

Propuesta de áreas de conservación para el pacífico nariñense, a partir de la distribución de colibríes (AVES: Trochilidae).

FRANCIS ELADIO RAMÍREZ RAMÍREZ

Universidad de Nariño  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Programa de Biología  
San Juan de Pasto  
2014

Propuesta de áreas de conservación para el pacifico nariñense, a partir de la distribución de colibríes (AVES: Trochilidae).

FRANCIS ELADIO RAMÍREZ RAMÍREZ

Asesor:

JOHN JAIRO CALDERÓN LEYTON

MSc. Ciencias Biológicas

Universidad de Nariño  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Programa de Biología  
San Juan de Pasto  
2014

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1<sup>o</sup> del acuerdo No 324 de Octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo

Directivo de la Universidad de Nariño

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Jhon Jairo Calderón Leyton

Asesor

---

Carlos Arturo Saavedra Rodríguez

Jurado

---

Germán Edmundo Narváez Bravo

Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2014

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño y su Departamento de Biología, por ser quienes me formaron como una persona integral y admiradora de toda forma de vida.

A Jhon Jairo Calderón, mi asesor, por su paciencia, guía y dedicación para convertirme en un mejor biólogo.

A mis jurados, German Narváez y Carlos Saavedra, que con su experiencia me ayudan a enriquecer mis conocimientos, que no solo son jurados sino que se convierten en amigos y maestros, gracias por su tiempo y paciencia.

A la Asociación GAICA y la madre de todos, Doña Ceci, que siempre está pendiente de recibimos con una sonrisa y un cafecito, y ese grupo de amigos llamado GAICA, gracias por ser los compañeros que siempre te dan una mano en la buenas y las malas.

A mis compañeros de Tenis de Mesa, que sin ellos ya hubiese renunciado más de una vez con tantas vueltas locas que te presenta la vida, una mesa, una malla y una bola son suficientes para liberarme de la realidad y poder disfrutar de mi Pasión.

A esos amigos y compañeros que jamás te dejan solo en ninguna situación sea buena o mala y que por más mal genio, problemas o tristezas tengas te van acompañar, Eli, Diana, Cris, Robert, Derly, Álvaro, Andrés, Mauro y todos ellos que contribuyeron con mi formación y esta investigación.

Al Grupo Terra, y sus más destacadas terrosas Vanessa y Natalia, gracias por sus risas, críticas y amistad.

## DEDICATORIA

*A Mi Abuela Mariela, en donde se encuentre, siento que ella me guía en cada paso, me cuida y se siente orgullosa de su nieto.*

*A mis padres Carlos Arturo y Luz Stella, por ser ellos quienes me enseñaron lo bueno y lo malo de la vida, el dolor y la alegría, pero sobre todo gracias por enseñarme lo que en realidad es una Familia.*

*A mis Hermanos Rey Carlotes, loco artista que me alegras los días con tus cosas y mi Doña Doña Caritol que sin poder pensar iguales y discutir por todo sabemos que damos la vida por el otro; los amo enanos.*

*A doña Elvia y Don Medardo, Mercy y Ariel, a ellos que me acogieron como uno más de la familia gracias por todo.*

*A esa persona que se convirtió en mi vida, en mi compañía, mi sombra, mi amiga, amante, cómplice y todo lo que uno puede querer de una persona; gracias Eli por ser tú.*

*A esos dos locos, Jhon Jairo Calderón y Robert Rodríguez, culpables de darme una razón para disfrutar de la ciencia con las Aves y la ecología, para ustedes ¡GRACIAS...TOTALES!*

*A cada uno de mis amigos que me apoyaron en las verdes y las maduras, con una sonrisa, un chiste o un simple ¿Qué paso mijo?, a ustedes Cris, Diana, Derly, Eli, Andrés, Mauro, Álvaro...*

*¡WE MUST BE OVER THE RAINBOW!*

## RESUMEN

El departamento de Nariño, al suroccidente de Colombia, comprende parte del Chocó Biogeográfico, los Andes del norte y el piedemonte Amazónico. En particular, el Chocó biogeográfico se caracteriza por presentar condiciones topográficas y climatológicas singulares, con una alta diversidad biológica y un alto número de especies endémicas respecto al resto de las tierras bajas de Suramérica y los Andes (Rangel. 2004). Ante las amenazas globales sobre la biodiversidad (cambio climático global, intervención humana y destrucción de ecosistemas), las estrategias de conservación se centran en proteger áreas representativas de ecosistemas naturales que albergan alta diversidad o endemismo de especies. La protección de los hábitats es la forma más común y efectiva para preservar la diversidad biológica de una zona. El principal mecanismo de conservación en Colombia lo constituyen las Áreas Naturales Protegidas y, para el caso particular de las aves, se cuenta con el programa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) o IBA's por su sigla en inglés, que permite identificar áreas de importancia para la conservación, donde se encuentra diversidad de especies o especies endémicas o amenazadas (Birdlife, 1985); sin embargo estas AICA's no son necesariamente Áreas Naturales Protegidas. Considerando la importancia de los colibríes en el marco de la conservación y la necesidad de aumentar la representatividad de áreas protegidas en el pacífico nariñense, se obtuvieron y analizaron las áreas de distribución de 28 especies, que varían entre 1000 km<sup>2</sup> a 20000 km<sup>2</sup>. A partir del solapamiento de distribuciones se obtuvo un área de 6800 km<sup>2</sup>; esta área es fundamental para el pacífico nariñense ya que no solo protegería las especies en riesgo de extinción de flora y fauna, a la vez que cubre una gran parte de ecosistemas estratégicos del Choco biogeográfico.

## ABSTRACT

The department of Nariño in southwestern Colombia, comprises part of the Chocó, the northern Andes and the Amazon piedmont. In particular, the Chocó is characterized by unique topographic and climatic conditions, with high biodiversity and a high number of endemic species from the rest of the lowlands of South America and the Andes (Rangel. 2004). Face of global threats to biodiversity (global climate change, human intervention and destruction of ecosystems), conservation strategies focus on protecting representative areas of natural ecosystems harboring high diversity and endemism. The habitat protection is the most common and effective for preserving biodiversity in an area form. The main conservation mechanism in Colombia is constituted by the Protected Areas and, for the particular case of birds, it has the program Areas of Importance for the Conservation of Birds (AICA's) or by its acronym IBA's in English, which identifies areas of conservation importance where species diversity or endemic or threatened species (Birdlife, 1985) is found; however these are not necessarily Protected Natural Areas. Considering the importance of hummingbirds in the context of conservation and the need to increase the representativeness of protected areas in the Pacific Nariño, obtained and analyzed the ranges of 28 species, ranging from 1000 km<sup>2</sup> to 20000 km<sup>2</sup>. From overlapping distributions area 6800Km<sup>2</sup> is obtained; this area is critical to the Nariño Pacific since not only protect the endangered species of flora and fauna, while covering a large part of strategic ecosystems biogeographical Choco.



## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	21
2.1.    Objetivo General	21
2.2.    Objetivos Específicos	21
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	22
3.1.    Ecorregión del Chocó-Darién	22
3.2.    Áreas de distribución	24
3.3.    Criterios para la selección de áreas	26
3.3.1. Escalas de protección	26
3.3.2. Escalas globales	27
3.4.    Especies indicadoras	33
3.4.1. Especies paraguas o sombrillas	34
3.4.2. Especies focales	36
3.5.    Importancia de las aves	37
3.5.1. Distribución de la Familia Trochilidae	39
4. ANTECEDENTES	41
5. MATERIALES Y METODOS	47
5.1.    Área de estudio	47
5.2.    Selección de especies	49
5.3.    Modelos de distribución	49

5.4.	VARIABLES BIOCLIMÁTICAS	50
5.5.	VALIDACIÓN DE MODELOS	52
5.6.	CURVAS ROC Y AUC	54
5.7.	ANÁLISIS DE CONTRIBUCIÓN DE VARIABLES	55
5.8.	OBTENCIÓN DE ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN	57
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
6.1.	PATRONES DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE COLIBRÍES EN LA VERTIENTE PACÍFICA DE NARIÑO.	59
6.1.1.	SELECCIÓN DE ESPECIES	59
6.1.2.	CONSTRUCCIÓN DE MODELOS	59
6.1.3.	ANÁLISIS ESPACIAL	62
6.2.	ÁREAS POTENCIALES PARA LA CONSERVACIÓN EN EL PACÍFICO NARIÑENSE	68
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA	80

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Áreas de Endemismo de Aves en Colombia. Fuente: (Stattersfield et al., 1998) en Castaño 2006.	29
Tabla 2. Áreas de Importancia de las Aves en Nariño. Fuente: Franco et al., 2009.	30
Tabla 3. Variables bioclimáticas. Fuente: <a href="http://www.worldclim.org">www.worldclim.org</a>	51
Tabla 4. Variables Bioclimáticas más influyentes en la modelación de cada especie de colibrí, se representa además el área de distribución obtenida y el rango altitudinal de cada especie.	66

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ecorregión Choco-Darién.

Fuente:<http://www.natureserve.org/images/latinamerica/choco/CHODARF104.gif> 23

Figura 2. “Hotspots” de biodiversidad para priorizar áreas de conservación.

Myers *et al.*, 2000. 28

Figura 3. Ubicación de las IBAs en el departamento de Nariño. BirdLife International 2005. 31

Figura 4. *Agelaiocercus coelestis*, practica académica, Programa de Biología, Universidad de

Nariño, Reserva Natural Río Ñambi. Ramírez F. 2009. 38

Figura 5. Distribución Mundial de la familia Trochilidae.

[http://ibc.lynxeds.com/files/imagecache/family\\_enlarge/trochilidae.jpg](http://ibc.lynxeds.com/files/imagecache/family_enlarge/trochilidae.jpg) 39

Figura 6. Área potencial para la conservación de las aves amenazadas asociadas a la cuenca del

Río Güiza en el Suroccidente de Colombia. Flórez, 2012. 46

Figura 7. Mapa de la Vertiente Pacífica de Nariño. Fuente: Google Earth, 2014. Kmz: Este

Estudio. 48

Figura 8. Omisiones calculadas a partir de los puntos de entrenamiento y los de test, y el área

predicha. Fuente: Esta Investigación. 53

Figura 9. Curvas ROC y valor AUC de *Amazilia tzacatl* obtenidas a partir del modelamiento de

nicho. Fuente: Esta investigación. 55

Figura 10. Análisis de contribución de variables mediante un test de Jaknife para <i>Amazilia tzacatl</i> . Fuente: Esta investigación.	56
Figura 11. Valores de las áreas de Distribución de las 28 especies de colibríes en la vertiente Pacífica de Nariño.	61
Figura 12. Contribución de variables bioclimáticas a los modelos y las distribuciones de las 28 especies de colibríes. Fuente: Esta investigación.	62
Figura 13. Mapa de las áreas obtenidas a partir de la sumatoria de distribuciones de los colibríes analizados, el área de color amarillo es potencial o ideal, el área de color verde es la propuesta de conservación.	65
Figura 14. Áreas Naturales Protegidas por la Unidad Administrativa Especies de Parques Nacionales Naturales de Colombia (UAEPNN) en el departamento de Nariño.	69
Figura 15. Municipios con mayor área propuesta para conservación.	71

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Municipios del departamento de Nariño incluidos en esta investigación.

ANEXO B. Distribución espacio temporal de la variables bioclimáticas utilizadas.

ANEXO C. Base de datos de 28 especies de colibríes con sus respectivas coordenadas. Este estudio.

ANEXO D. Ajuste de los modelos obtenidos para 28 especies de Colibríes con el programa MaxEnt, AUC es área bajo la curva, DS es desviación estándar y MTSPS es Maximum test sensitivity plus specificity logistic threshold. Fuente: Este estudio.

ANEXO D. Gráficos ROC para 28 especies de colibríes, obtenidos a partir del modelamiento de cada especie en el software MaxEnt. Fuente: Este estudio.

ANEXO E. Gráficos de Omisión para 28 especies de colibríes, obtenidos a partir del modelamiento de cada especie en el software MaxEnt. Fuente: Este estudio.

ANEXO F. Mapas de distribución geográfica para las especies de colibríes seleccionadas con su respectivo Gráfico de contribución de variables de Jackknife para las 28 especies de colibríes, obtenidos a partir del modelamiento de cada especie en el software MaxEnt. Fuente: Este estudio.

ANEXO G. Aves de Colombia amenazadas a nivel global presentes en la cuenta del Río Güiza. (Flórez, 2012). A1: aves de Colombia amenazadas a nivel global, CO1: Especies amenazadas de Colombia, A2: Aves de Colombia con Rango Restringido ( $\leq 50.000\text{km}^2$ ), CO2a: Aves Casi

Endémicas De Colombia ( $\leq 50.000\text{km}^2$ ), NEO 10: Norte De Los Andes, NEO 11: Tierras Bajas del Chocó.

ANEXO H. Especies con criterios AICAs registradas para tres zonas del pacifico de Nariño. (Castillo & Rosero, 2012). Criterios mundiales: A1. Aves amenazadas a nivel global. A2. Aves con rango restringido. A3. Aves restringidas a biomas. A4. Aves congregatorias. Criterios Nacionales: CO1. Especies Amenazadas de Colombia. CO2a. Aves casi endémicas. CO2b. Aves de especial interés genético.

ANEXO I. Especies de colibríes con criterios AICAs registradas para la vertiente pacifica de Nariño. Fuente: Este Estudio. Criterios mundiales: A1. Aves amenazadas a nivel global. A2. Aves con rango restringido. A3. Aves restringidas a biomas. Criterios Nacionales: CO1. Especies Amenazadas de Colombia. CO2a. Aves casi endémicas.

## INTRODUCCIÓN

El departamento de Nariño, al suroccidente de Colombia, comprende parte del Chocó Biogeográfico, los Andes del norte y el piedemonte Amazónico. En particular, el Chocó biogeográfico se caracteriza por presentar condiciones topográficas y climatológicas singulares, con una alta diversidad biológica y un alto número de especies endémicas respecto al resto de las tierras bajas de Suramérica y los Andes (Rangel. 2004). Estas características biogeográficas señalan al departamento de Nariño como una de las regiones con mayor riqueza biológica del país (Delgado et al. 2006). La gran riqueza biótica de esta zona la catalogan como área crítica para la Conservación o “Hotspot” de la biodiversidad mundial (Myers et al. 2000).

Ante las amenazas globales sobre la biodiversidad (cambio climático global, intervención humana y destrucción de ecosistemas), las estrategias de conservación se centran en proteger áreas representativas de ecosistemas naturales y que albergan alta diversidad o endemismo de especies. Con esto, se propende por garantizar la continuidad de los procesos vitales de las poblaciones silvestres de las especies. Las áreas protegidas en la vertiente pacífica nariñense actualmente son pequeñas y aisladas para mantener la representatividad de los ecosistemas y asegurar la permanencia de procesos evolutivos y la dinámica de los ecosistemas.



La protección de los hábitats es la forma más común y efectiva para preservar la diversidad biológica de una zona. El principal mecanismo de conservación en Colombia lo constituyen las Áreas Naturales Protegidas y, para el caso particular de las aves, se cuenta con el programa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) o IBA's por su sigla en inglés, que permite identificar áreas de importancia para la conservación, donde se encuentra diversidad de especies o especies endémicas o amenazadas (Birdlife, 1985); sin embargo estas AICA's no son necesariamente Áreas Naturales Protegidas. Actualmente se han explorado múltiples alternativas para definir áreas naturales protegidas empleando Sistemas de Información Geográfica (SIG's), sensores remotos y, recientemente, los conceptos de modelamiento de nicho de especies y de distribución potencial (Peterson, 2001). Estas herramientas informáticas son útiles para construir mapas de distribución y hábitat potencial, abundancia y riqueza de especies, así como para oportuna detección, evaluación y manejo de especies invasivas, y para determinar procesos como la dispersión, adaptación, competencia, sucesión, presiones provocadas por incendios y pastoreo, entre otras (Peterson, 2001).

Las variadas condiciones ambientales de Nariño y enfáticamente en el piedemonte pacífico, hacen que las aves posean diferencias históricas y filogenéticas que hacen a cada comunidad particular (Heithaus et al., 1975, Sánchez-Palomino et al., 1996). De los grupos de aves más relevantes para la conservación, los colibríes (Familia Trochilidae) son de particular interés por que son susceptibles a cambios en los ecosistemas y están representados por un alto número de endemismos como resultado

de la historia biogeográfica (Terry, 2000; Muñoz et al., 2000) y por su respuesta a las barreras geográficas, ecológicas, climáticas y antrópicas. Estas características hacen que los colibríes sean herramientas para el estudio, monitoreo y conservación de los sistemas terrestres naturales tropicales.

Myers (2000) plantea que para la Ecorregión del Choco-Darién hay 260600 km<sup>2</sup> de vegetación primaria, 16471 km<sup>2</sup> de áreas protegidas, 9000 especies de plantas, 2250 plantas endémicas, 1625 especies de vertebrados y 418 especies de vertebrados endémicos, lo que quiere decir que cualquier esfuerzo para la conservación en esta Ecorregión se vuelva vital e importante. Considerando la importancia de los colibríes en el marco de la conservación y la necesidad de aumentar la representatividad de áreas protegidas en el pacífico nariñense, se obtuvieron y analizaron las áreas de distribución de 28 especies, que varían entre 1000 km<sup>2</sup> a 20000 km<sup>2</sup>. A partir del solapamiento de distribuciones se obtuvo un área de 6800 km<sup>2</sup>; esta área es fundamental para el pacífico nariñense ya que no solo protegería las especies en riesgo de extinción de flora y fauna, a la vez que cubre una gran parte de ecosistemas estratégicos del Choco biogeográfico.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Neotrópico es centro de atención de esfuerzos mundiales de conservación (Guevara & Campos, 2003). Dentro de este, la Ecorregión Chocó-Darién o Choco biogeográfico es considerada de máxima prioridad. Esta Ecorregión presenta amplias extensiones de selvas lluviosas tropicales en el Pacífico suramericano, donde se presentan altos niveles de precipitación, cerca de 7000 mm/anales (IDEAM, 2010); se encuentra una alta diversidad de especies y de endemismo de plantas, aves, reptiles, anfibios y mariposas (WWF, 2008). Una importante porción de esta Ecorregión se encuentra en el departamento de Nariño, en el pacifico Nariñense (Salaman, 2001 en PAB Nariño 2007).

Respecto a las áreas protegidas en Nariño, que para Colombia ocupan más de 9.000.000 de hectáreas y que son cerca del 8,0% de la superficie de Colombia (Forero-Medina & Joppa, 2010), el departamento tiene 12 áreas protegidas de carácter nacional, departamental y municipal, que cubren más de 110.000 ha, por otro lado más 8.600 ha son de reservas naturales de la sociedad civil (Delgado *et al.*, 2007). Pese a los esfuerzos de conservación, la representatividad de áreas protegidas es baja; por tanto, estas resultan insuficientes para garantizar procesos de conservación a mediano y largo plazo de los ecosistemas y de todos los niveles de organización de la biodiversidad en el Departamento. No Obstante, algunas áreas se

han identificado como importantes para la conservación, como son las Áreas de Importancia para la conservación de aves (IBAS, por sus siglas en inglés) reconocidas por Birdlife Internacional; de estas, en Nariño hay siete, que suman más de 160.000 has y cerca del 4.8% del territorio nariñense. En el pacífico nariñense, las IBAs suman 97.400 ha, casi el 3.0% de Nariño.

La falta de áreas de conservación, pone en riesgo la biodiversidad del pacífico y de todo el departamento de Nariño. Con el propósito de conservar la biodiversidad y garantizar una representación de los ecosistemas que posee del departamento es necesario identificar, priorizar y caracterizar áreas que, por sus particularidades ambientales, presentan las condiciones para ser considerada candidatas para la protección (Delgado *et al.*, 2007). En este sentido y considerando los criterios que se emplean para esta labor, surge el cuestionamiento de ¿Dónde se encuentra la mayor riqueza potencial de géneros y especies de colibríes en la región Pacífica del departamento de Nariño, que han de ser consideradas como prioritarias para la conservación?

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General.

Identificar y priorizar áreas de conservación en el pacífico nariñense con base en la distribución geográfica de colibríes (Trochilidae: Aves).

### 2.2. Objetivos Específicos.

- Establecer patrones de distribución geográfica de colibríes, con base en registros de museo y datos de campo de la vertiente pacífica del departamento de Nariño.
- Proponer áreas potenciales para la conservación en el pacifico de Nariño.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Ecorregión del Choco-Darién

La Ecorregión del Chocó Biogeográfico, en el sector nor-occidental de Suramérica, incluye los bosques tropicales húmedos y montanos del oriente de Panamá y vertiente Pacífica de Colombia y noroccidente de Ecuador (Figura 1). Esta Ecorregión es reconocida por su biodiversidad y singularidad biológica, ya que tiene uno de los más altos niveles de endemismo en el Neotrópico. A la vez, es considerada un área crítica o hotspot de biodiversidad global (Myers *et al.*, 2000).

En Colombia, la Ecorregión se caracteriza por ser la única selva lluviosa tropical continua en el Pacífico suramericano, con una de las más altas tasas de pluviosidad del continente americano. Algunos de los ríos más importantes que fluyen hacia el Océano Pacífico nacen en esta Ecorregión, por lo que se considera importante en regulación del clima. Las principales zonas de vegetación a lo largo de esta varían de acuerdo a las condiciones altitudinales y climáticas locales.



### 3.2. Áreas de Distribución

El concepto de área de distribución es el más importante para la biogeografía, la biología de la conservación y para cualquier propuesta de conservación que se quiera ejecutar. Esta refiere al área habitada por una especie o la superficie que encierra el conjunto de localidades (áreas de ocupación) donde las poblaciones de una especie han sido observadas y registradas. El área de distribución puede caracterizarse en términos de tamaño, forma, límites y estructura interna (Lemolino *et al.*, 2004). En una determinada área geográfica, las localidades se expresan como puntos en un mapa. Una vez establecidos todos los puntos, es posible delinear un polígono con aquellos que se encuentran en los límites exteriores del conjunto de localidades, delimitando así su área de distribución (en concepto es llamado extensión de ocurrencia). No obstante, el mapa de la distribución de una especie únicamente brinda una imagen fija de la misma en el tiempo (Lomolino *et al.*, 2004).

Una especie endémica es la que se limita a un área geográfica particular. El área geográfica puede definirse por los límites políticos, tales como países o departamentos o por límites ecológicos tales como una especie endémica de páramo. Los aspectos geográficos también pueden servir como puntos de referencia, así una especie puede ser endémica en América del Sur o de las Islas Galápagos. Se debe definir un tamaño de umbral de distribución debajo del cual una especie es considerada como de distribución restringida. Por ejemplo, BirdLife establece un corte de 50.000 km<sup>2</sup> para definir las aves de distribución restringida (Stattersfeld *et*



*al.*, 1998). Las especies endémicas, por lo tanto, no son necesariamente las mismas que las especies de distribución restringida, aunque puede haber superposiciones considerables.

Muchas definiciones se han propuesto para el concepto de área de endemismo. Nelson y Platnick (1981) definen las áreas de endemismo como áreas bastante pequeñas que tienen un número significativo de especies que no se encuentran en ningún otro lugar, o más un área que está representada por una distribución más o menos coincidentes de taxa que ocurren en un área específica. Platnick (1991) más tarde la define como la congruencia de límites de distribución de dos o más especies. Harold y Mooi (1994) definen un área de endemismo como una región geográfica que comprende las distribuciones de dos o más taxones monofiléticos. Morrone (1994) lo define como un área de congruencia no aleatoria de distribución entre los diferentes taxones. Humphries y Parenti (1999) señala que un área de endemismo es reconocida por la distribución coincidente de dos o más organismos. La definición de Harold y Mooi (1994) hace referencia a la historia filogenética de la taxones cuyos patrones de distribución muestran congruencias. Estos autores hacen hincapié en el componente histórico de la zona de la definición de endemismo, dejando de lado el componente ecológico (Posadas & Miranda Esquivel, 1999). Sin embargo, el origen de todos los patrones biogeográficos nunca es completamente histórico, ni ecológico, pero si el resultado de una combinación de ambos tipos de procesos (Morrone y Crisci, 1995).

Otra cuestión importante, cuando se habla de áreas de endemismo es su delimitación. Hay diversos criterios, como la superposición de áreas de distribución (Müller, 1973), áreas analizadas por métodos de parsimonia (Morrone, 1994) o por métodos fenéticos (Artigas, 1975) y la superposición de unidades biogeográficas de taxones endémicos (Crisci *et al.*, 2000).

La superposición de las áreas de distribución (Müller, 1973) requiere la coincidencia de varios taxa. Mientras que, el área de distribución de cada taxón debe ser menor que el área en consideración, y sus límites deben estar claramente definidos. El método consiste en la superposición de las áreas de distribución de taxones y se establece la superposición del área o las áreas, que constituyen las áreas de endemismo.

### 3.3. Criterios para la Selección de Áreas

#### 3.3.1. Escalas de Protección

La magnitud de las amenazas sobre la biodiversidad está asociada a factores financieros, técnicos y de recursos físicos disponibles para su conservación. Los esfuerzos previos para identificar sitios prioritarios para la conservación se han concentrado en dos escalas: la global (o continental) y local. Actualmente, se presenta un nuevo criterio, el de mesoescala (Castaño-Villa, 2005), que surge como una escala espacial donde confluyen los contextos bioegográficos y los procesos que operan a escala de localidades.

### 3.3.2. Escalas Globales

Los esfuerzos globales se han enfocado en documentar patrones de biodiversidad a nivel mundial “hotspots” o delinear ecorregiones con elementos de biodiversidad de interés para la conservación para que los esfuerzos puedan ser concentrados allí (Spector, 2002). Dentro de una escala global y con el ánimo de ayudar a establecer prioridades de conservación, la UICN, el World Conservation Monitoring Center, Birdlife International y otros organismos han intentado identificar áreas clave para la preservación que contengan una gran diversidad biológica, altos niveles de endemismo y que están bajo la amenaza inmediata de extinción de especies y destrucción del hábitat (Primack *et al.*, 2002). Utilizando estos criterios (Myers *et al.*, 2000) identificó 25 áreas clave o hotspots a nivel mundial teniendo en cuenta la extensión y porcentaje de hábitat primario remanente y el número total y el porcentaje de endemismo para aves, mamíferos, reptiles, anfibios y plantas. En Colombia se presentan dos de estas áreas, Andes Tropicales (departamentos de Norte de Santander, Antioquia, Santander, Boyacá, Cundinamarca, Caldas, Risaralda, Huila y Tolima, excepto el Valle del Río Magdalena) y Chocó–Darién Occidental Ecuatoriano (Departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño). Figura 2

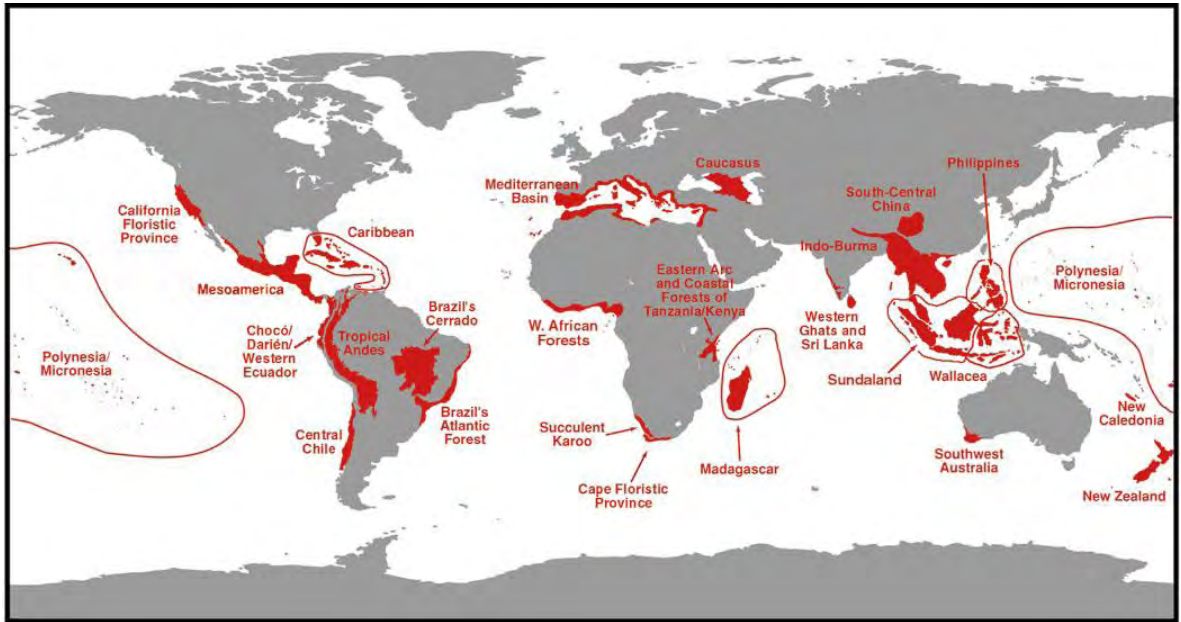


Figura 2. “Hotspots” de biodiversidad para priorizar áreas de conservación, Myers *et al.*, 2000.

Otra de estas perspectivas, es la conducida por Birdlife International que ha identificado en Colombia algunas localidades y regiones con concentraciones de aves con rangos restringidos de distribución, llamadas IBAs (Important Bird and Biodiversity Areas). De acuerdo con Stattersfield *et al.*, (1998), en Colombia se presentan 106 IBA’s incluidas en 14 áreas de éste tipo (Tabla 1). El departamento de Nariño posee 7 áreas de importancia para las aves reconocidas por Birdlife (Tabla 2); en total son 160515 Ha reconocidas como IBA’s lo que representa un 4.82% del departamento de Nariño, para la costa pacífica el porcentaje total es de 2.92% o 97400 Ha (Figura 3). A pesar de estos esfuerzos, las estrategias para la protección y conservación de las aves en Nariño resultan insuficientes dada la gran riqueza que

alberga. Por otra parte, y dado al alto número de especies amenazadas a nivel global, nacional, endémicas o con algún criterio de conservación, es prioritario trabajar en la designación de nuevas IBA's y en los procesos de declaratoria de áreas protegidas en el departamento de Nariño (Calderón *et al.*, 2011).

Tabla 1. Áreas de Endemismo de Aves en Colombia (Stattersfield *et al.*, 1998) en Castaño 2006.

Área	Rango Altitudinal (m.s.n.m)	Área (Km <sup>2</sup> )	Categoría
Tierras Bajas del Darién (Colombia-Panamá)	0-1000	61000	Crítica
Tierras Altas del Darién (Colombia-Panamá)	700-2300	3000	Alta
Región Caribeña	0-1000	89000	Urgente
Montañas de Santa Marta	600-5200	1100	Urgente
Tierras Bajas del Nechí	0-1500	58000	Crítica
Andes Orientales (Colombia-Venezuela)	1000-4000	85000	Crítica
Valles Interandinos	200-1700	31000	Alta
Laderas de los Valles Interandinos	1000-4000	48000	Crítica
Chocó (Colombia-Ecuador)	200-1700	100000	Urgente
Norte Central de los Andes (Colombia- Ecuador)	1000-2500	36000	Crítica
Páramos de los Andes Centrales (Colombia-	0-3800	32000	Urgente

Ecuador-Perú)			
Este de los Andes Peruanos (Colombia- Ecuador-Perú)	1500-3700	28000	Alta
Orinoco – Negro (Brasil-Colombia-Venezuela)	0-500	62000	Alta
Alto Amazonas – Tierras Bajas de Napo (Brasil-Colombia–Ecuador - Perú)	0-600	130000	Alta

Dentro de las 14 áreas de endemismo de aves en Colombia, en la categoría de prioridad crítica y alta para la conservación se encuentran cinco áreas, donde cuatro de estas cuentan con categoría de urgente. Las cinco áreas críticas (Tierra Bajas del Darién, Tierras Bajas del Nechí, Andes Orientales, Laderas de los Valles Interandinos y Norte Central de los Andes) cuentan con algún tipo de representación dentro del Sistema de Parques Nacionales. Sin embargo, áreas de alta prioridad para la conservación como son los Valles Interandinos poco están representados dentro del sistema nacional de parques Colombiano.

Tabla 2. Áreas de Importancia de las Aves en Nariño. Franco *et al.*, 2009.

CÓDIGO IBA	NOMBRE IBA	ÁREA (Ha)
CO067	Reserva Natural El Pangan	4200
CO068	Reserva Natural Río Nambí	1000
CO069	Reserva Natural La Planada	3200

C0070	Lago Cumbal	500
CO121	Parque Nacional Natural Sanquianga	89000
CO138	Santuario de Flora y Fauna Galeras	7615
CO166	Laguna de la Cocha	55000
TOTAL		160515

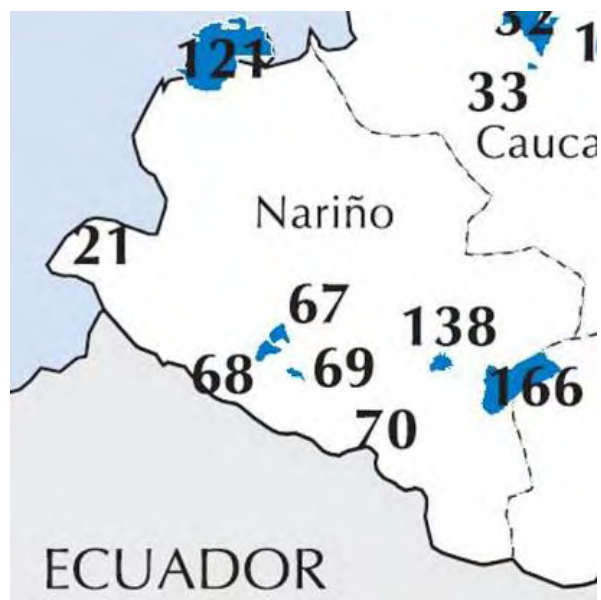


Figura 3. Ubicación de las IBAs en el departamento de Nariño. BirdLife International 2005.

El Ministerio de Medio Ambiente Colombiano (1996) asegura que la experiencia histórica muestra que la mejor forma de conservar el patrimonio natural y los recursos naturales renovables amenazados es mediante la declaración de Áreas Protegidas Estrictas mediante la designación de categorías de manejo pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales. Esta estrategia busca proteger una proporción significativa de ecosistemas, provincias, distritos biogeográficos, hábitats, biomas y unidades ecológicas existentes y con el fin de mantener poblaciones genéticamente viables, representativas del mayor número de especies de flora y fauna silvestre, y en particular de proteger la alta diversidad biológica que caracteriza el territorio nacional. Se han establecido 46 unidades de conservación adscritas al Sistema de Parques Nacionales Naturales, que en conjunto abarcan una superficie superior a nueve millones de hectáreas, es decir, el 7,8% del territorio de esta nación.

Recientemente los conservacionistas se han enfrascado en un nivel de mesoescala para la identificación de áreas prioritarias para la conservación. Bajo este concepto Spector (2002) sugiere que la búsqueda de regiones con ensambles en intercepciones de regiones biogeográficas es una estrategia que complementa esta aproximación. Las grandes áreas formadas por intercepciones de regiones biogeográficas de alta diversidad de especies y hábitats, conducen a excepcionales niveles de riqueza de especies y crean la oportunidad de encontrar el éxito de representatividad y complementariedad del sistema de áreas protegidas. La protección de áreas de intercepción biogeográficas puede también proveer a largo plazo beneficios sobre la



biodiversidad por la conservación de procesos evolutivos como son la especiación y coevolución (Spector, 2002).

### 3.4. Especies indicadoras

La biodiversidad es un criterio comúnmente utilizado para la selección de reservas, y reservas potenciales pueden ser evaluadas por múltiples niveles de diversidad biológica y diversidad comunitaria (Noss, 1990 citado en Chase *et al.*, 2000). Estas evaluaciones serían simplificadas si los investigadores identificaran de una manera relativamente fácil medidas indicadoras de la biodiversidad. Una aproximación comúnmente utilizada es la de especies indicadoras definidas como “un organismo cuyas características, tales como presencia o ausencia, densidad poblacional, dispersión, éxito reproductivo, son usadas como un índice de atributos también difíciles, inconvenientes, o costosos de medir” (Landres *et al.*, 1988). Algunas experiencias internacionales plantean las bondades y problemáticas para la implementación de esta metodología para la caracterización de la biodiversidad y su utilización como criterio para la definición y diseño de áreas de reserva.

Dentro de los vertebrados, las aves han sido utilizadas como un buen indicador de la diversidad de una comunidad (Hayes, 1996). Mikusinski *et al.*, (2001) analizaron la utilidad de las especies de aves carpinteras (Aves: Picidae) en la predicción de la diversidad de otras aves de bosque en Polonia. Al examinar sus resultados

encontraron una relación positiva entre la riqueza de especies de aves carpinteras y el número de otras especies de aves de bosque, esta relación varió para tres regiones polacas. Sus resultados determinaron lo útil de los carpinteros como un indicador de la diversidad del bosque. Sin embargo, el uso de un simple taxón como indicador de la riqueza de especies de otros organismos debe ser hecho con gran precaución por la implicación que tiene esto sobre todo el hábitat. Las especies indicadoras también han sido utilizadas como una herramienta potencial para definir la calidad del hábitat.

#### 3.4.1. Especies paraguas o sombrilla

Estas son especies que requieren de grandes extensiones para el mantenimiento de poblaciones mínimas viables, por lo que garantizar la conservación de sus poblaciones pudiera implicar la protección de poblaciones de otras especies simpátricas de su mismo gremio (Berger, 1997; Roberger & Angelstam, 2004; Favreau *et al.*, 2006), especies de menor nivel trófico (Caro & O'Doherty, 1999), o una sección apreciable del ecosistema (Caro *et al.*, 2004). Las especies paragua han sido ampliamente utilizadas para la selección y diseño de áreas protegidas (Noss *et al.*, 1996; Caro & O'Doherty, 1999; Hitt y Frissell, 2004) como el caso de los ñus (*Connochaetes taurinus*) utilizados para definir los límites del Parque Nacional Serengeti en Tanzania, o el jaguar (*Panthera onca*) empleado para diseñar la Reserva de Cockscomb en Belize (Caro, 2003). Sin embargo, en ocasiones las áreas requeridas para la conservación de poblaciones viables de especies paraguas pueden

ser muy grandes. Otro uso de las especies paraguas es el establecimiento de corredores ecológicos para interconectar áreas naturales relativamente aisladas entre sí, pero que en conjunto pudieran facilitar la conservación de la biodiversidad (Yerena, 1994; Lambeck, 1997; Roberger & Angelstam, 2004).

Por sus amplios requisitos espaciales y el tipo de hábitat que su persistencia requiere, el oso andino (*Tremarctos ornatus*) ha sido propuesto para el diseño de corredores ecológicos que integren áreas protegidas de los Andes Suramericanos (Yerena, 1994). Para que una especie pueda ser considerada como paraguas, debe presentar áreas de acción grande, tener un tiempo de persistencia largo y ser generalista de hábitat (Caro & O'Doherty, 1999; Fleishman *et al.*, 2001).

En general, estas características las cumplen las especies de gran tamaño corporal y largo tiempo generacional, como por ejemplo las aves (Martikainen *et al.*, 1998; Suter *et al.*, 2002; Ozaki *et al.*, 2006) y grandes mamíferos, en particular los carnívoros (Noss *et al.*, 1996; Sanderson *et al.*, 2002; Cluff y Paquet, 2003; Ray, 2005; Dalerum *et al.*, 2008). A pesar de no ser necesario, las especies paraguas pueden presentar otros atributos que mejoren su efectividad como especie sucedánea, tales como ser sensibles a las perturbaciones humanas, representar a otras especies o atributos del ecosistema que se quieran conservar.

### 3.4.2. Especies focales

Para evitar mayores pérdidas de especies en paisajes utilizados para actividades productivas como la agricultura, la ganadería y el pastoreo, es necesario determinar la composición, cantidad y configuración de elementos del paisaje que se requieren para satisfacer las necesidades de las especies presentes. Lambeck (1997) propuso un enfoque multiespecífico para definir los atributos requeridos para satisfacer las necesidades de la biota en un paisaje y los regímenes de manejo que deben ser aplicados. El enfoque se basa en el concepto de las especies sombrilla, de las que se piensa que sus requerimientos engloban a las necesidades de otras especies. El concepto identifica una serie de “especies focales”, cada una de las cuales se utiliza para definir distintos atributos espaciales y de composición que deben estar presentes en un paisaje, así como sus requerimientos adecuados de manejo. Todas las especies consideradas en riesgo se agrupan de acuerdo con los procesos que amenazan su persistencia. Estas amenazas pueden incluir pérdida de hábitat, fragmentación de hábitat, invasión de hierbas y fuego. Dentro de cada grupo, se utiliza a la especie más sensible a la amenaza para definir el nivel mínimo aceptable en que la amenaza ocurre. Para cada parámetro relevante del paisaje, se utiliza a la especie con los mayores requerimientos para ese parámetro para definir su valor aceptable mínimo. Debido a que se seleccionan las especies más demandantes, un paisaje diseñado y manejado para satisfacer sus necesidades abarcará los requerimientos de todas las demás especies (Lambeck, 1997).

### 3.5. Importancia de las aves y los colibríes

Las aves, son fundamentales para las dinámicas de los ecosistemas ya que estas contribuyen eficiente y activamente en múltiples funciones ecológicas como el control de plagas de insectos, la dispersión de semillas y a la polinización de las plantas; estas funciones generan un impacto fundamental para los procesos naturales como la regeneración de los ecosistemas y las interacciones ecológicas, manteniendo un equilibrio en los ecosistemas donde habitan (Stiles, 1985).

Estrada (2004) sugiere a las aves para el estudio y monitoreo de la biodiversidad, debido a su alta diversidad, las poblaciones son relativamente numerosas, ocupan una gran cantidad de nichos ecológicos, sus hábitos y sus formas únicas, muestran una alta sensibilidad a la degradación de sus hábitats naturales bien sea por factores antrópicos principalmente o también se ven afectadas por las condiciones bioclimáticas.

Los colibríes son aves de pequeño tamaño (entre 5 a 20 cm) y que, en la mayoría de especies, tienen dimorfismo sexual asociado a la coloración. El pico es en forma de lanza, delgado, agudo, recto o arqueado. En varias ocasiones alcanza la longitud de la cabeza y en otras es tan largo como el cuerpo y la cabeza juntos, como lo es el colibrí pico de lanza (*Ensifera ensifera*). La lengua es muy larga, bifurcada y tubular, o bien, acabada en una formación peluda, apta para la capilarización del néctar o capturar insectos. Las patas son cortas y débiles, por lo que únicamente las utilizan para posarse, acicalarse y cuidado del plumaje, pero no para caminar. Además de esta

morfología, su particular forma de volar y su típica nutrición, esencialmente de néctar (Nectarivoros) otorgaron características fisiológicas, ecológicas y de comportamiento que determinan su distribución (Gutierrez, 2004). (Figura 4)

Los colibríes han conquistado una alta variedad de hábitats, entre los que se pueden mencionar los páramos, los manglares y las sabanas; pero la mayoría viven en los bosques lluviosos o siempre verdes. Al igual que los insectos y los murciélagos, son polinizadores de una alta variedad de plantas, por lo que son fundamentales en la dinámica sucesional de los bosques tropicales.



Figura 4. *Aglaiocercus coelestiscoelestis*, practica académica, Programa de Biología, Universidad de Nariño, Reserva Natural Río Ñambi. Ramírez F. 2009.

### 3.5.1. Distribución de la familia Trochilidae

La familia Trochilidae, es exclusivamente americana (Figura 5) Se extiende desde Alaska, en el Norte del Continente, hasta Tierra del Fuego, al sur de Argentina, y alcanza su mayor riqueza y abundancia dentro de unos pocos grados al norte y al sur del Ecuador. Colombia es el país con el mayor número de especies de colibríes en el mundo (Hilty y Brown, 1986).

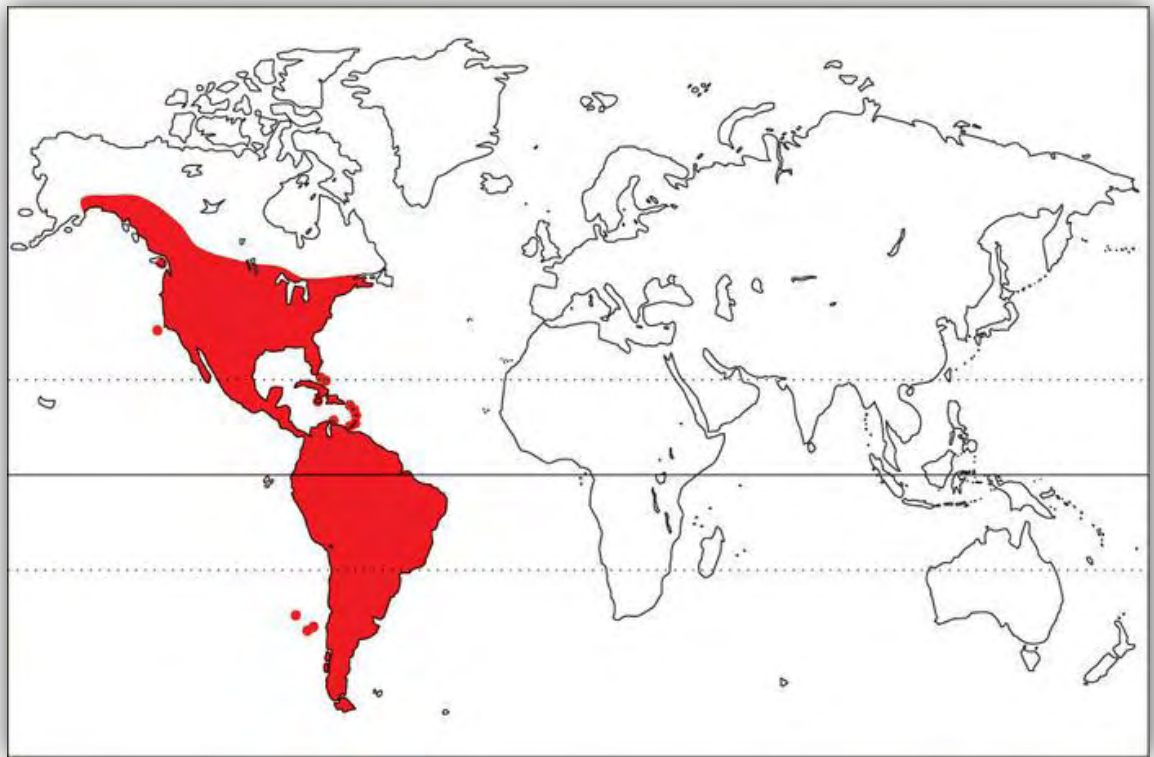


Figura 5. Distribución Mundial de la familia Trochilidae.

[http://ibc.lynxeds.com/files/imagecache/family\\_enlarge/trochilidae.jpg](http://ibc.lynxeds.com/files/imagecache/family_enlarge/trochilidae.jpg) (Consultado  
Febrero de 2014)

La familia Trochilidae es uno de los mayores modelos a investigar en biogeografía, por su alta diversidad de especies y su historia ligada a la biogeografía Andina. Cabe resaltar que Nariño posee, aproximadamente, un 60% de los colibríes de Colombia y un 38% de los colibríes de Sur América (Calderón *et al.*, 2011).



#### 4. ANTECEDENTES

El uso de los SIG en los estudios sobre la distribución actual de especies para intentar predecir hábitat potenciales y áreas prioritarias para la conservación, algunos autores han observado que estos sistemas pueden ser un instrumento útil para crear mapas de distribución y hábitat potencial, abundancia y riqueza de especies, así como para la fácil y rápida detección, evaluación y manejo de especies invasivas, y para determinar procesos como la dispersión, adaptación, competencia, sucesión, presiones provocadas por incendios y pastoreo, entre otras (Peterson, 2001).

Los SIG proporcionan las herramientas que permiten medir fácilmente variables bioclimáticas que están disponibles en formato digital para cualquier punto donde se ha examinado la distribución de una especie. Estas variables se pueden probar estadísticamente como predictores potenciales de la distribución de una especie dada. Con los resultados de los modelos estadísticos y con la ayuda de un SIG, se pueden generar mapas predictivos de la distribución de la especie, siempre y cuando se tengan mapas digitales de los predictores en el área de estudio (Rico-Alcázar *et al.*, 2001). Así también, los modelos de nicho ecológico son creados en un SIG o pueden ser desplegados en ellos para dar una representación visual de la cobertura ambiental y el hábitat potencial o la abundancia (Holcombe *et al.*, 2007).

Investigaciones representativas como la de Chen & Peterson (2002) en China, donde desarrollaron modelos de distribución de 90 especies de aves amenazadas en China, se utilizaron algoritmos heurísticos como el GARP y el MAXENT para priorizar áreas para la conservación. La selección de áreas basadas en píxeles, priorizaron 20 áreas de protección que abarca todas las especies analizadas. Las áreas de conservación seleccionadas para las especies en peligro se basa en el sistema de reservas de biosfera existentes y que incluyen sólo 37-62 especies en once reservas, dejando 28-53 especies sin protección.

Chefaoui *et al.*, (2004) en España, obtuvieron distribuciones de dos especies del genero *Copris* (Scarabaeidae); estas distribuciones potenciales de ambas especies se utilizaron para ejemplificar la utilidad de este tipo de metodologías en la conservación, así como su capacidad para describir la simpatria potencial entre dos o más especies. Ambas especies, distribuidas a lo largo de un gradiente de condiciones ambientales en el Mediterráneo hasta los Alpes, se superponen en zonas de temperaturas moderadas y precipitaciones medias. Se concluye que el género *Copris* están mal conservado en la red existente de sitios protegidos en España, siendo este trabajo útil para la obtención de áreas prioritarias para la conservación.

Toribio & Peterson (2008) en México, desarrollaron modelos de nicho ecológico y predijeron la distribución geográfica de 89 especies de aves ecológicamente restringidas a los bosques tropicales de México, se utilizaron algoritmos heurísticos de complementariedad para identificar las áreas prioritarias para la conservación. El

principal resultado se centró en una sola región contigua del norte de Chiapas como un área clave para todas las especies, esta gran área se compone de tres zonas altamente complementarias.

Brito *et al.*, (2009) en el Norte de África especialmente en el desierto del Sahara, trabajaron en estudios de planificación de conservación a partir de modelos de Máxima Entropía de las cinco especies de cánidos presentes en esta área. Este estudio identificó los patrones biogeográficos en el norte de África de estos cánidos a través de la combinación de datos de alta resolución presencia con 16 factores ambientales. Los modelos predictivos entrenados en el noroeste de África se prevé que todo el norte de África. Los hábitats adecuados para los cánidos norteafricanos son en su mayoría fragmentados, las áreas de simpatria entre las especies con potencial de nichos similares y rangos parapátricos se identifican a lo largo de las bandas relativamente estrechas. Este estudio permite la identificación de refugios adecuados para especies de otra manera ausentes en hábitats más secos del Sahara, proporcionando datos de referencia para la definición del estado de conservación mundial y las estrategias de conservación para el gremio.

Young (2007) plantea una amplia contribución para la conservación, mapeado la distribución de plantas y animales endémicos en las laderas de los Andes que están por debajo de la línea de bosque en Perú y Bolivia. Utilizando Maxent como método inductivo para hacer los modelos predictivos de la distribución. Estos modelos de distribución facilitaron la predicción de las distribuciones incluso en áreas en las que no se han realizado estudios de campo, evitando así, hasta cierto punto, el prejuicio

causado por una distribución dispareja de los esfuerzos de recolección. Se concluyó que los grupos taxonómicos focales presentaron doce áreas de endemismo en las que al menos un grupo mostró su punto más alto. Las cordilleras cercanas a La Paz, Bolivia, tuvieron el mayor endemismo de diversos grupos taxonómicos. Ocho grupos de plantas así como las aves y los mamíferos presentan allí concentraciones de especies endémicas. Las áreas protegidas nacionales cubren al menos porciones de nueve de las doce áreas de endemismo. Sin embargo, grandes segmentos de las áreas de endemismo identificadas en el análisis, están desprotegidas a nivel nacional.

Investigaciones representativas como la de Calixto (2009) en México, quien determinó a partir del modelamiento de nicho ecológico de 13 especies de aves, con algún criterio de amenaza o incluidas dentro de algún IBA, áreas importantes para la conservación de las aves (AICA) en donde solo el 20% de las distribuciones de las 13 especies analizadas están en algún AICA; lo que implica que nueve especies tienen una alta amenaza de extinción y cuatro una amenaza media, esto causado no solo por factores antrópicos sino también por sus distribuciones restringidas y sensibilidad a los cambios de hábitat.

Finalmente Flórez (2012) en la cuenca del Río Guiza en Nariño, Colombia, Reporta por primera vez mapas de distribución regional de 14 especies amenazadas (CR, EN, VU) de la vertiente pacífica del suroccidente de Colombia. Un total de 595 especies de aves agrupadas en 52 familias y 346 géneros registradas en tres localidades a 150, 1450 y 2200 msnm sobre la vertiente pacífica. Un total de 108 especies se incluyen

dentro de alguna categoría de importancia para la conservación de las aves AICA/IBA, de las cuales *A. bombus* y *S. isidori* son las especies con mayor distribución con 149.271 y 135.325 ha. Cuatro especies (*N. radiolosus*, *D. berlepschi*, *M. plumbeus*, *V. masteri*) presentan distribuciones inferiores a 22.896 ha. Tres especies han perdido 37.7% de habitat potencial (*D. berlepschi*, *O. melanonotus* y *V. masteri*) y *O. arremonops* ha perdido el 58.3% de su hábitat natural, clasificándola como la especie con mayor amenaza a nivel regional. (Figura 6).



## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Área de Estudio

El área de la Ecorregión Chocó-Darién se extiende desde Panamá hacia el oriente, continuando por la vertiente Pacífica de Colombia y del norte de Ecuador, hasta la provincia de Manabí, abarca toda la región desde el nivel del mar hasta la divisoria de aguas de los Andes Occidentales en Colombia y Ecuador, considerando desde el nivel del mar hasta más de 4000 m. Tiene una extensión aproximada de 19'639.125 Ha y según la división político-administrativa comprende: las provincias de Colón, Panamá, Darién, la Comarca de San Blas y las Islas del Rey en el territorio de Panamá. En Colombia la Ecorregión del Choco biogeográfico comprende las tierras por debajo de la cota de 800 metros en el flanco occidental de la cordillera occidental, esta unidad biogeográfica se extiende desde la provincia del Darién en la Comarca de San Blas en Panamá, hasta la provincia del Oro en Ecuador, en Colombia esta provincia abarca los departamentos de Choco, Valle del Cauca, Cauca y Nariño (Hernández-Camacho, 1992). En el territorio de Ecuador abarca las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Los Ríos, Bolívar, Cañar y Azuay. En Nariño esta Ecorregión comprende los municipios de

Barbacoas, El Charco, Francisco Pizarro, La Tola, Magüí (Payán), Mosquera, Olaya Herrera, Roberto Payán, Santa Bárbara y Tumaco. La vertiente Pacífica del Departamento de Nariño abarca, además de la Provincia biogeográfica del pacífico, algunos municipios de la provincia Andina, para un total de 21 municipios incluidos en la vertiente (ANEXO A), los cuales, algunos tienen los lugares a una altura cercana a los 4.700 m, el mapa de la vertiente pacífica de Nariño se observa en la figura 7.



Figura 7. Mapa de la Vertiente Pacífica de Nariño. Fuente: Google Earth, 2014. Kmz: Este Estudio.



## 5.2. Selección de Especies

Para el Departamento de Nariño se han registrado 92 especies de la familia Trochilidae representadas en 49 géneros (Calderón *et al.*, 2011). Para realizar los modelos de nicho se tuvo en cuenta las especies que presentasen al menos 25 puntos de registros. Los datos de distribución de las especies de aves seleccionadas se tomaron de las bases de datos de diferentes colecciones científicas como la del Museo de Historia Natural de la Universidad de Nariño (MHN-CZ) y de una base de datos compilada por la Asociación GAICA. Algunas de las fuentes de datos fueron obtenidas del Sistema Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF), el Sistema de Información Ornitológica (ORNIS), el Sistema de Información de Natureserve (InfoNatura) y el Sistema de Información del “The Cornell Lab of Ornithology and Neotropical Birds”. Se obtuvieron puntos geográficos de cada especie tomando en cuenta todos los distribuidos en la Ecorregión del Chocó-Darién incluyendo coordenadas de Colombia, Departamentos de Chocó, Valle, Cauca y Nariño; y de Ecuador, Provincias de Carchi, Esmeraldas y Manabí.

## 5.3. Modelos de Distribución

Para la generación de los modelos predictivos se utilizó el software MaxEnt v3.3.3k. Este software combina estadística, máxima entropía y métodos de estadística bayesiana para estimar las distribuciones de probabilidad de máxima entropía sujeto a

restricciones dadas por la información ambiental (Phillips *et al.*, 2006). En Maxent se obtuvieron 25 modelos con bootstrap para cada especie, se usó el 20% de los registros para la evaluación, sin extrapolación y clamping (Enganchamiento de Capas). Como criterio de evaluación de los modelos se tomó el área bajo la curva (AUC) de la gráfica de la característica operativa del receptor (ROC), por ser un estadístico frecuentemente usado para diagnosticar la robustez de los modelos (Barry & Elith, 2006; Peterson & Nakazawa, 2008).

Por lo general, se indica que un valor de AUC por encima de 0.7 señala un buen ajuste; un valor de 0.5, por otro lado, indica que la capacidad de predicción del modelo no es mejor que al azar (Hanley & McNeil, 1982). Los modelos promedios de especie fueron llevados a mapas binarios en ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008) empleando un umbral de corte conservador que minimiza la sobrepredicción (maximum training sensitivity plus specificity: MTSPS) al maximizar la proporción de positivos y negativos que son correctamente identificados (Liu *et al.*, 2005; Morán-Ordóñez *et al.*, 2012).

#### 5.4. Variables bioclimáticas

Las capas bioclimáticas están disponibles en línea, de la base de datos de WorldClim (<http://www.worldclim.org>), la cual se explica en detalle en Hijmans *et al.*, 2006. Esta base contiene datos climáticos que corresponde a capas climáticas globales, con una resolución de 1 km, obtenidas de la interpolación de los registros de las estaciones

climáticas de 1950-2000 procedentes de diversas fuentes a nivel global, regional, nacional y local, las variables bioclimáticas son 19 (Tabla 3).

Tabla 3. Variables Bioclimáticas. Fuente: [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)

CONVENCION INTERNACIONAL	ABREVIACIÓN	VARIABLE BIOCLIMATICA
bio_1	TMA	Temperatura Media Anual
bio_2	RMD	Rango Medio Diario (promedio mensual: Tmax-Tmin)
bio_3	Ist	Isotermalidad
bio_4	EsT	Estacionalidad de la Temperatura
bio_5	TmaxMC	Temperatura máxima del Mes más Caliente
bio_6	TminMF	Temperatura mínima del mes más frío
bio_7	RAT	Rango anual de temperatura
bio_8	TpromCll	Temperatura promedio del cuarto más lluvioso
bio_9	TpromCsec	Temperatura promedio del cuarto más seco
bio_10	TpromCC	Temperatura promedio del cuarto más cálido
bio_11	TpromCF	Temperatura promedio del cuarto más frío

bio_12	PpA	Precipitación anual
bio_13	PpMH	Precipitación del mes más húmedo
bio_14	PpMS	Precipitación del mes más seco
bio_15	EsPp	Estacionalidad de la precipitación
bio_16	PpCII	Precipitación del cuarto más lluvioso
bio_17	PpCS	Precipitación del cuarto más seco
bio_18	PpCC	Precipitación del cuarto más cálido
bio_19	PpCF	Precipitación del cuarto más frío

Las 19 Variables bioclimáticas fueron creadas por Hijmans *et al.*, 2005, utilizando las Temperaturas mínimas y máximas mensuales y grillas de precipitación; los datos de temperatura se encuentran en unidades ° C multiplicados por 10, esto permite almacenar los datos como valores enteros, con 0,1 ° C de precisión, que es más eficiente que el almacenamiento de datos como valores reales, los valores de precipitación están dados en números enteros, estos datos están en unidades de mm (Hijmans *et al.*, 2005), el comportamiento y la representación de las variables bioclimáticas están reportadas en el Anexo B.

### 5.5. Validación de los modelos

Antes de correr el programa se utiliza la herramienta “random test porcentaje” al 25% indicando que guarde un 25% de los puntos de muestreo, elegidos al azar, para realizar un test final sobre el modelo. Esto permite al programa hacer algunos análisis

estadísticos simples. La mayoría del análisis se hace para definir un valor límite a la hora de hacer la predicción binaria, a partir del cual las condiciones bioclimáticas predichas para la especie se consideran favorables. Figura 8.

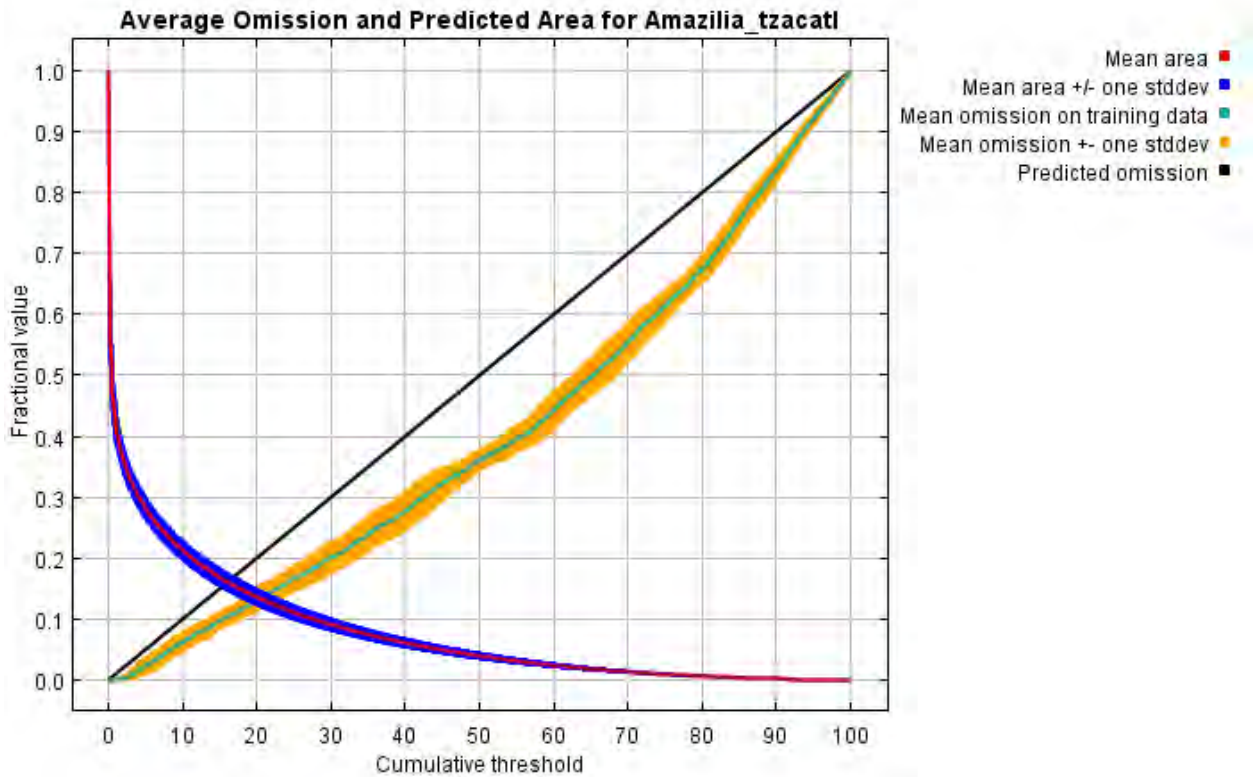


Figura 8. Omisiones calculadas a partir de los puntos de entrenamiento y los de test, y el área predicha. Fuente: Esta Investigación.

Según lo anterior se observa como la omisión, definida como una subpredicción del modelo, en los puntos de test coincide muy bien con la tasa de omisión predicha, que se corresponde con la tasa de omisión para el test de la propia distribución de MaxEnt. Por definición del propio formato de resultados cumulativos la tasa de

omisión predicha es una línea recta. En algunas situaciones la línea del test de omisión cae por debajo de la línea de omisión predicha: una razón común para ello es que las muestras utilizadas para el test y las de entrenamiento no son independientes.

#### 5.6. Curvas ROC y AUC.

La curva operacional (curva ROC), del inglés Receiver Operating Characteristic para los dos grupos de datos, el de test y el de entrenamiento, así como el área por debajo de la curva ROC (AUC, del inglés Area Under the Curve), tiene un significado estadístico para el análisis de una distribución, Figura 9. Si se utiliza el mismo set de datos para el entrenamiento y el test, las líneas roja y azul serán idénticas. Si se divide el set de datos total en dos subconjuntos, uno para entrenar (datos de entrenamiento) y el otro para testar el modelo (datos para el test), lo normal es que la curva roja (AUC entrenamiento) aparezca por encima de la curva azul (AUC test). La curva roja (entrenamiento) representa el ajuste del modelo a los datos de muestreo. La curva azul (test) indica el grado de ajuste del modelo a los datos de test, y supone el test real del poder predictivo del modelo. La línea turquesa representa la línea esperada si el modelo no fuese mejor que “por azar”. Si la curva azul (test) cae por debajo de la línea turquesa, indica que el modelo es peor que si se hubiese hecho al azar. Por el contrario, cuanto más se aproxime la curva azul a la esquina superior izquierda, mejor es el modelo para predecir las presencias de los datos de test. Para una descripción más detallada sobre la estadística de AUC.

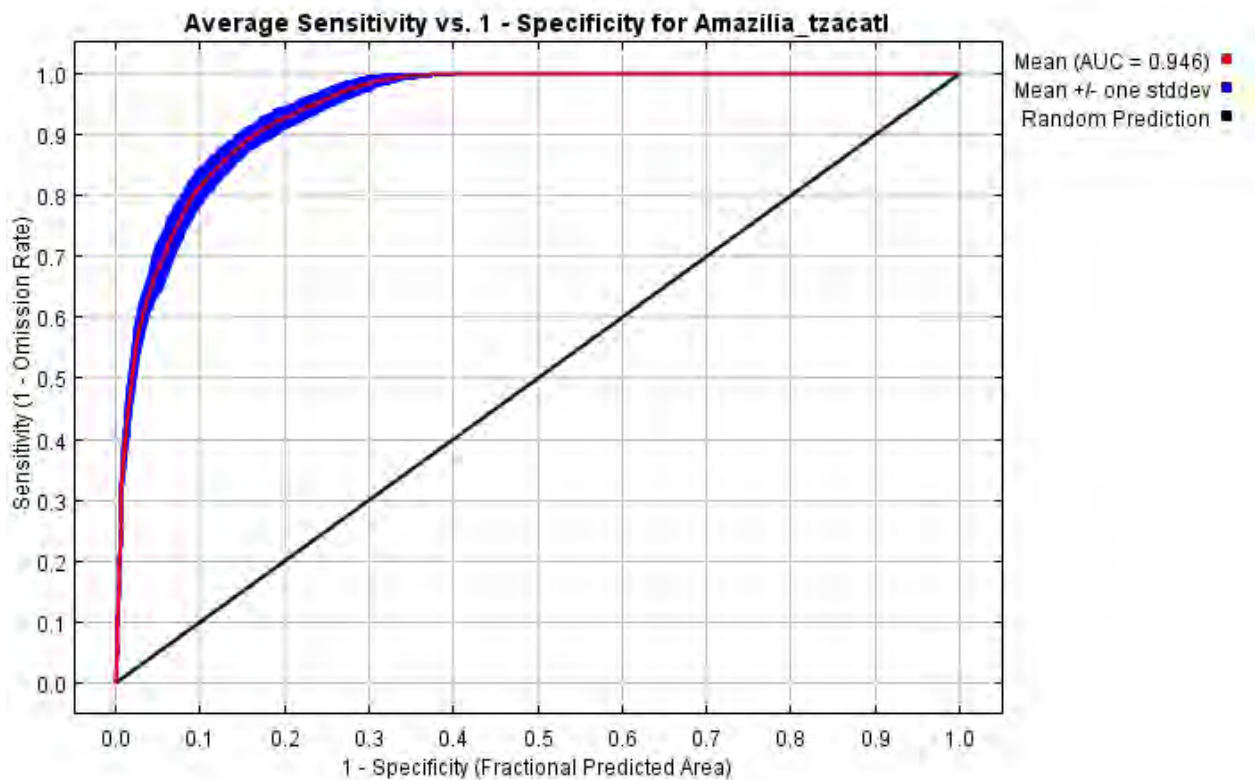


Figura 9. Curvas ROC y valor AUC de *Amazilia tzacatl* obtenidas a partir del modelamiento de nicho. Fuente: Esta investigación.

### 5.7. Análisis de contribución de variables.

Mientras que el modelo MaxEnt está siendo entrenado (con los datos de entrenamiento), se puede guardar un registro de cuáles son las variables bioclimáticas que están contribuyendo más al modelo final. En cada paso el algoritmo de MaxEnt aumenta la ganancia (gain) del modelo modificando el coeficiente para una sola variable. El programa asigna el incremento en el gain a las variables bioclimáticas de las que depende la especie.

Los porcentajes de contribución son sólo valores definidos que dependen de la forma particular en que el código de MaxEnt se aproxima a la solución óptima, y distintos algoritmos podrían alcanzar el mismo resultado por distintas rutas, resultando otros valores de contribución. Cuando las variables bioclimáticas están muy correlacionadas entre sí, el porcentaje de contribución se interpreta de manera más detallada. Para obtener estimaciones alternativas de qué variables contribuyen mayormente al modelo, se realiza un test de Jack-knife. Figura 10

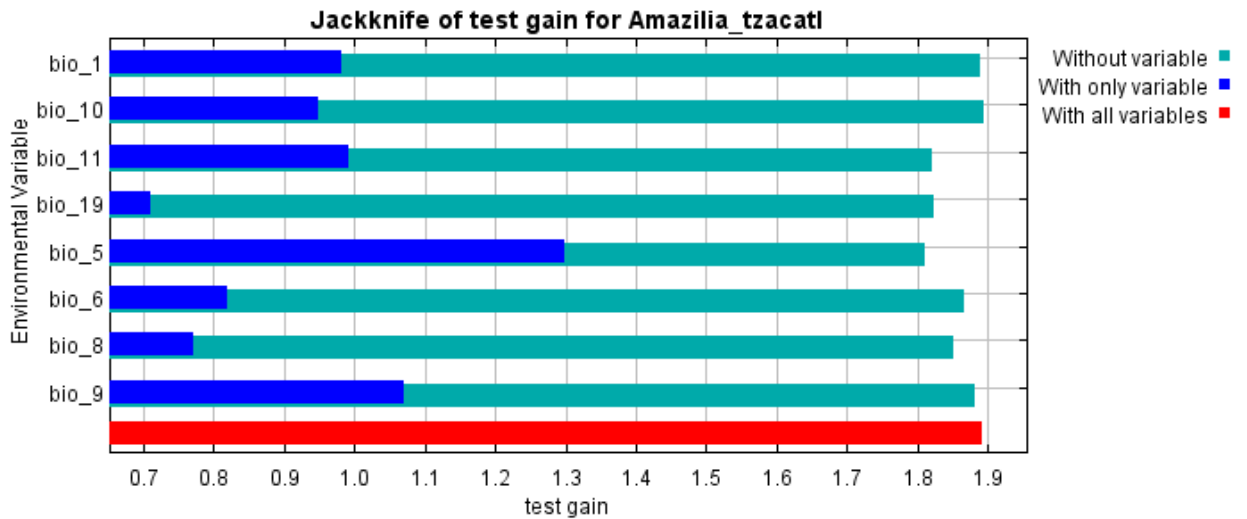


Figura 10. Análisis de contribución de variables mediante un test de Jackknife para *Amazilia tzacatl*. Fuente: Esta investigación.



## 5.8. Obtención de áreas de distribución.

Para obtener las áreas de distribución se unen las capas superpuestas, la cual combina características geográficas y las tablas de atributos en una nueva capa. Este tipo de análisis espacial se utiliza para asignar la presencia o ausencia de las especies y así obtener un mapa de distribución potencial más conservador de cada una de las especies. Primero, se une la capa de los puntos de muestreo y el grid de la distribución potencial que tiene valores de 0 a 1. En segundo lugar, se utiliza la herramienta Get grid value que arroja el valor del grid (0 al 1) que tiene cada punto de muestreo. En tercer lugar se cuenta el número de puntos de muestreo que hay para cada valor. Se considera el rango de presencia (1) a partir del valor donde se tiene el 90% de los puntos de muestreo. Posteriormente, se realiza una reclasificación binaria del mapa de distribución potencial (valores de 0 a 1), para lo cual se utiliza la herramienta Reclassify de Spatial Analyst, empleando un umbral de corte conservador que minimiza la sobrepredicción (maximum training sensitivity plus specificity: MTSPS) al maximizar la proporción de positivos y negativos que son correctamente identificados (Liu *et al.*, 2005; Morán-Ordóñez *et al.*, 2012). El nuevo mapa que se genera posee valores de 0 y 1, en donde los valores de 0 son áreas en donde la especie está ausente y 1 significa la presencia de la especie en esas áreas.

Para obtener las áreas de mayor solapamiento se realiza una sobreposición de capas de distribuciones geográficas. Para lo cual, se toma el mapa de distribución potencial

de las especies (raster) y se realiza una sumatoria de raster con la herramienta Spatial Analyst/ Raster Calculator, obteniendo un raster con valores de 0 a 1, donde 0 implica la no distribución de especies y 1 significa distribución de al menos una especie.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Patrones de distribución geográfica de colibríes en la Vertiente Pacífica del Departamento de Nariño

#### 6.1.1. Selección de Especies

La familia Trochilidae, en Nariño, está representada por 92 especies de las cuales 39 se distribuyen hacia la vertiente pacífica del departamento (Calderón *et al.*, 2011). Para este estudio se tomaron en cuenta 28 especies, las cuales tenían datos de georreferenciación de más de 25 localidades diferentes en la Ecorregión, se obtuvieron 4436 registros los cuales 1268 están en Nariño (ANEXO C).

#### 6.1.2. Construcción de modelos

Los modelos obtenidos para las 28 especies de colibríes presentaron un buen ajuste ya que los valores de AUC, obtenidos de los gráficos ROC, son mayores a 0.8 (ANEXO C). Los modelos se encuentran en un rango de AUC entre el 0.948 – 0.976, con un valor máximo de 0.992 y un valor mínimo atípico de 0.884, con un promedio de 0.955, un valor óptimo para la validación de los modelos (Fielding & Bell, 1997).

Los valores de AUC son similares a los obtenidos por Cuesta & Chiriboga (2010) en el estudio sobre modelos de cambio climático y distribución de especies de aves y plantas alto andinas, obteniendo un AUC de 0.90; SD=0.08 para aves y un AUC de 0.93; SD=0.07 para plantas. Cabe resaltar que solo un valor fue atípico dentro de los valores más centrales pero que ese valor de AUC=0.884 aún se considera como un buen resultado, este valor bajo pertenece a la especie *Phaethornis striigularis*, de la cual solo se obtuvieron 114 registros, lo que puede sesgar mucho los valores de AUC.

Para la validación adecuada de un modelamiento de nicho ecológico se utiliza un gráfico ROC que se obtiene trazando todos los valores de sensibilidad (verdaderos positivos) en el eje Y, en contra de su equivalente (1 - especificidad) o valores de (falsos positivos) sobre el eje X, figura 10. El área bajo la función de ROC (AUC) se toma generalmente como un índice importante porque proporciona una medida única de precisión que no es dependiente de un umbral en particular (Deleo, 1993). Los valores de AUC varían entre 0.5 y 1.0. Un valor de 0.8 para las AUC significa que el 80% de las veces se obtendrán presencias y un 20% de ausencias, lo que implica una aproximación más real del modelo (Deleo, 1993). Esto significa que el rango de valores de AUC obtenidos para las 28 especies de colibríes son valores óptimos para la validación de los modelos. Las gráficas ROC de las 28 especies se muestran como

ANEXO D.

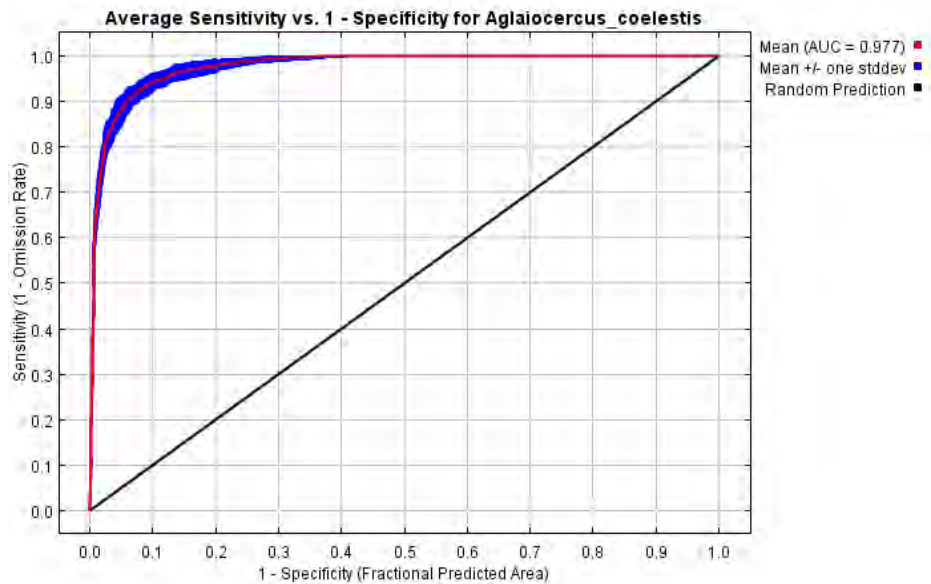


Figura 11. Grafica ROC y valor AUC con su desviación estándar para el modelo de la especie *Aglaiocercus coelestis*. Fuente: Esta investigación.

Actualmente la biología de la conservación, más que nunca, está utilizando datos geográficos de la biodiversidad para establecer prioridades para localizar áreas protegidas (Brooks *et al.* 2006). Datos acerca de especies endémicas, en peligro, focales o sombrilla son claves para los análisis de áreas protegidas. El uso de herramientas informáticas como los SIG y algoritmos de predicción, son instrumentos fundamentales para la conservación y manejo de especies, no solo hablando de especies amenazadas, si no también detectando especies invasoras, o también el uso para determinar los procesos de dispersión, adaptación, competencia, sucesión, presiones antrópicas, entre otros (Calixto, 2009).

### 6.1.3. Análisis espacial.

Las áreas de distribución para las 28 especies de colibríes en la vertiente Pacífica de Nariño, varían desde los 19671 Km<sup>2</sup>, especies con una gran distribución, hasta 974 Km<sup>2</sup>, especies con rangos limitados de distribución; siendo *Phaethornis striigularis* la especie con mayor área de distribución y *Lesbia victoriae* la especie con menor área de distribución. Figura 12.

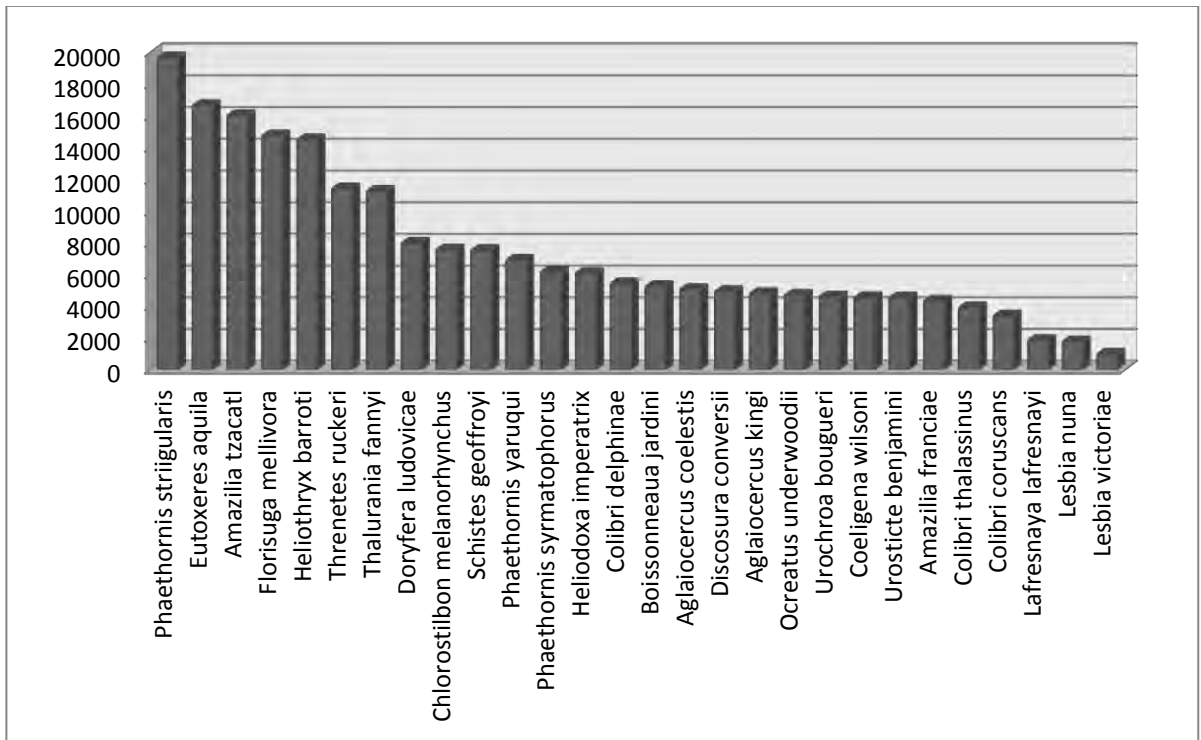


Figura 12. Valores de las áreas de Distribución de las 28 especies de colibríes en la vertiente Pacífica de Nariño.

Las especies que poseen una mayor área de distribución son especies como *Phaethornis striigularis*, *Eutoxeres aquila*, *Amazilia tzacatl*; tienen distribuciones muy amplias en el neotrópico, algunos desde México hasta el sur de Ecuador, un rango altitudinal desde los 0 m hasta los 2500 m, también son muy tolerantes a la presencia humana, frecuentes en áreas no boscosas como matorrales, cultivos o jardines (Gutiérrez *et al.*, 2004).

*Lafresnaya lafresnayi*, *Lesbia nuna* y *Lesbia victoriae*, son las especies que menor área de distribución obtuvieron, esto es debido a que son especies andinas que se distribuyen desde los 2500 m hasta los 4000 m, por lo cual son especies que llegan a distribuirse en las partes más altas de la vertiente pacífica, ocupando menos de 2000 Km<sup>2</sup> de la vertiente pacífica de Nariño y específicamente ubicándose en los lugares de mayor altura del área de estudio.

Las 22 especies que se encuentran entre los 14000 Km<sup>2</sup> y los 4000 Km<sup>2</sup>, son aquellas que tienen rangos de distribución latitudinal y altitudinal mucho menores y se concentran en el piedemonte Pacífico entre los 600 m.s.n.m. y los 1800 m.s.n.m. (Tabla 4), la mayoría de estas especies solo se encuentran en bosques secundarios y bosques conservados, rara vez se los puede observar en áreas abiertas (Gutiérrez *et al.*, 2004).

La diversidad de aves y especialmente de colibríes, de la región pacífica de Nariño está relacionada con la diversidad y endemismo de plantas (Gentry, 2001); la mayoría de estas dependen de los colibríes para su reproducción e igualmente las

plantas son fundamentales para los colibríes ya que estos dependen de su néctar (Gutiérrez, 2004).

Las variables bioclimáticas explican parte de las distribuciones de la biodiversidad en el mundo, sin embargo son parte fundamental de su nicho ecológico y muchas veces determinan donde estar y donde no; los 28 colibríes se ven afectados de manera muy similar por las variables bioclimáticas, siendo las distintas variables provenientes de la temperatura (Temperatura Media Anual, Temperatura promedio del cuarto más cálido, Temperatura promedio del cuarto más frío, Temperatura máxima del mes más caliente, Temperatura mínima del mes más frío y Temperatura promedio del cuarto más seco), las que influyen más en los modelos y las distribuciones (figura 13). Los hábitats de la vertiente pacífica se caracterizan por poseer grados de humedad altos, producidos por masas de aire provenientes del océano Pacífico y las temperaturas varían entre los 18 y 24°C; a diferencia de otras zonas como la andina donde la temperatura media es de 12°C y la humedad disminuye proporcionalmente a la altitud (IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI, 2011). Estas características climáticas son definitivas para las distribuciones de los colibríes y llegan a definir el endemismo de muchas de las especies. Los modelos de la distribución geográfica de las 28 especies seleccionadas se muestran en el Anexo F, al igual que los gráficos de omisión y los test de Jackknife.



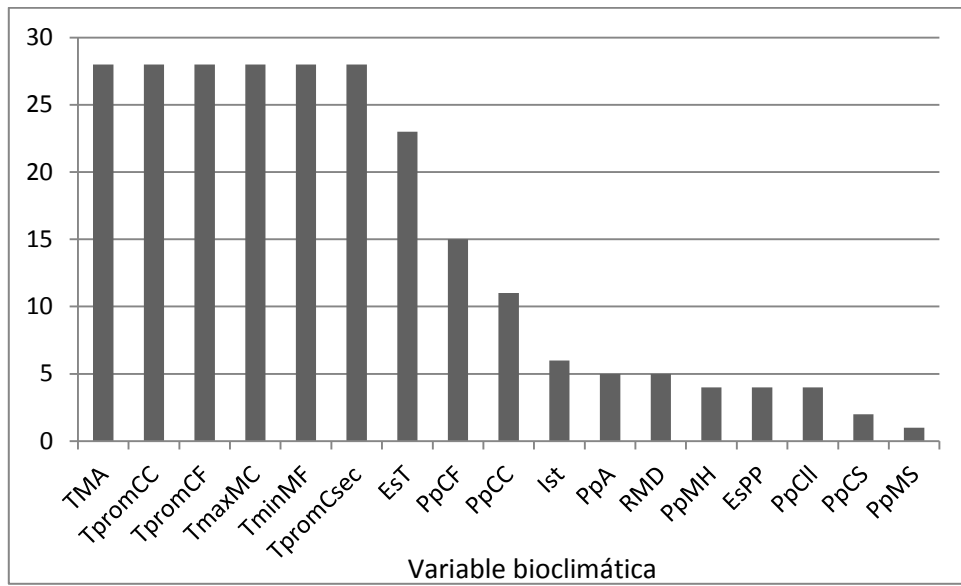


Figura 13. Contribución de variables bioclimáticas a los modelos y las distribuciones de las 28 especies de colibríes. Fuente: Esta investigación.

Tabla 4. Variables Bioclimáticas más influyentes en la modelación de cada especie de colibrí, se representa además el área de distribución obtenida y el rango altitudinal de cada especie.

ESPECIE	VARIABLES BIOCLIMATICAS																			área de distribución (Km <sup>2</sup> )	rango de distribución altitudinal (m.s.n.m.)
	bio_1	bio_2	bio_3	bio_4	bio_5	bio_6	bio_7	bio_8	bio_9	bio_10	bio_11	bio_12	bio_13	bio_14	bio_15	bio_16	bio_17	bio_18	bio_19		
	TM A	RM D	Ist	Es T	Tmax MC	Tmin MF	RA T	Tprom Cll	Tprom Csec	Tprom CC	Tprom CF	PpA	PpM H	PpM S	EsP p	PpC ll	PpC S	PpC C	PpC F		
<i>Agelaiocercus coelestis</i>	X			X	X	X		X	X	X	X							X	X	5066	300-2100
<i>Agelaiocercus kingi</i>	X			X	X	X		X	X	X	X									4793	1400-3000
<i>Amazilia franciae</i>	X			X	X	X		X	X	X	X								X	4327	600-2100
<i>Amazilia tzacatl</i>	X				X	X		X	X	X	X								X	16031	0-2500
<i>Boissonneaua jardini</i>	X			X	X	X		X	X	X	X							X	X	5242	350-2200
<i>Chlorostilbon melanorhynchus</i>	X			X	X	X		X	X	X	X									7563	350-2200
<i>Coeligena wilsoni</i>	X		X	X	X	X		X	X	X	X							X	X	4540	700-1900
<i>Colibri coruscans</i>	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X			X			X	3384	2100-3100
<i>Colibri delphinae</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X									5430	900-2800
<i>Colibri thalassinus</i>	X				X	X		X	X	X	X								X	3910	600-2800
<i>Discosura conversii</i>	X				X	X		X	X	X	X				X			X	X	4930	0-1000
<i>Doryfera ludovicae</i>	X			X	X	X		X	X	X	X									7990	1400-2700
<i>Eutoxeres aquila</i>	X		X	X	X	X		X	X	X	X				X				X	16658	1200-1400
<i>Florisuga mellivora</i>	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X								14755	0-1500
<i>Heliodoxa imperatrix</i>	X			X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	6074	1200-1800

<i>Heliathryx barroti</i>	X				X	X			X	X	X				X			X	X	14510	500-1100
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	X			X	X	X		X	X	X	X	X			X				X	1847	1500-3700
<i>Lesbia nuna</i>	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X			X	1754	2200-2800
<i>Lesbia victoriae</i>	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X			X	974	2600-4000
<i>Ocreatus underwoodii</i>	X			X	X	X		X	X	X	X									4689	1600-2200
<i>Phaethornis striigularis</i>	X				X	X		X	X	X	X									19671	0-1800
<i>Phaethornis symmatophorus</i>	X			X	X	X		X	X	X	X									6181	800-2400
<i>Phaethornis aruqui</i>	X	X		X	X	X		X	X	X	X							X		6908	0-1500
<i>Schistes geoffroyi</i>	X			X	X	X		X	X	X	X									7528	900-2500
<i>Thalurania fannyi</i>	X			X	X	X		X	X	X	X							X		11263	800-1900
<i>Threnetes ruckeri</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X							X		11421	0-1200
<i>Urochroa bougueri</i>	X			X	X	X		X	X	X	X							X		4593	1500-2800
<i>Urosticte benjamini</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X				X			X	X	4522	700-1600

## 6.2. ÁREAS POTENCIALES PARA LA CONSERVACIÓN EN EL PACIFICO NARIÑENSE

El departamento de Nariño tiene 33265 km<sup>2</sup> (Delgado et al. 2007) y las áreas obtenidas a partir de la sumatoria de las distribuciones de los colibríes es de 14551 km<sup>2</sup>; es decir, cerca del 45% del territorio del departamento que se puede considerar como de importancia potencial para la conservación. Esta área abarca todas las distribuciones de los 28 colibríes analizados en este estudio e incluyen otros que no fueron considerados en este trabajo. La segunda área de importancia para la conservación de colibríes es una propuesta de 6800 km<sup>2</sup> o 20% de Nariño, que incluye la mayoría de las distribuciones de los colibríes analizados (Figura 14), en esta segunda área propuesta se distribuyen 11 especies de colibríes que por requerimientos metodológicos no fueron consideradas para los análisis del presente estudio, sin embargo se encuentran dentro de esta área, estos 11 colibríes son fundamentales para el área ya que tres de ellos tienen criterios de amenaza nacional e internacional, por otra parte otras tres especies diferentes realizan migraciones altitudinales y/o locales.

La identificación de áreas como la obtenida en esta investigación se ven apoyadas por el estudio de Flórez (2012) en la cuenca del Río Güiza; este autor, en un área de 240.000 Ha, registró 596 especies de aves, equivalente a 32.5% de las especies de Colombia y al 56.6% de las registradas en Nariño, de las cuales 62 especies son

Colibríes. Flórez (2012) menciona que la cuenca del Río Güiza es una de las regiones de mayor importancia para la conservación, ya que se encuentra cerca del 57% de las aves de Nariño; las áreas obtenidas a partir de las distribuciones de colibríes sostienen esta afirmación aunque el área propuesta es aún mayor, lo que albergaría un mayor número de especies de Fauna y Flora protegidas.

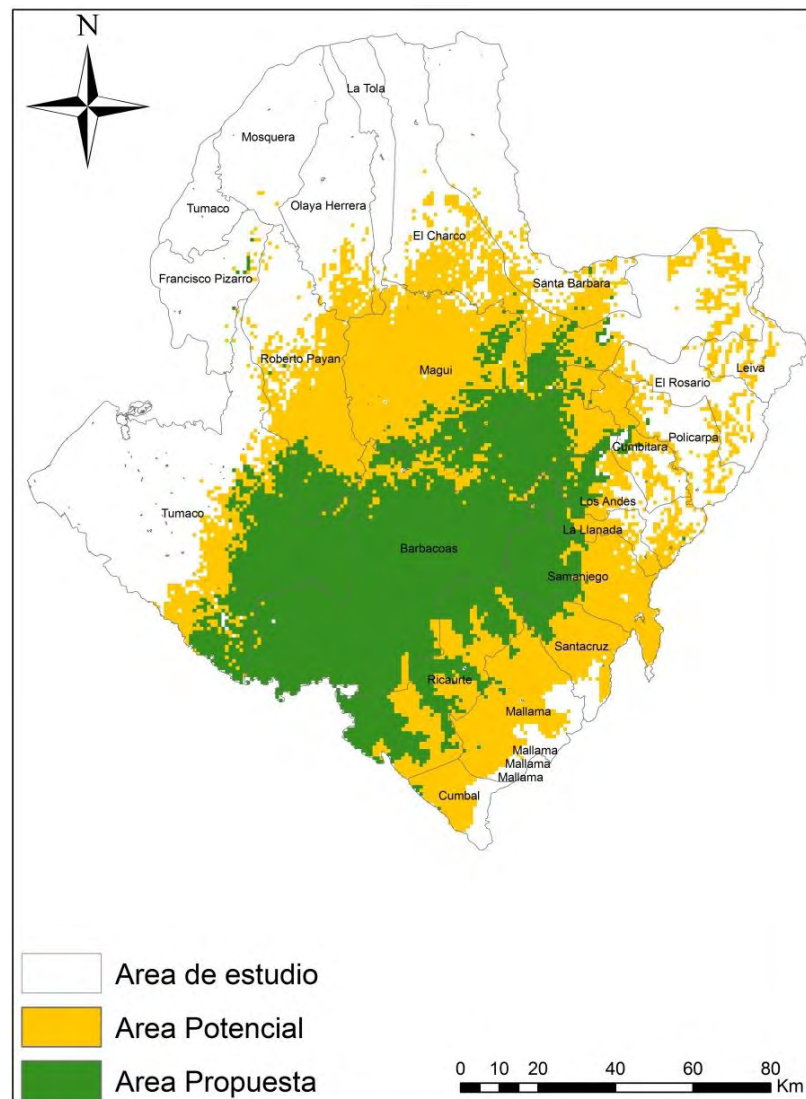


Figura 14. Mapa de las áreas obtenidas a partir de la sumatoria de distribuciones de los colibríes analizados, el área de color amarillo es potencial o ideal, el área de color verde es la propuesta de conservación.

Nariño solo posee cinco áreas protegidas de carácter nacional de las cuales tres se encuentran en la región andina (SFF Galeras, SFF Isla La Corota y PNN Doña Juana – Cascabel), una en la vertiente Amazónica (SF de Plantas Medicinales Orito Indi-Ande) y finalmente una sola área en el pacífico Nariñense (PNN Sanquianga). La falta de áreas de conservación en la vertiente pacífica de Nariño, es crítica para la biodiversidad no solo regional sino mundial. En la zona se localizan cinco áreas protegidas reconocidas por la Red Nacional de Reservas de la sociedad civil Biotopo Selva Húmeda (4 km<sup>2</sup>), Río Ñambí (10 km<sup>2</sup>) y la Reserva Natural de las Aves El Pangán (6 km<sup>2</sup>) (Vásquez & Serrano, 2009), las cuales son insuficientes para conservar la biodiversidad de la vertiente (Flórez, 2012). En el piedemonte pacífico de Nariño se reconocen dos reservas forestales protectoras como es Río Nembí y La Planada, con un área de 25 km<sup>2</sup> y 16 km<sup>2</sup> respectivamente. Por otro lado, en la zona costera está el Parque Nacional Natural Sanquianga con una extensión de 901 km<sup>2</sup> (Vásquez & Serrano, 2009), convirtiéndose en el área natural protegida de mayor extensión en el pacífico nariñense, Figura 15.

Vásquez & Serrano (2009) obtienen porcentajes de representatividad de áreas naturales protegidas por distritos biogeográficos, los distritos en los que se encuentra distribuida la vertiente pacífica de Nariño es el distrito de Tumaco, Barbacoas y Awa, en los cuales se obtuvo un porcentaje de 7.45%, 0% y 1.81% respectivamente. De acuerdo a los niveles de clasificación propuesto por Vásquez & Serrano (2009), la representatividad de áreas naturales de protección en el pacífico nariñense esta entre

crítica (menor al 2%) y deficiente (5 – 8%), siendo una de las zonas con el menor número de áreas protegidas de Colombia.

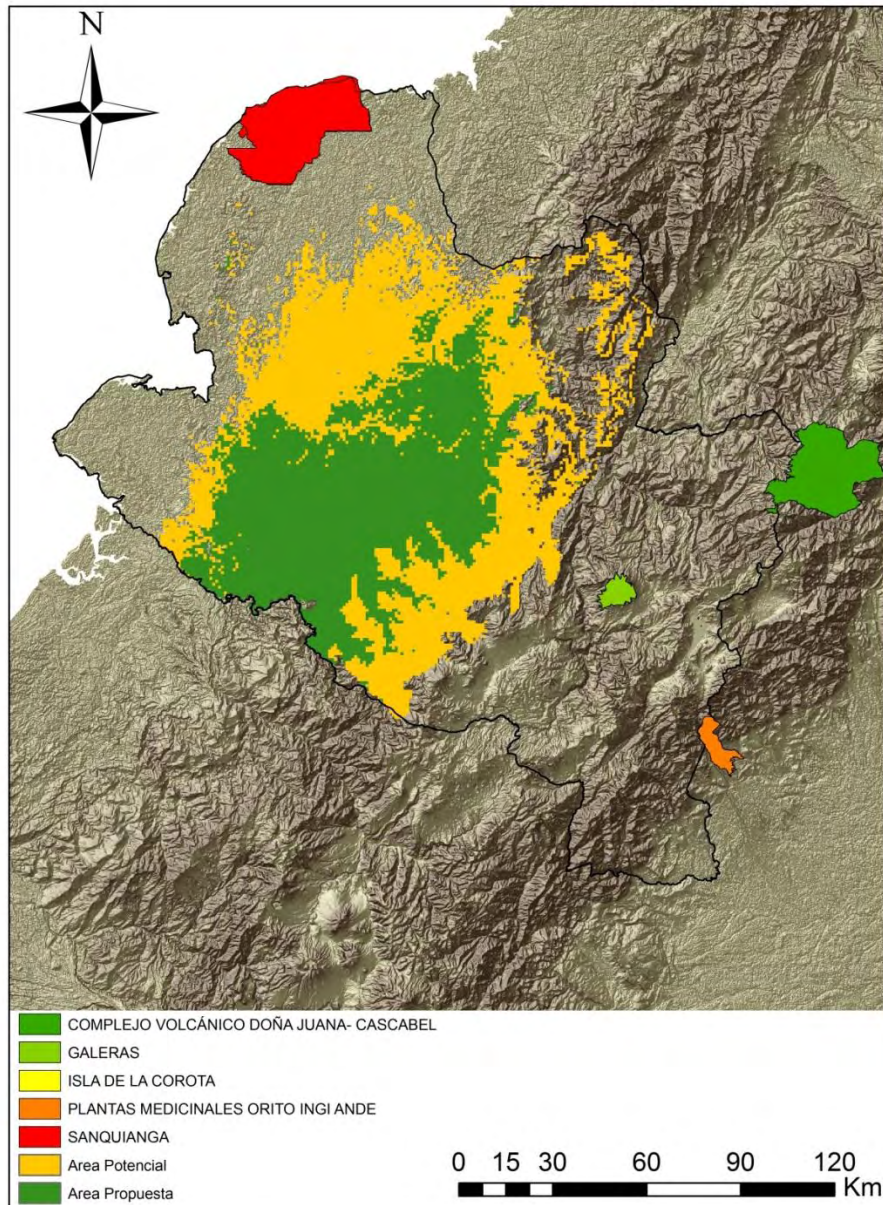


Figura 15. Áreas Naturales Protegidas por la Unidad Administrativa Especies de Parques Nacionales Naturales de Colombia (UAEPNN) en el departamento de Nariño.

El SINAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas) a través del decreto 2372 de Julio de 2010 plantea unos criterios para la designación de Áreas Protegidas en Colombia donde se incluyen cuatro criterios biofísicos, entre otros:

“a. Representatividad: Que el área propuesta incluya niveles de la biodiversidad no representados o insuficientemente representados en el sistema de áreas protegidas, de acuerdo a las metas de conservación definidas.

b. Irremplazabilidad: Que considere muestras únicas o poco comunes y remanentes de tipos de ecosistemas, que por causas debidas a procesos de transformación o por su singularidad, no se repiten dentro de unidades espacialesde análisis de carácter superior como biomas o unidades biogeográficas.

c. Integridad ecológica: Que el área propuesta permita mantener la integridad ecológica, garantizando la dinámica natural de cambio de los atributos que caracterizan su biodiversidad.

d. Grado de amenaza: Que el área propuesta proteja poblaciones de especies consideradas en alguna categoría global o nacional de amenaza o que están catalogadas en esta condición a partir de un análisis regional o local.”

(Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, pág. 16)

El área propuesta por esta investigación cumplen con estos requisitos para ser un área protegida; sin embargo, particularmente, es el criterio del decreto 2372 de 2010 el que apoya en gran medida la creación de un área de protección en la vertiente pacífica



nariñense. El área obtenida se la catalogo en dos la primera denominada potencial es de 14551 Km<sup>2</sup>, al aplicar un umbral se obtuvo un área más reducida la cual se la llamo área propuesta o priorizada para la conservación de 6800 Km<sup>2</sup>, estas áreas se encuentran entre los 100 hasta los 3000 m.s.n.m., sin embargo la mayor aglomeración de distribuciones esta entre los 200 a 2000 m.s.n.m., el área menor o la llamada área propuesta incluye varios municipios de la vertiente pacifica, de los cuales cuatro poseen la mayor área potencial a conservar, Barbacoas (3268 Km<sup>2</sup>), Tumaco (1152 Km<sup>2</sup>), Ricaurte (804 Km<sup>2</sup>) y Samaniego (416 Km<sup>2</sup>) lo que al hacer la sumatoria, arroja un valor de 5640 Km<sup>2</sup> de área propuesta para la priorización de conservación, figura 16.

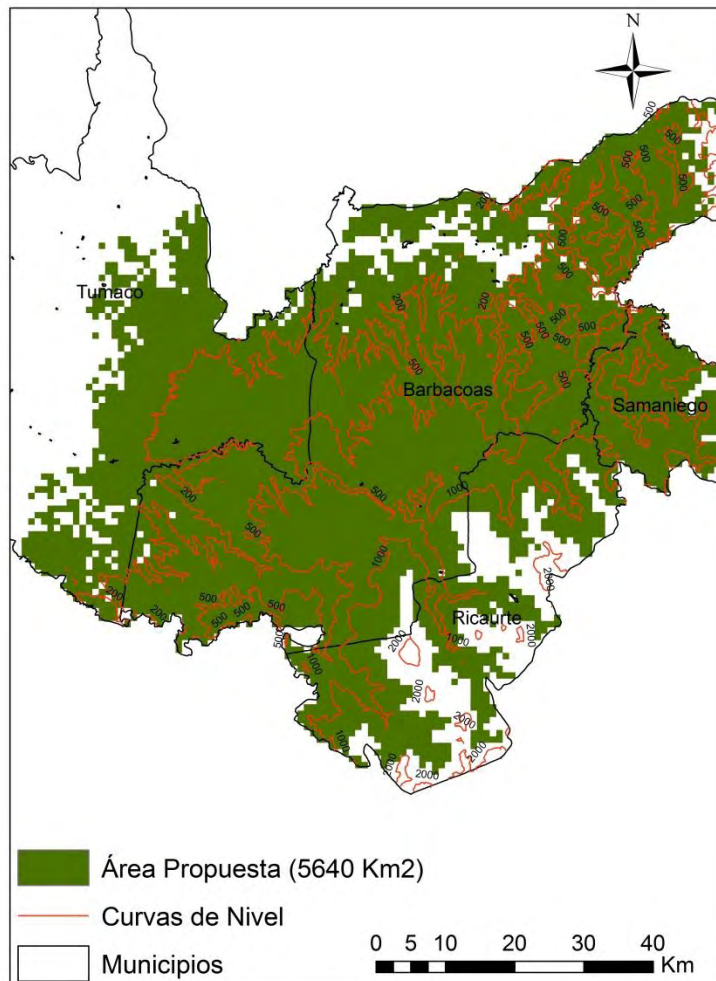


Figura 16. Municipios con mayor área propuesta para conservación.

Las áreas propuestas por Flórez (2102) y por esta investigación poseen especies con un alto grado de amenaza no solo a nivel nacional sino también en el ámbito mundial y además estas áreas propuestas y fundamentalmente las obtenidas en esta investigación albergan la mayoría de especies de aves casi endémicas de Colombia, donde solo se comparten con el norte del Ecuador.

Flórez (2012) obtiene 108 especies, distribuidas en la cuenca del Río Güiza, incluidas dentro de algún criterio de conservación AICA/IBA, de las cuales 14 se encuentran en riesgo mundial (ANEXO G). Por otro lado Castillo & Rosero (2012) reportan 40 especies dentro de los criterios AICA/IBA (ANEXO H); este estudio reporta seis colibríes dentro de los criterios antes mencionados, cabe resaltar que el número real de especies de la familia Trochilidae aumenta a 9 (ANEXO I), esto es debido a las especies que no obtuvieron los suficientes registros geográficos para ejecutar los modelos de distribución, pero que se distribuyen dentro de las propuestas de áreas de conservación de esta investigación.

La priorización de áreas para la conservación, como la obtenida en esta investigación, no solo son fundamentales para preservar especies de flora y fauna con riesgo de extinción, sino que también, tiene una gran importancia en el mantenimiento de los procesos evolutivos naturales como los reportados por Sedano & Burns (2010), quienes explican cómo los Andes del Norte y sobre todo la vertiente pacífica de Colombia es vital para la generación de nuevas especies en el pasado y en el futuro a una escala evolutiva.

El mantener interacciones ecológicas es fundamental para la dinámica y el equilibrio de los ecosistemas, en el caso de la vertiente pacífica de Nariño, al conservar áreas como la obtenida en este estudio o la propuesta por Flórez (2012), se mantendría en equilibrio la relación que existe entre la complejidad de hábitat, definida por la diversidad florística, la variabilidad de DAP, la distancia, la continuidad y la

cobertura de árboles; y la composición y estructura de comunidades de aves (Castillo & Rosero, 2012).

Al priorizar la conservación de áreas en la vertiente pacífica de Nariño, no solo protege la biota de la zona, sino que también tiene un gran impacto en la protección de ecosistemas importantes en la Ecorregión del Choco-Darién, que reflejan una variabilidad climática y por ende una gran diversidad de ecosistemas como los pantanos, ciénagas, manglares, sub paramos, pie de monte costero y bosques primarios (WWF, 2008).

La preservación de áreas en el Choco biogeográfico ayuda en la mitigación de las amenazas que sufre este hotspot, el cual empezó a sufrir grandes transformaciones de los paisajes naturales a partir de la segunda mitad del siglo XX, principalmente por la sustitución de ecosistemas boscosos por pasturas, cultivos industriales, cultivos ilícitos y el mejoramiento de la infraestructura vial y los procesos nacionales y transnacionales de integración económica (WWF, 2008)

En la Ecorregión del Choco-Darién, donde existen 260600 km<sup>2</sup> de vegetación primaria, 16471 km<sup>2</sup> de áreas protegidas, 9000 especies de plantas, 2250 plantas endémicas, 1625 especies de vertebrados y 418 especies de vertebrados endémicos, siendo uno de los hotspot priorizados para la conservación a nivel mundial, sin embargo es uno de los menos protegidos (Myers, 2000).

## CONCLUSIONES

- Esta investigación se la realizo teniendo en cuenta a los colibríes como modelos biológicos, sin embargo es fundamental que este mismo trabajo se lo realizara con otras especies que no solo sean aves sino también otros vertebrados, invertebrados y plantas.
- Los valores de AUC, para los 28 modelamiento de Nicho de las especies de colibríes seleccionadas, fueron muy relevantes ya que se distribuyen en un rango entre 0.948 – 0.976, valores que muestran una alta confiabilidad de los modelos.
- La distribución de los colibríes en la vertiente pacifica se asocia principalmente a las variables bioclimáticas derivadas de la Temperatura, de las cuales seis fueron las más influyentes en las distribuciones (Temperatura Media Anual, Temperatura promedio del cuarto más cálido, Temperatura promedio del cuarto más frío, Temperatura máxima del mes más caliente, Temperatura mínima del mes más frío y Temperatura promedio del cuarto más seco).
- El área propuesta amplia la potencialidad de la protección hacia alturas entre los 200 a 2000 metros o el denominado piedemonte pacifico hacia el occidente de Nariño.

- El área propuesta amplía la protección a ecosistemas estratégicos como los bosques montanos occidentales del norte de los Andes, Bosque húmedo de Chocó – Darién, Manglares sudamericanos del Pacífico y el bosque húmedo del occidente del Ecuador; que son pobremente representados en figuras de protección.
- En el área obtenida sobreviven 53 especies de aves con algún criterio de amenaza mundial o con algún criterio AICA, de las 14 especies están en estado CRITICO o VULNERABLE, lo que la convierte en una prioridad para la conservación.

## RECOMENDACIONES

- Esta investigación se vuelve una herramienta que sirve de ruta para la toma de decisiones con respecto a la conservación de especies amenazadas, endémicas, migratorias, ecosistemas estratégicos y comunidades indígenas, en el Departamento de Nariño.
- Es importante reconocer el área propuesta como candidata para la protección, reconocida nacionalmente o en el mejor de los casos promover un área natural protegida de orden BINACIONAL.
- Este ejercicio es replicable y recomendable para la obtención, proposición y priorización de más áreas de conservación en otras zonas del Departamento de Nariño y Colombia.

## BIBLIOGRAFIA

- BARRY, S. Y ELITH, J. 2006. Error and uncertainty in habitat models. *Journal of Applied Ecology*, 43(3), 413-423.
- BERGER, J. 1997. Population constraints associated with the use of black rhino as an umbrella species for desert herbivores. *Cons. Biol.* 11: 69-78.
- BRITO, J. C., ACOSTA, A., ÁLVARES, F., CUZIN, F., Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological – niche based models and GIS to North-African Canid. *Biological Conservation* 142 (2009) 3020-3029.
- BROOKS, T. M., R. A. MITTER MEIER, G. A. B. DA FONSECA, J. GERLACH, M. HOFFMANN, J. F. LAMOREUX, C. G. MITTER MEIER, J. D. PILGRIM Y A. S. L. RODRIGUES. 2006. Global biodiversityconservationpriorities. *Science* 313:58-61.
- CALDERÓN-LEYTÓN JOHN JAIRO, FLÓREZ PAÍ CRISTIAN, CABRERA-FINLEY ALEJANDRO Y ROSERO MORA YURI, Aves del departamento de Nariño, Colombia, *Biota Colombiana*, Volumen 12 Número 1 Enero - junio de 2011.



- CALIXTO, I., 2009. Aplicación de modelos de nicho ecológico como instrumento para predecir la distribución potencial de algunas especies de aves en las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's). FPC de la Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis Doctoral.
- CARO, T., 2003. Umbrellaspecies: critique and lessons from East Africa. *Anim. Cons.* 6: 171-181.
- CARO, T., ENGILIS, A., FITZHERBERT, E., GADNER, T., 2004. Preliminary assessment on the flagship species concept at a small scale. *Anim. Cons.* 7: 63-70.
- CARO, T., O'DOHERTY, G., 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Cons. Biol.* 13: 805-814.
- CASTAÑO-VILLA GABRIEL J., Áreas protegidas, criterios para su selección y problemáticas en su conservación, *Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural* Vol. 10, enero - diciembre, 2006, pags. 79-101
- CASTILLO, Y. V. & ROSERO, Y. 2012. Relación de la riqueza y diversidad de especies de aves con la heterogeneidad y complejidad de hábitat en tres ecosistemas tropicales de la costa pacífica nariñense, Colombia. Trabajo de Grado, Universidad de Nariño.
- CHASE, M. K., KRISTAN, W. B., LYNAM, A. J., PRICE, M. V. & ROTENBERRY, J. T., 2000. Single species as indicators of species richness

and composition in California Coastal sage scrub birds and small mammals. Conservation Biology, 14(2): 474-487.

CHEFAOUI, R. M., HORTAL, J., LOBO, J. M., 2005. Potential distribution modelling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian Copris species. Biological Conservation 122 (2005) 327-338

CHEN, G., PETERSON T., 2002, Prioritization of areas in China for the conservation of endangered birds using modelled geographical distributions. Bird Conservation International, 12:197-209. United Kingdom

CLUFF, D., PAQUET, P., 2003. Large carnivores as umbrellas for reserve design and selection in the North. Proc. Summary of the Canadian Council on Ecological Areas (CCEA) and Circumpolar Protected Areas Network (CPAN) Workshop. Canada.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), [www.cam.gov.co](http://www.cam.gov.co)

CRACRAFT J., 1985. Historical Biogeography and Patterns of Differentiation within the South American Avifauna: Areas of Endemism, Ornithological Monographs, No. 36, Neotropical Ornithology, pp. 49-84

CUESTA, F. & CHIRIBOGA C. 2010. Indicadores de evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad de los países de la comunidad andina. CONDESAN, IUCN, Comunidad Andina (Secretaría General).

DALERUM, F., SOMERS, M., KUNKEL, K., CAMERON, E., 2008. The potential for large carnivores to act as biodiversity surrogates in southern Africa. *Biodiv. Cons.* 17: 2939-2949.

DELEO, J. M. 1993. Receiver operating characteristic laboratory (ROCLAB): software for developing decision strategies that account for uncertainty . In: proceedings of the second international symposium on uncertainty modeling and analysis, pp. 318-25. College Park, MD: IEEE Computer Society Press.

DELGADO A., RUIZ S., ARÉVALO L., CASTILLO G., VILES N., CALDERÓN J., CAÑIZALES J., MUÑOZ Y., RAMOS R. (EDS). 2007. Plan de Acción en Biodiversidad del departamento de Nariño 2006 – 2030 - Propuesta Técnica. Corponariño, Gobernación de Nariño - Secretaría de Agricultura, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales - UAESPNN - Territorial Surandina, Universidad de Nariño, Universidad Mariana y Asociación para el Desarrollo Campesino. Pasto. 525 p.

ELITH J., PHILLIPS J. STEVEN, HASTIE TREVOR, DUDÍK MIROSLAV, CHEE EN YUNG AND YATES J. COLIN, 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists, *Diversity and Distributions*, (Diversity Distrib.) 17, 43–57

- ELITH, J., PHILLIPS, S. J., HASTIE, T., DUDÍK, M., CHEE, Y. E., & YATES, C. J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity Distribution* 17, 43-57.
- ESRI. 2008. ArcGis (v 9.3). Environmental Systems Research Institute Inc.
- FAVREAU, J., DREW, A., HESS, G., RUBINO, M., KOCH, F., ESCHELBACH, K., 2006. Recommendations for assessing the effectiveness of surrogate species approaches. *Biodiv. Cons.* 15: 3949-3969.
- FIELDING A. H. & BELL J. F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental conservation* 24 (1): 38-47. Foundation for Environmental Conservation.
- FLEISHMAN, E., MURPHY, D. D., BLAIR, R. B., 2001. Selecting effective umbrella species. *Cons. Biol. Pract.* 2: 17-23.
- FLÓREZ, P. C., 2012. Estado Actual de la Avifauna de la cuenca del Río Guiza en el suroccidente colombiano. Universidad de Nariño. Tesis de Grado
- FRANCO, A. M., DEVENISH, C., BARRERO, M. C. & ROMERO, M. H., 2009. Colombia. Pág. 135 –148 en C. Devenish, D. F. Díaz Fernández, R. P. Clay, I. Davidson & I. Yépez Zabala Eds. *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. Quito, Ecuador: BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16).

FundacionProAves (2009). Plan Para la Conservación de las aves migratorias en Colombia. *Conservación Colombiana* 11: 1-154

GENTRY, A. H. 2001. Patrones de diversidad y composición florística en los bosques de las montañas neotropicales. En bosques nublados del neotrópico. Eds. Kappelle, M. & A. D. Brown. Instituto Nacional de Biodiversidad INBio, Costa Rica.

GUTIÉRREZ – Z., A., CARRILLO, E. & ROJAS, S. Guía Ilustrada de los Colibríes de la Reserva Natural Río Ñambí, Bogotá; FPAA, FELCA, ECOTONO. 2004 Bogotá, Colombia.

HANLEY, J.A. Y MCNEIL, B.J. 1982. The meaning and use of the área under a Receiver Operating Characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143, 29-36.

HAYES, F. E., 1996. Seasonal and geographical variation in resident waterbird populations along the Paraguay river. *Hornero*, 14: 14-26.

HIJMANS R. J., S. CAMERON, J. PARRA, P. JONES, A. JARVIS Y K. RICHARDSON. 2006. World-Clim version 1.4. Museum of Vertebrate Zoology of the University of California, CIAT, and Rainforest CRC.<http://www.worldclim.org/>

HILTY, S. L. Y BROWN, W. L. 1986. A Guide to the Birds of Colombia. Princeton University Press, New Jersey.

HOLCOMBE T., T. J. STOHLGREN Y C. JARNEVICH. 2007. Invasive species management and research using GIS. En: Witmer, G. W., W. C. Pitt y K. A. Fagerstone (eds.). Managing Vertebrate Invasive Species: Proceedings of an International Symposium. National Wildlife Research Center, Fort Collins, CO. 108-114 p.p.

IAvH, IDEAM, IIAP, SINCHI, 2011. Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Renovables 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 384 p 2011.

InfoNatura: Animals and Ecosystems of Latin America [web application]. 2007. Version 5.0. Arlington, Virginia (USA): Nature Serve. Available: <http://www.natureserve.org/infonatura>. (Accessed: October 4, 2011).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Colombia.

Instituto Nacional de Parques (INPARQUES), PARQUES NACIONALES Y OTRAS ÁREAS PROTEGIDAS: INFORME NACIONAL 2007, VENEZUELA.

LAMBECK, R., 1997. Focal species: A multi-species umbrella for nature conservation. *Cons. Biol.* 11: 849-856.

- LANDRES, P. B., VERNER, J. & THOMAS, J. W., 1998.- Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology*, 2(4): 316-328.
- LIU, C., BERRY, P.M., DAWSON, T.P. Y PEARSON, R.G. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28, 385-393.
- LOMOLINO, M.V., SAX, D.F. Y BROWN, J., 2004. *Foundations of Biogeography Classic Papers with Commentaries*. Chicago The University of Chicago Press.
- MANCERO QUINTANA, S., ORTEGA PÉREZ, E., MARTÍN FERNÁNDEZ, L.; VALENTÍN CRIADO, A. C., 2009. *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental: ejercicios*. Madrid, España, los autores.
- MARTIKAINEN, P., KAILA, L., HAILA, Y., 1998. Threatened beetles in white-backed woodpecker habitats. *Cons. Biol.* 12: 293-301.
- MIKUSINSKI, G., GROMADZKI, M. & CHYLARECKI, P., 2001. Woodpeckers as indicators of forest bird diversity. *Conservation Biology*, 15(1): 208-217.
- Ministerio del Medio Ambiente. 1996. *Áreas de protección nacional*. Documento técnico. 32 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Decreto 2372 de Julio 1 de 2010. Colombia.

MORÁN-ORDOÑEZ, A. SUAREZ-SEOANE, S. ELITH, J. CALVO, L. Y DE LUIS, E. 2012. Satellite surface reflectance improves habitat distribution mapping: a case study on heath and shrub formations in the Cantabrian Mountains (NW Spain). *Diversity and Distributions*, 18, 588-602.

MUÑOZ, Y., A. CADENA, J.O. RANGEL-CH., 2000. Mamíferos. En: J.O. Rangel-Ch. (ed.). Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.

MYERS NORMAN, MITTERMEIER A. RUSSELL, MITTERMEIER CRISTINA G., DA FONSECA GUSTAVO A. B.& KENT JENNIFER, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities.

Naciones Unidas, Convenio sobre la diversidad biológica, 1992

NOSS, R., QUIGLEY, H., HORNOCKER, M., MERRILL, T., PAQUET, P., 1996. Conservation Biology and Carnivore Conservation in the Rocky Mountains. *Cons. Biol.* 10: 949-963.

OZAKI, K., ISONO, M., KAWAHARA, T., IIDA, S, KUDO, T, FUKUYAMA, K., 2006. A mechanistic approach to evaluation of umbrella species as conservation surrogates. *Cons. Biol.* 20: 1507-1515.

PETERSON A. TOWNSEND, 2001. Predicting species geographic distributions based on ecological niche modeling, *The Condor* 103:599–605



PETERSON A. TOWNSEND, BALL LISA G. & COHOON KEVIN P., Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods, *Ibis* (2002), 144 (on-line), E27–E32

PETERSON A.TOWNSEND, EGBERT L. STEPHEN, SANCHEZ-CORDERO VICTOR, PRICE KEVIN, 2000. Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Veracruz, Mexico, *Biological Conservation* 93, 85±94.

PETERSON, A. & NAKAZAWA, Y. 2008. Environmental data sets matter in ecological niche modelling: an example with *Solenopsisinvicta* and *Solenopsisrichteri*. *Global Ecology and Biogeography*, 17, 135-144.

PHILLIPS J. STEVEN, SCHAPIRE E. ROBERT AND MIROSLAV DUDÍK, 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling, *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, pages 655-662.

PHILLIPS STEVEN J., ANDERSON ROBERT P., SCHAPIRED ROBERT E., Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling* 190 (2006) 231–259

RANGEL, J. O. 2004.- Colombia Diversidad Biótica IV. El Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C.

- RAY, J., 2005. Large carnivorous animals as tools for conserving biodiversity: Assumptions and uncertainties. En Ray, J., Redford, K., Steneck, R., Berger, J., (Eds.) Large Carnivores and the Conservation of Biodiversity. Island Press. Washington DC, EEUU. pp. 34-56.
- REMSEN, J.V.JR., CADENA, C.D., JARAMILLO, A., NORES, M., PACHECO, J.F., PÉREZ-EMÁN, J., ROBBINS, M.B., STILES, F.G., STOTZ, D.F. & ZIMMER, K.J. 2011.- A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union.  
<http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>.
- RENJIFO, L. M., A. M. FRANCO, H. ÁLVAREZ-LÓPEZ, M. ÁLVAREZ, R. BORJA, J. E. BOTERO, S. CÓRDOBA, S. DE LA ZERDA, G. DIDIER, F. ESTELA, G. KATTAN, E. LONDOÑO, C. MÁRQUEZ, M. I. MONTENEGRO, C. MURCIA, J. V. RODRÍGUEZ, C. SAMPER Y W.H. WEBER. 2000. Estrategia nacional para la conservación de las aves de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. ISBN 958
- RESTALL, R., RODNER, C. & LENTINO, M. 2006. Birds of Northern South America: An Identification Guide. Volume 2: Plates and Maps. Yale University Press.
- RICO-ALCÁZAR L., J. A. MARTÍNEZ, S. MORÁN, J. R. NAVARRO Y D. RICO. 2001. Preferencias de hábitat del Águila azor Perdicera (*Hieraaetus fasciatus*) en Alicante (E de España) a dos escalas espaciales. Ardeola 48: 55–62.

- ROBERGER, J., ANGELSTAM, P., 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Cons. Biol.* 18: 76-85.
- ROMERO M., CABRERA E. ORTIZ N. 2008. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 181 p.
- SANDERSON, E.W., REDFORD, K.H., CHETKIEWICZ, C.L.B., MEDELLIN, R.A., RABINOWITZ, A.R., ROBINSON, J.G., TABER, A.B., 2002. Planning to save a species: the jaguar as a model. *Cons. Biol.* 16: 58-72.
- SEDANO R. E. & BURNS K. J. 2010. Are the northern Andes a species pump for Neotropical birds? Phylogenetics and biogeography of clade of Neotropical tanager (Aves: Thraupini). *Journal of Biogeography* 37, 325-343.
- SPECTOR, S., 2002. Biogeographic crossroads as priority areas for biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 16(6): 1480-1487.
- STATTERSFIELD A. J., CROSBY, M. J., LONG. A. J. & WEGE, D. C., 1998. Endemic bird areas of the world. Priorities for biodiversity conservation. Birdlife Conservation Series No. 7. The Burlington Press (Cambridge). 846 pp.
- SUTER, W., GRAF, R. F. & HESS, R., 2002. Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and avian biodiversity: testing the umbrella-species concept. *Conservation Biology*, 16(3): 778-788.

- TERRY R. 2000. EVOLUTION in the High Andes: The Phylogenetics of Muscisaxicola Ground-Tyrants. *Molecular Phylogenetics and Evolution* Vol. 15, No. 3, pp. 369–380.
- TORIBIO MONICA, PETERSON A. TOWNSEND., 2008. Prioritisation of Mexican lowland rain forests for conservation using modelled geographic distributions of birds, *Journal for Nature Conservation* 16, 109—116
- VÁSQUEZ-V., V. H. & M. A., SERRANO-G. 2009. Las Áreas Naturales Protegidas de Colombia. *Conservación Internacional-Colombia & Fundación Biocolombia*. Bogotá, Colombia. xv + 696 pp.
- WWF. 2008. Plan de acción del complejo ecorregional Chocó-Darién.
- YERENA, E., 1994. *Corredores Ecológicos en los Andes de Venezuela*. Editorial Torino, Caracas, Venezuela. 87 pp.
- YOUNG, B. 2007. *Distribucion de las especies endemicas en la vertiente oriental de los Andes en Peru y Bolivia*. NatureServe, Arlington, Virginia, EE UU.
- ZUNINO, M. Y ZULLINI, A. 2003. *Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución* (rev.téc. de Gonzalo Halffter). México: Fondo de Cultura Económica.