (Cuervo, 2002). Cuervo propone como principal medida de conservación la protección de los remanentes de bosque maduro ubicados en el nororiente de Antioquia, sur de Bolívar, sur de Córdoba, el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta y el Magdalena Medio.

El presente trabajo constituye un ejercicio de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la conservación de especies amenazadas. Se busca determinar la pérdida y deterioro del hábitat del paujil de pico azul entre 1986 y 2002 en el nororiente de Antioquia, Colombia. El empleo de la tecnología SIG aporta información valiosa para definir las posibles acciones para la protección de la especie, ya que el trabajo de campo se dificulta por los problemas actuales de orden público, los costos de desplazamiento de los investigadores y las características de la especie que hacen difícil su detección (baja densidad poblacional y hábitos).

## MÉTODOS

### Área de estudio

Aunque *C. alberti* está presente en varios departamentos de Colombia, el análisis en este trabajo se limita a la región nororiental del departamento cubierta por imágenes SPOT, en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia), en los municipios de Anorí, Amalfi, El Bagre, Cáceres, Campamento, Caucasia, Maceo, Nechí, Puerto Berrío, Remedios, Segovia, Valdivia, Vegachí, Yondó y Zaragoza. Se cubre un área de 15.756 km<sup>2</sup> de las subregiones Magdalena Medio, Nordeste y Bajo Cauca.

### Fuentes de información geográfica

La información digital está disponible en formato *shape* de ArcView y *dxf* (Drawing Exchange Files) y clasificada de la siguiente manera:

1. Cartografía digital de usos del suelo 1986: digitalizada por Corantioquia a partir de cartografía realizada sobre las planchas IGAC por la Secretaría de Agricultura de Antioquia, entre 1983 y 1986.
2. Cartografía digital de usos del suelo 2002: obtenida por Corantioquia a partir de la interpretación de imágenes SPOT de 2000 a 2002.
3. Cartografía base digital del departamento de Antioquia (IGAC, 2001).

### Análisis de la información con SIG

Debido a la escasez de información para la especie en particular, se trabajó con información general de la familia Cracidae, usando una combinación entre los enfoques inductivo y deductivo propuestos por Stoms *et al.* (1992), citado en Habitat Models (2002). Según el autor, se utiliza como criterio para la selección de zonas aptas para su presencia en la totalidad del área de estudio un enfoque inductivo en la

modelación con SIG cuando se usan una o varias características del hábitat donde se tiene registro de la especie.

El enfoque deductivo, en cambio, parte de criterios de hábitat observables directamente de la cartografía que se consideren relevantes para elegir las áreas de hábitat potencial. Para el paujil de pico azul, se utilizaron como criterios la altura sobre el nivel del mar (se conoce que habita por debajo de los 1.200 msnm), la cobertura vegetal (bosque, sin utilizar un mayor nivel de clasificación) y las barreras físicas que constituyen los ríos.

La comparación del estado de los bosques en el área de estudio para los dos períodos se llevó a cabo en los siguientes pasos:

**Paso 1.** Recopilación de los registros georreferenciados disponibles de la especie a partir de reportes de investigación (37 registros). Se asocia cada uno de ellos, según la fecha, al fragmento de bosque donde se encuentra el período más cercano (los registros cercanos a 1986 se asocian a los fragmentos de bosque en la cartografía de usos del suelo de 1986, procediendo de manera similar para los registros cercanos a 2002). El área del fragmento de bosque más pequeño donde se tiene registro de la especie, de cualquiera de los dos períodos, se define para este estudio como área mínima ( $A_{min}$ ).

**Paso 2.** Se divide el área de estudio con los ríos principales, considerando que actúan como barreras para el desplazamiento del paujil, con lo cual se definen ocho zonas independientes que fueron utilizadas como ventanas de observación para cada período de tiempo: El Bagre/Nechí (1), Cáceres/Zaragoza (2), Anorí (3), Amalfi/Segovia/Zaragoza (4), Remedios/Segovia (5), Remedios (6), Yondó (7) y Puerto Berrío (8) (Figura 1).

**Paso 3.** Se delimita la cobertura vegetal en un radio de 3 km a partir de las cabeceras municipales, distancia a partir de la cual la presencia humana parece no tener incidencia en la densidad poblacional según lo encontrado para *Crax rubra griseomi*, una especie de crácido de la isla de Cozumel (Martínez-Morales, 1998).

**Paso 4.** Se comparan los datos para cada zona y se obtienen para cada período de tiempo la suma de áreas y el número de fragmentos de bosque. La diferencia entre los valores de áreas de bosque entre 1986 y 2002 con respecto al dato respectivo para 1986 es el porcentaje de pérdida de área de bosques, dato que al dividirse por 16 (número de años del período de estudio) da como resultado la pérdida promedio anual. Las diferencias en la fragmentación del bosque se expresan como el número de veces el valor de 2002 con respecto a los datos de 1986.

**Paso 5.** Se determina el Estado de Conservación ( $E_c$ ) de cada zona ponderando cinco parámetros:

- $p_1$ : tasa de pérdida de área anual (%/año)
- $p_2$ : cambio en la fragmentación (No. de veces dato<sub>1986</sub>)
- $p_3$ : relación entre el tamaño del bloque principal de bosque y  $A_{min}$  (No. de veces  $A_{min}$ )
- $p_4$ : presencia de áreas protegidas (%)
- $p_5$ : densidad vial (km/km<sup>2</sup>)

La ponderación se hace con base en la importancia relativa ( $IR$ ) asignada a cada parámetro y la calificación obtenida para cada uno de ellos en cada zona, usando la siguiente ecuación para definir un valor para  $E_c$ :

$$E_c = (\text{Calif } p_1) \cdot IR p_1 + (\text{Calif } p_2) \cdot IR p_2 + (\text{Calif } p_3) \cdot IR p_3 + (\text{Calif } p_4) \cdot IR p_4 + (\text{Calif } p_5) \cdot IR p_5 \quad (1)$$





Un valor alto de  $E_c$  indica un mejor estado de conservación.

- $IR$  se asigna en concordancia con el criterio de Dinerstein *et al.* (1995) en el modelo de evaluación para las ecorregiones tropicales.

**Tabla 1.** Importancia relativa de cada parámetro ( $IR$ )

Parámetro	$IR$
$p_1$ : tasa de pérdida de área anual	0,4
$p_2$ : aumento de fragmentación	0,2
$p_3$ : relación entre el tamaño del bloque principal de bosque y $A_{min}$	0,2
$p_4$ : presencia de áreas protegidas	0,1
$p_5$ : densidad vial	0,1

A los parámetros  $p_1, p_2, p_3$  se les asigna una  $IR$  mayor, considerando el criterio de Simberloff y Terborgh (1992), citados por Dinerstein *et al.*, (1995): «Tanto la evidencia empírica como la teórica, sugieren que la pérdida de especies y las extinciones secundarias se incrementan dramáticamente por causa de la pérdida y fragmentación intensiva del hábitat». Los otros dos parámetros ( $p_4, p_5$ ) constituyen condiciones, la primera positiva y la segunda negativa, que pueden modificar a largo plazo el estado actual de conservación. Los valores asignados pueden cambiar, según el criterio del investigador.

- La calificación (Calif) de cada parámetro corresponde a los datos obtenidos de la cartografía en cada zona. Se asigna un valor de 1 a 3 (3 más favorable, 1 más desfavorable) (Tabla 2). La definición de estos rangos se hizo con base en los valores extremos obtenidos para cada parámetro (Tabla 2).

**Tabla 2.** Calificación de los parámetros

Calif	Rango de valor del parámetro				
	$p_1$ (%/año)	$p_2$ (No. de veces dato <sub>1986</sub> )	$p_3$ (No. de veces $A_{min}$ )	$p_4$ (%)	$p_5$ (km/km <sup>2</sup> )
1	más de 3,13	más de 60	0-19	0	más de 500
2	1,70-3,13	entre 30 y 59	20-99	hasta 10	entre 100 y 499
3	menos de 1,69	0-29	más de 100	más de 10	0-99

## RESULTADOS

Asignada la  $IR$  a cada parámetro, la ecuación para el Estado de Conservación  $E_c(1)$  queda de la forma:

$$E_c = (\text{Calif } p_1) \cdot 0,4 + (\text{Calif } p_2) \cdot 0,2 + (\text{Calif } p_3) \cdot 0,2 + (\text{Calif } p_4) \cdot 0,1 + (\text{Calif } p_5) \cdot 0,1 \quad (2)$$

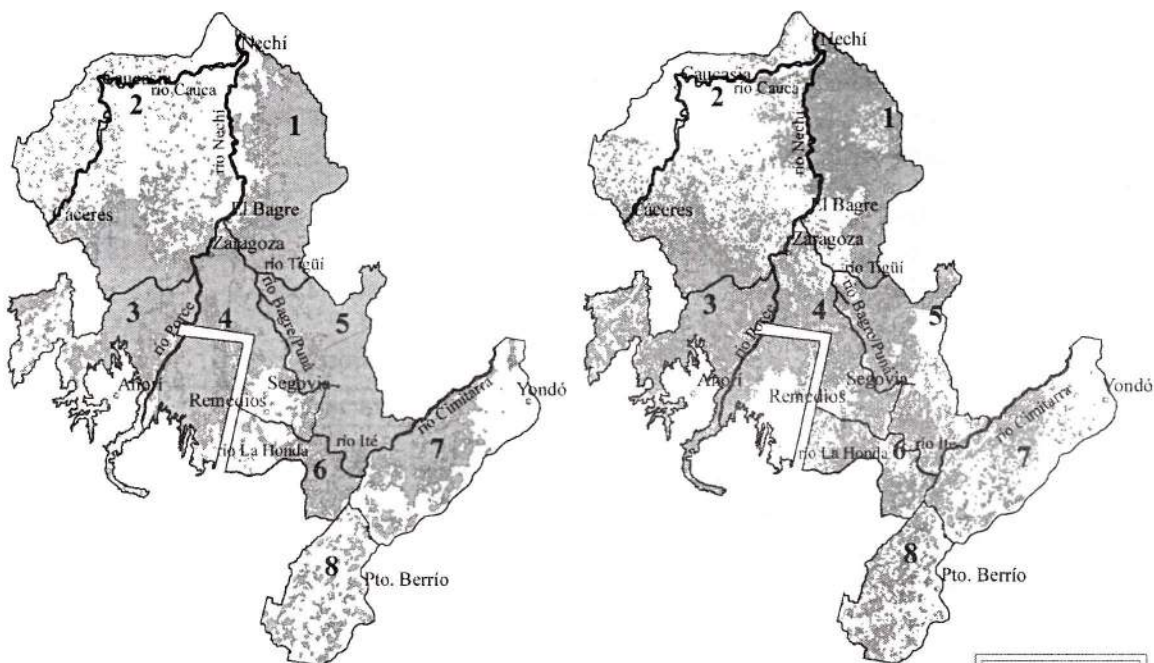
En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos para cada uno de los cinco parámetros en las ocho zonas y la calificación asignada según los rangos definidos en la Tabla 2.

**Tabla 3.** Valores obtenidos de la cartografía y calificación de cada parámetro por zonas.

Zona	p <sub>1</sub> (%/año)	Calif p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub> (No. de veces dato 1986)	Calif p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub> (No. de veces A <sub>min</sub> )	Calif p <sub>3</sub>	p <sub>4</sub> (%)	Calif p <sub>4</sub>	p <sub>5</sub> (km/km <sup>2</sup> )	Calif p <sub>5</sub>
1	0,3	3	41	2	389	3	0	1	469	2
2	2,2	2	52	2	114	3	8,5	2	189	2
3	-0,7	3	36	2	227	3	26,2	3	474	2
4	2,0	2	139	1	105	3	0	1	1.546	1
5	2,9	2	305	1	197	3	0	1	40	3
6	1,8	2	31	2	21	2	0	1	506	1
7	4,4	1	138	1	5	1	0	1	6.533	1
8	3,6	1	93	1	5	1	0,3	2	2.143	1

bosques 1986

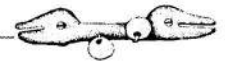
bosques 2002



ID zona	1986		2002		pérdida		tasa de pérdida anual para el periodo de estudio		aumento del número de fragmentos con respecto a 1986
	No. de fragmentos	área (ha)	No. de fragmentos	área (ha)	(ha)	(%)	(ha/año)	(%/año)	
1 El Bagre/Nechi	6	133282	251	125844	7438	5,6	465	0,3	41
2 Cáceres/Zaragoza	4	66418	210	43364	23054	34,7	1441	2,2	52
3 Anorí	2	62742	74	69757	-7015	-11,2	-438	-0,7	36
4 Amalfí/Segovia/Zaragoz	2	117885	279	79929	37956	32,2	2372	2,0	139
5 Remedios/Segovia	1	145880	306	78859	67021	45,9	4189	2,9	305
6 Remedios	4	26341	127	18549	7792	29,6	487	1,8	31
7 Yondó	2	55271	277	16721	38550	69,7	2409	4,4	138
8 Puerto Berrio	7	47828	657	20096	27732	58,0	1733	3,6	93
<b>total zonas</b>	<b>N.A.</b>	<b>655647</b>	<b>N.A.</b>	<b>453119</b>	<b>202528</b>	<b>N.A.</b>	<b>12658</b>	<b>N.A.</b>	<b>N.A.</b>
<b>promedio</b>	<b>N.A.</b>	<b>81956</b>	<b>N.A.</b>	<b>56640</b>	<b>25316</b>	<b>33,1</b>	<b>1582</b>	<b>2,1</b>	<b>104</b>

**Figura 1.** Área en bosques 1986-200-, por zonas.





### *Pérdida del hábitat entre 1986 y 2002 ( $p_1$ y $p_2$ )*

De los valores para  $p_1$  y  $p_2$ , obtenidos por comparación entre los dos períodos de tiempo (Figura 1), resalta el valor negativo de  $p_1$  para la zona 3 Anorí, indicando un aumento en el área en bosque. Sin embargo, la fragmentación ( $p_2$ ) aumentó allí en 36 veces en esos 16 años; aunque es uno de los valores más bajos dentro del área de estudio, llama la atención el proceso de deterioro del hábitat que está comenzando.

En la parte restante del área de estudio se observa una disminución de las áreas de bosque. La mayor pérdida se presenta en las zonas 7 y 8, correspondientes a los municipios de Yondó (margen derecha del río Cimitarra) y Puerto Berrío (parte occidental del municipio en los límites con el municipio de Maceo), zonas dedicadas en su mayor parte a la ganadería extensiva. Aunque en esta última zona se ubica la reserva natural Cañón del Río Alicante, declarada como tal desde 1997 por Corantioquia, lo poco que se conserva de bosques se encuentra además distribuido en un alto número de fragmentos de área reducida (29 ha en promedio). Una situación menos dramática, pero de todas formas preocupante, se presenta en la zona 6, al sur de la cabecera municipal de Remedios, entre los ríos La Honda e Ité. Si bien se conservan fragmentos con un área mayor que en las zonas anteriores (en promedio 140 ha), la disminución de área de bosques es considerable.

En la zona 2, donde se halla la parte restante de la reserva Bajo Cauca-Nechí, debido al avance de la deforestación en la frontera septentrional, sólo permanecen algunos fragmentos de tamaño reducido. Una causa probable de esto es la ganadería extensiva, actividad económica predominante en los municipios de Caucasia y Cáceres, que ha dejado prácticamente convertida en pastizales la mayor parte de la planicie aluvial del río Cauca.

Aunque es una característica de todas las cabeceras municipales del área de estudio, la deforestación ha avanzado de manera más evidente a partir

de las cabeceras de El Bagre y Zaragoza (norte de la zona 4 y suroeste de la zona 1).

### **Dificultades técnicas para la comparación**

Se encontraron dos zonas en las cuales se presentan problemas de interpretación de las imágenes disponibles para 2002. En la parte norte de la zona 5, al oriente de los municipios de Segovia y Remedios, se observa un corte abrupto en el área de bosques, por lo cual se pueden ver distorsionados los resultados de la comparación entre los dos períodos de estudio. Lo que sí es evidente es el alarmante aumento de la fragmentación en esta zona, situación que debe atenderse con especial cuidado.

Por otra parte, en la zona 1 correspondiente a la margen derecha del río Nechí, aparece en 2002 un gran fragmento de bosque contiguo a la margen del río, que no se encontraba en 1986. Neotrópicos (2001) reporta la existencia de una zona casi continua de bajos inundables y ciénagas, que va desde la ribera hasta las estribaciones de la serranía de San Lucas al oriente, con una vegetación de bosques inundables y humedales de considerable altura que podrían confundirse fácilmente en la imagen SPOT con bosques no inundables. No existen evidencias concretas para afirmar que *C. alberti* utiliza el bosque inundable como hábitat. En la parte oriental, sin embargo, la cartografía de 2002 parece ser acertada, indicando en límites con la serranía de San Lucas el establecimiento de cultivos y minería que se ha presentado en los últimos años allí, que se ve reflejado en un gran número de fragmentos de tamaño reducido (46 ha en promedio).

### *Área de las manchas de bosque en relación con el $A_{min}$ ( $p_3$ )*

El área de la mancha de bosque más pequeña donde se tiene registro de la especie ( $A_{min}$ ) es de 290,9 ha. La relación entre el área de bosque en 2002 y el  $A_{min}$  es el parámetro ( $p_3$ ) que da una idea de qué tan

adecuada es en cada zona la extensión de bosque en relación con las necesidades del paujil. Es importante mencionar el concepto de Tamaño Mínimo Viable (TMV), definido por Shaffer (1991) como «el número de individuos necesarios para asegurar la supervivencia de una especie en el largo plazo (en términos de viabilidad genética). Se refiere a la población aislada más pequeña que tiene un 99% de probabilidades de permanecer viva durante 1.000 años, a pesar de los previsible efectos estocásticos ambientales,

genéticos y demográficos». Como para *C. alberti* no se tienen datos de este aspecto, se trabaja con una definición de  $A_{min}$ , dato que únicamente confirma la presencia de por lo menos un individuo en la mancha de bosque del registro; la viabilidad genética de la población no queda garantizada, pues puede tratarse de individuos solitarios que, en caso de que la matriz circundante de la mancha de bosque no propicie su movilización, no logran encontrar una pareja para su reproducción.

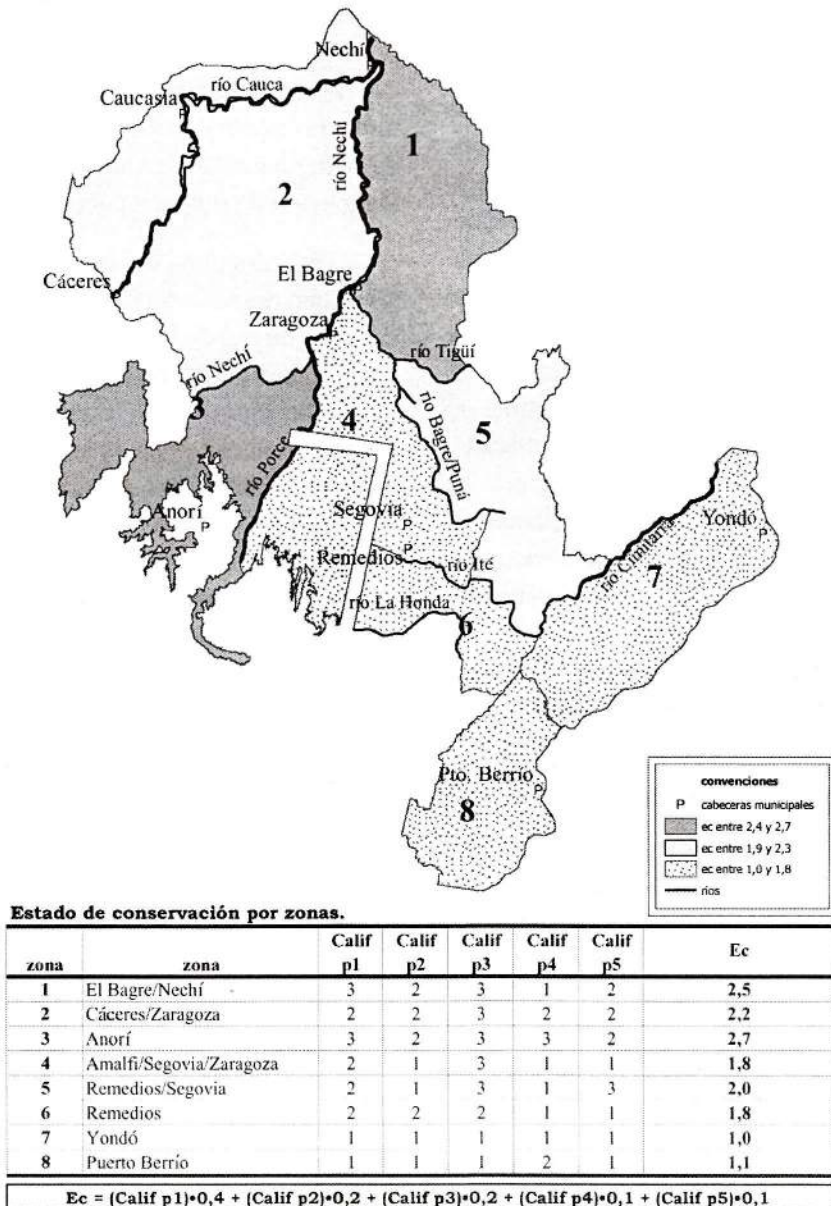
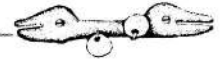


Figura 2. Estado de conservación (Ec), por zonas.





En los valores encontrados para este parámetro existe una diferencia considerable entre zonas, llegando a ser en los casos más graves (zonas 7 y 8), únicamente de 5, y en los más favorables (zonas 1 y 3) de 389 y 227, respectivamente.

### Existencia de áreas protegidas ( $p_4$ )

Independientemente de la efectividad de la medida de conservación que puedan representar las áreas de reserva, superponiendo éstas a las ocho zonas definidas para el estudio se encuentra que el 8,2% del área de la zona 2 y el 26,2% del área de la zona 3 se encuentran protegidas por la reserva Bajo Cauca-Nechí, lo cual permite que  $p_4$  para estas dos zonas mejore el valor final para  $E_c$ . La reserva del cañón del río Alicante, en cambio, sólo protege el 0,3% de la zona 8, en el municipio de Puerto Berrío. La zona 2 se ve muy beneficiada por este parámetro. Las grandes extensiones de bosques presentes en la zona 3, por su parte, quedan protegidas en la frontera septentrional por la declaración de la reserva.

### Densidad vial ( $p_5$ )

Los valores obtenidos para este parámetro son más graves en las zonas 4, 6, 7 y 8, las más deforestadas. Según los datos, la zona con menor densidad vial es la 5, donde los fragmentos que se conservan son de buen tamaño ( $p_3$ ).

En la Figura 2 se observa el resultado final de aplicar en la ecuación (2) los valores encontrados para cada parámetro en cada zona.

Utilizando la ecuación (2) para  $E_c$  con la importancia relativa ( $IR$ ) asignada a cada parámetro, se obtuvieron resultados consecuentes con lo observado del estado de las áreas en bosque en el período de tiempo más actual (2002), excepto para la zona 2, que refleja un  $E_c$  medio. Podría esperarse que una región con predominancia de ganadería extensiva como ésta tendría que quedar en la clasificación más baja como hábitat para el paujil, pero esto es debido a que parte de esta zona queda protegida por la reserva Bajo

Cauca-Nechí. Con la información digital utilizada en el presente estudio (cartografía básica y usos del suelo para dos períodos distintos) es posible realizar análisis similares, utilizando incluso modificaciones a la importancia relativa ( $IR$ ) de cada parámetro, según el criterio del investigador o la disponibilidad de información.

## CONCLUSIONES

### Comentarios metodológicos

Utilizando la tecnología SIG para evaluar la pérdida del hábitat del paujil de pico azul entre 1986 y 2002, no sólo se pudo observar el comportamiento de las manchas de bosque que existían en el primer período, sino que se logró incluir fácilmente en el análisis otras variables espaciales relevantes para la especie, tales como la altura sobre el nivel del mar, las limitaciones para su desplazamiento que representan las corrientes de agua y los aspectos de áreas protegidas y densidad vial, que condicionan favorable y desfavorablemente la conservación de las manchas de bosque, respectivamente.

La calidad del análisis depende de la calidad de la información cartográfica que alimenta el sistema. Como ya se mencionó, en algunas de las zonas los resultados pueden haberse visto distorsionados, por lo cual es importante hacer un comentario respecto a la importancia de estandarizar una metodología para la obtención de cartografía digital. Para este trabajo, el origen de la información digital de usos del suelo disponible para 1986 proviene de fotografías aéreas con una escala promedio 1:10.000, complementadas con una verificación exhaustiva en campo por parte de la Secretaría de Agricultura Departamental, mientras que la cartografía disponible para 2002 proviene de la interpretación de imágenes satelitales SPOT con una escala 1:25.000 y sin un trabajo tan minucioso de verificación en campo. Con el avance de apropiación de las tecnologías satelitales, el proceso de obtención e interpretación de imágenes satelitales seguramente arrojará datos cada vez



más confiables, actualizados y con unos costos que permitan compartir de manera oportuna la información entre las instituciones encargadas de la generación del conocimiento para la conservación de especies amenazadas.

#### 4.2 Prioridades de conservación

Se sugiere concentrar inicialmente los esfuerzos en las zonas donde todavía existe una buena posibilidad de conservación (zonas 3 y 1, en orden de estado de conservación), dejando para programas a más largo plazo las zonas 7 y 8, excepto en las cercanías a la reserva Alicante, en los límites entre Maceo y Puerto Berrío, que requiere atención urgente. En esta reserva, el área en bosque que permanece cubre un total de 1.512 ha, repartida en 27 fragmentos. La declaración de esta área como reserva implica tener en cuenta los aspectos sociales y económicos de la población allí asentada, pequeños parceleros beneficiarios del programa de adjudicación de tierras del Incora hace algunos años. La gestión para la conservación en el resto de estas zonas no es fácil, si se tiene en cuenta que la tierra se concentra en buena parte en pocas haciendas ganaderas de gran extensión.

En el seminario celebrado en Berestagi (Indonesia) en febrero de 1999, un grupo de expertos del Instituto Mundial sobre Recursos, la Unión Mundial para la Naturaleza, el Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación y Birdlife International señaló que «el establecimiento de núcleos, cadenas o corredores de áreas protegidas es, tal vez, el único medio viable de conseguir los objetivos de conservación de la biodiversidad forestal en aquellas zonas en las que la población humana y otros factores impiden el establecimiento de vastas zonas protegidas.» (FAO, 2001). En este sentido, las zonas 2 y 3 no sólo comparten la reserva Bajo Cauca-Nechí, sino que no se ven totalmente interrumpidas por una corriente de agua, lo cual permite el desplazamiento del paujil, por lo que se recomienda incluirlas en las prioridades de conservación. Lo mismo ocurre entre las zonas 4 y 5, y entre las zonas 1 y 5. Aunque éstas últimas se encuentran

separadas en el área de estudio por el río Tigüí, la serranía de San Lucas, en el costado oriental y fuera del área de estudio, permite el desplazamiento de la especie y probablemente alberga poblaciones de paujil en condiciones óptimas. Esta zona está aún protegida como reserva natural, como ocurre en la zona 3 con la reserva Bajo Cauca-Nechí; el avance de la actividad de minería con draga de estos bajos inundables, que viene avanzando de sur a norte y que se encuentra ya en prospección por parte de la empresa Mineros de Antioquia a unos 15 km aguas arriba del municipio de Nechí (Neotrópicos, 2001), representa una amenaza importante a la que debe prestarse toda la atención por parte de las autoridades ambientales.

Aunque la intensa deforestación en el área de estudio está asociada a la colonización y a las actividades agrícolas, ganaderas y de explotación maderera, la construcción de grandes obras de infraestructura lineales, actividad común a todas aquellas, es un factor fundamental para tener en cuenta. Esta actividad no sólo fragmenta el bosque a su paso, sino que constituye el punto de partida de la deforestación. Ejemplos de ello son la construcción de la línea férrea y de carreteras para comunicar a Medellín, la capital de Antioquia, con el resto del país, que trajo consigo un proceso de colonización que llevó a la deforestación intensiva de los grandes bosques de las regiones Nordeste, Bajo Cauca y Magdalena Medio del departamento y la construcción de las carreteras Remedios-Puerto Berrío, Cáceres-Zaragoza, Caucasia-Zaragoza y la construcción del Oleoducto Colombia (Renjifo *et al.*, 2002).

Es clara la necesidad, como lo afirman los diferentes autores que han trabajado el tema, de conocer con mayor profundidad las características específicas de la especie. Datos más precisos de densidades poblacionales, tamaños de población y requisitos ecológicos son fundamentales para definir estrategias adecuadas para el paujil. La obtención de éstos sólo puede hacerse partiendo del monitoreo, es decir, del estudio sistemático en campo de diferentes aspectos de la especie y su hábitat.





En cuanto a la actividad de cacería, se requiere un análisis socioeconómico que tenga como base la actualización de la información del sector rural, ya que es en el campo, en las cercanías a las manchas de bosque, donde se encuentran los cazadores potenciales. Es precisamente esta población de la que menos se conoce, o por lo menos, de la que menos reportes se generan, en comparación con la población de las cabeceras municipales. Pero es también la que más problemas de pobreza y tenencia de la tierra presenta y, por lo tanto, la que se encuentra en una situación más precaria para obtener su sustento. Cualquier esfuerzo de conservación de los bosques requiere un esfuerzo gubernamental considerable para tener en cuenta este grupo de la población.

## RECONOCIMIENTOS

El presente artículo fue posible gracias a la participación de los autores en un proyecto conjunto con los biólogos José Manuel Ochoa Quintero e Isabel Melo Vásquez. Diversas instituciones merecen el agradecimiento como financiadoras del proyecto, entre ellas Corantioquia, el Instituto Alexander von Humboldt, Conservación Internacional-Colombia, Fondo para la Acción Ambiental y Fundación Omacha. El trabajo realizado por los autores fue financiado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

## REFERENCIAS CITADAS

- BROOKS, D. M. y STRAHL, D. S., 2000. Status survey and conservation action plan for Cracids 2000-2004. UICN/SSC Cracid Specialist Group. Cambridge, Reino Unido.
- CRACID SPECIALIST GROUP, 2004. Why are Cracids so special? <http://www.cracids.org/>
- CUERVO, A. M., 2002. *Crax alberti*. En: Renjifo *et al.*, (eds.) 2002. *Libro rojo de las aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. pp. 135-142.
- DINERSTEIN, E. *et al.* 1995. Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial, Washington, D.C. 135 p.
- ESRI, 2004. Disponible en internet: <http://www.esri.com/industries/environment/>
- FAO, 2001. La conservación de la diversidad biológica forestal: la ordenación de las áreas protegidas. Disponible en internet: <http://www.fao.org/DOCREP/>
- GRUPO DE ESTUDIO DE AVES DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, 2000. Proyecto Búsqueda del Paujil de Pico Azul (*Crax alberti*). Informe final. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia). Medellín, 60 p.
- HABITAT MODELS, 2002. Disponible en Internet: <http://www.esd.ornl.gov/programs/SERDP/EcoModels/habmodel.html>
- HILTY, S. L. and BROWN, W. L., 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press. 863 p.
- IGAC, 2001. Cartografía digital del departamento de Antioquia escala 1:500.000. Santafé de Bogotá.
- JOHNSTON, C. A., 1998. Methods in ecology : Geographic Information Systems in ecology. Natural Resources Research Institute, University of Minnesota. Duluth, Minnesota, USA. Blackwell Science. Oxford. p. 239.
- MARTÍNEZ-MORALES, M.A. 1998. Conservation status and habitat preferences of the Cozumel Curassow. En: *The Condor* 101: 14-20.
- NEOTRÓPICOS, 2001. Diseño e implementación de los componentes institucional y operativo de Visión Panzenú. Informe final. Medellín.
- OCHOA, J. M. *et al.*, 2002. Estudio preliminar de algunos aspectos demográficos y utilización de hábitat del paujil de pico azul, *Crax alberti*. Informe Final. Corantioquia, Becas Vireo Masteri, Sociedad Antioqueña de Ornitología.
- RENJIFO, *et al.* 2002. Libro rojo de las aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- SHAFFER, M. L., 1981. Minimum population sizes for species conservation. In: *BioScience* 31: pp. 131-134.
- SILVA, J. L. y STRAHL, S. D., 1997. Efecto humano en poblaciones de chachalacas, pavas y guacos (Galliformes: Crácidas) en Venezuela. En: Robinson J. G. y K. H. Redford (comp.), *Uso y conservación de la vida silvestre neotropical*. Fondo de Cultura Económica. México. pp. 59-77.