

1-1-2018

Distribución y riqueza espacial de colibríes con relación a coberturas y uso del suelo en la Región Andina

Alejandra González Moncada
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia>

Citación recomendada

González Moncada, A. (2018). Distribución y riqueza espacial de colibríes con relación a coberturas y uso del suelo en la Región Andina. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/47>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Escuela de Ciencias Básicas y Aplicadas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Biología by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**DISTRIBUCIÓN Y RIQUEZA ESPACIAL DE COLIBRÍES CON RELACIÓN A
COBERTURAS Y USO DEL SUELO EN LA REGIÓN ANDINA**

ALEJANDRA GONZÁLEZ MONCADA

**Universidad De La Salle
Departamento de Ciencias Básicas
Bogotá D.C., Colombia. 2018**

**DISTRIBUCIÓN Y RIQUEZA ESPACIAL DE COLIBRÍES CON RELACIÓN A
COBERTURAS Y USO DEL SUELO EN LA REGIÓN ANDINA**

ALEJANDRA GONZÁLEZ MONCADA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGA

DIRECTOR

OSCAR JAVIER RAMOS REAL. Dr. rer. nat.

**Universidad De La Salle
Departamento de Ciencias Básicas
Programa de Biología
Bogotá D.C., Colombia
2018**

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darme la posibilidad de vivir esta experiencia y darme la oportunidad de terminar mi pregrado. A mis padres que me brindaron todo de sí para que yo pudiera salir adelante con mi carrera profesional.

A mi tutor el docente Óscar Javier Ramos por su paciencia, acompañarme y ser guía única para que llegar hasta esta etapa de mi carrera de pregrado.

A la Universidad de la Salle, especialmente al programa de biología y a los docentes que hicieron parte de mi formación académica ya que ellos me transmitieron de sus conocimientos y aportaron a mi realización académica.

A mis amigas por su apoyo y por compartir a la par las experiencias y situaciones que se nos presentaron a lo largo de este tiempo en el cual crecimos como profesionales y seres humanos.

Por último, a la instalación Global de Información sobre la Biodiversidad (GBIF), al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y al Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) por proveer la información necesaria para la realización del proyecto.

CONTENIDO

	Pags.
Resumen.....	7
Abstract.....	8
1. Introducción.....	9
2. Objetivos.....	12
3. Metodología.....	13
3.1 Área de estudio	13
3.1.1 Capas SIG usadas en análisis	14
3.2 Especies de estudio	14
3.3 Distribución geográfica de especies.....	14
3.4 Riqueza espacial de especies.....	16

3.4.1 Descripción de la riqueza mediante <i>PCs</i>	18
3.4.2 Diferencia de la riqueza entre las áreas protegidas y <i>buffers</i> ...	19
3.5 Correlación de distribución y riqueza espacial con las coberturas y uso del suelo.....	19
3.5.1 Área relativa de los territorios agrícolas (uso del suelo) en las zonas protegidas y <i>buffers</i>	19
3.5.2 Relación entre las principales coberturas y la riqueza de colibríes.....	20
3.5.3 Relación entre el área relativa de los territorios agrícolas (usos del suelo) y la riqueza de colibríes.....	21
4. Resultados	
4.1. Distribución geográfica de especies.....	22
4.2 Riqueza espacial de especies.....	23
4.2.1 Descripción de la riqueza mediante <i>PCs</i>	24
4.2.2 Diferencia de la riqueza entre las áreas protegidas y <i>buffers</i>	27

4.3 Correlación de distribución y riqueza espacial con las coberturas y usos del suelo.....	29
4.3.1 Área relativa de los territorios agrícolas en las zonas protegidas y buffers.....	29
4.3.2 Relación entre las principales coberturas y la riqueza de colibríes.....	31
4.3.3 Relación entre el área relativa de los territorios agrícolas (usos del suelo) y la riqueza de colibríes.....	32
5. Discusión.....	34
6. Conclusiones.....	39
7. Bibliografía.....	40
8. Apéndice.....	44

RESUMEN

El cambio en el uso del suelo, la cobertura y la fragmentación son unas de las variables de paisaje más utilizadas para estimar el efecto de las presiones antrópicas en los ecosistemas. La distribución espacial, la composición y ensamble de las especies son altamente sensibles a cambios en factores ambientales. Las aves frecuentemente han sido modelos biológicos y adecuados bioindicadores ambientales. Este trabajo pretendió determinar la distribución y riqueza espacial de colibríes y su relación con la cobertura y uso del suelo en la región Andina. Para esto se realizó un estudio en la región, generando modelos de la distribución espacial de 99 especies de colibríes, a partir de los cuales se obtuvo la riqueza espacial de colibríes (usando la aproximación *Stacked Species Distribution Models: S-SDM*). Posteriormente se contrastó la riqueza de colibríes para 25 áreas protegidas, estimando el cambio de riqueza de su interior al exterior. Adicionalmente se midió el área relativa que ocupan los territorios agrícolas tanto en las áreas protegidas y en zonas al exterior y se relacionó con la riqueza. Dentro del grupo de las especies evaluadas se presentó gran heterogeneidad en el área de distribución, presentando áreas que varían desde 96 Km² a 196.736 Km². Por otra parte, la probabilidad de riqueza acumulada de colibríes varió en un rango de 3.681 a 46.105, donde la mayor riqueza se localizó en la zona norte – centro de la región Andina. Adicionalmente, se encontró una correlación positiva entre el cambio del área relativa de los territorios agrícolas y el cambio en las características de riqueza de colibríes lo que sugiere que al haber aumento de actividad antropogénica la composición de colibríes cambia. Estos resultados son un aporte importante que indican que el aumento en la actividad humana, a través del uso del suelo con fines productivos, tiene una marcada afectación a la diversidad de colibríes, lo cual debe ser considerado en los planes de conservación y manejo de áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento.

Palabras clave: Distribución, riqueza, colibríes, región Andina, modelos de distribución.

ABSTRACT

The change in land use, cover and fragmentation are some of the landscape variables more to estimate the effect of anthropogenic pressures on ecosystems. The spatial distribution, composition and set of species are highly sensitive to changes in environmental factors. Birds have often been biological models and adequate environmental bioindicators. This work aimed to determine the distribution and spatial richness of hummingbirds and the relationship with coverage and land use in the Andean region. For this, a study was carried out in the region, generating models of the spatial distribution of 99 species of hummingbirds, from which the spatial richness of the hummingbirds was obtained (using the approximation of distribution models of stacked species: S-SDM). Subsequently, the richness of hummingbirds was contrasted for 25 protected areas, estimating the change of richness from its interior to the exterior. In addition, protected areas and outdoor areas are related to richness. Within the group of evaluated species, great heterogeneity was present in the distribution area, presenting areas that are from 96 Km² to 196.736 Km². On the other hand, the probability of accumulated hummingbirds varied in a range of 3,681 to 46,105, where the greatest richness is in the north - central zone of the Andean region. In addition, a positive correlation is obtained between the change in the area relative to the agricultural territories and the change in the characteristics of the hummingbird's richness. These results are an important contribution that indicates the increase in human activity, the use of land for productive purposes, a marked impact and the diversity of hummingbirds, which should be considered in the conservation and management plans of protected areas and their zones of damping.

Keywords: Distribution, richness, hummingbirds, Andean region, distribution models.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las actividades humanas que generan bienestar y mejoran la calidad de vida de las sociedades muchas veces tienen efectos negativos para los ecosistemas sobre los que tienen influencia (1, 2). Generalmente, para que los sistemas naturales sean productivos es necesario transformarlos, urbanizarlos y/o industrializarlos, lo que tiene como consecuencia su deterioro, alteración y/o reducción (3). En la mayoría de las situaciones, estos efectos negativos causan reducción de la riqueza y abundancia de especies donde ocurre la intervención, influyendo de forma indirecta en la distribución de las especies y en la estructura de los ecosistemas (4). En la actualidad, asociado al desarrollo de actividades humanas, se puede enlistar los cambios del uso del suelo (agricultura, expansión urbana, minería, etc.) como los agentes que inducen los mayores cambios negativos en la biodiversidad (5, 6). De este grupo se remarcan las actividades agrícolas, las cuales son una de las prácticas que causan mayor impacto a los sistemas naturales, aunque promueven el crecimiento económico, la reducción de la pobreza y el hambre (7), simultáneamente son una de las formas que más deterioro causan a los sistemas naturales, alterando su estabilidad y afectando negativamente su estructura (8).

Los diferentes usos del suelo y la modificación de la cobertura son unas de las variables de paisaje más utilizadas para estimar el efecto de las presiones antrópicas en los ecosistemas. Estas variables son de gran importancia cuando se evalúa la afectación a la composición, estructura y organización espacial de las especies, ya que son las que más inciden en sistemas naturales (9). Aunque existen diversas formas de evaluar el impacto de factores antrópicos, el objetivo central de todas las estrategias diseñadas es estimar la relación entre las actividades humanas y el cambio en la biodiversidad registrada en la zona de afectación. De esta forma se logran referentes cuantitativos que permiten orientar medidas viables de conservación en diferentes escalas espaciales, definidas con la intención de reducir los efectos negativos que traen las actividades antrópicas (10). Este tipo de aproximación toma importante valor cuando se consideran amplias escalas

espaciales (11), como por ejemplo las regiones naturales de Colombia. En estas magnitudes espaciales, al evaluar amplias extensiones de tierra, los análisis escalan a un nivel macro-ecológico, con lo cual se puede indagar como las distribuciones espaciales de los organismos responden a diferentes tipos de presiones, siendo así una herramienta útil para determinar, en este caso, cómo la actividad humana afecta la diversidad de los ecosistemas intervenidos (12, 11).

La distribución espacial, la composición y ensamble de las especies son altamente sensibles a cambios en factores ambientales, los cuales a la vez definen la dinámica de la biodiversidad de una región geográfica o una comunidad (13, 14, 15). Una de las herramientas que permiten tener una adecuada estimación de la distribución espacial de las especies a partir de sus relaciones con variables ambientales son los modelos de distribución de especies (SDM, por sus siglas en inglés) (16). Gracias a la adecuada capacidad de estos modelos para predecir los rangos espaciales de las especies, en los últimos años se ha extendido su uso para estimar la diversidad y ensamble de las especies a nivel macro-ecológico (17). Para ello se han propuesto metodologías como la agregación espacial de especies (*Stacked Species Distribution Models: S-SDM*), con la cual, mediante alineamiento de los modelos de distribución, se producen mapas de diversidad de especies (18). Esta estrategia es útil para hacer pronósticos efectivos y más realistas de ensambles de especies en amplias extensiones (19), y se convierte en insumo útil que apoya fuertemente la toma de decisiones relacionadas con la conservación de especies y sus ecosistemas (20).

La amplia variedad de tipos de coberturas se sintetiza principalmente en: territorios artificializados, territorios agrícolas, bosques, áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua, según la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover adaptada para el país (21). Una de las eco-regiones en Colombia que posee mayores coberturas y usos del suelo es la región Andina, la cual, a la vez, alberga altos niveles de biodiversidad, en comparación a otras zonas biogeográficas. Sumado a esto, es una zona donde se tiene la mayor presión poblacional y mayor número de actividades humanas del país relativo a

otras zonas (22). Adicionalmente esta región encierra el mayor número de áreas protegidas presentes en el territorio nacional (23). Como consecuencia, en esta región se presenta un fuerte contraste entre la presencia de áreas protegidas y presiones asociadas al desarrollo de actividades humanas, lo que la convierte en un adecuado escenario para comprender como el desarrollo humano altera la diversidad biológica que allí se encuentra.

Las aves frecuentemente han sido modelos biológicos de referencia en estudios de conservación (24). Su distribución y presencia está influenciada fuertemente por las características del hábitat que ocupan y se ha identificado que son altamente sensibles a cambios en su entorno, convirtiéndolas en un adecuado bioindicador ambiental (25). Además, la conservación de las aves es considerada prioritaria pues cumplen un rol importante en los ecosistemas al ser especies clave en el soporte de servicios ecosistémicos como la polinización y la dispersión de semillas (26). Colombia es el país con mayor biodiversidad de aves en el mundo, albergando unas 1860 especies sin tener en cuenta las especies introducidas (27). De estas, alrededor de 112, son especies de aves amenazadas. Debido principalmente a actividades como la agricultura, la deforestación, la fragmentación y el aumento de la urbanización las potenciales amenazas para estas aves aumentan, afectando su distribución, abundancia y grado de conservación (27).

Colombia, además cuenta con aproximadamente 165 especies de colibríes, lo que la cataloga como el país más rico en el mundo de estas aves, seguido por Ecuador y Perú (28). Este grupo conforma una de las familias de aves con mayor presencia y riqueza en el país (28). Entre las especies del grupo se observa gran variedad en los rangos geográficos de ocupación, estando presentes en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. (29). Adicionalmente, los colibríes son uno de los grupos de aves más especializados del neotrópico, principalmente debido a su dieta nectarívora, lo que las convierte en un grupo ecológicamente dominante en las interacciones ave-flor (30). El principal beneficio de reconocer cómo la distribución y riqueza espacial de este tipo de especies se relacionan con las coberturas y usos del suelo, es el de aportar a la línea base del conocimiento

ecológico, útil para la toma de decisiones futuras en materia de conservación y planes de manejo de especies en regiones con fuertes presiones antropogénicas (31).

Considerando la gran riqueza de colibríes en la eco-región Andina, las presiones humanas existentes en esta zona, representadas en la variación de coberturas y usos del suelo y la gran cantidad de áreas protegidas en esta zona, este proyecto se enfocó en evaluar si existe una relación entre la cobertura y usos del suelo con la riqueza espacial de colibríes en esta región. Comprender esta asociación aporta al conocimiento ecológico de esta familia de aves y apoya aspectos relacionados con su conservación, en especial en lo relacionado a como los usos y coberturas del suelo pueden favorecer o no su riqueza. Además, los resultados logrados serán un referente para futuros planes de manejo y conservación de esta familia de aves. Por otra parte, esta información también contribuirá posteriormente a verificar y contribuir a los planes de manejo y conservación de aves de esta familia ya existentes en las áreas protegidas y zonas de amortiguación de la región Andina.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución y riqueza espacial de colibríes y su relación con la cobertura y uso del suelo en la región Andina colombiana.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la distribución espacial de los colibríes que habitan la región Andina colombiana.
- Estimar la riqueza espacial de colibríes que habitan en la región Andina colombiana.
- Correlacionar la riqueza espacial de colibríes con las principales coberturas y usos del suelo de la región Andina colombiana.

3. METODOLOGÍA

Para comprender cómo la distribución y riqueza espacial de colibríes se relaciona con las coberturas y usos del suelo en la región Andina se realizó un análisis macro-espacial donde: (i) se modeló la distribución espacial de 99 especies de colibríes, (ii) se calculó la riqueza espacial de colibríes a partir de los modelos y, (iii) por último se correlacionó la riqueza espacial de colibríes con las principales coberturas y usos del suelo de la región. Para obtener la riqueza espacial de colibríes se agregaron todos los mapas digitales de los modelos de distribución de cada especie usando el concepto de *Stacked Species Distribution Models: S-SDM* (18). Para asociar la riqueza de colibríes con el uso de suelo se usaron como referente las áreas protegidas de la región. Específicamente, se contrastó la riqueza de colibríes al interior de 25 áreas protegidas con la riqueza al exterior (zonas aledañas), considerando que estas dos zonas tienen diferentes formas de uso del suelo.

3. 1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la región Andina. Esta región constituye una de las cinco ecorregiones terrestres de Colombia, la cual es una de las más biodiversas con cerca de 11.500 especies de plantas con flores, 914 de musgos, 756 de hepáticas, 1.396 de líquenes y 1.050 de helechos. En los grupos de fauna, los valores de 974 especies de aves, 484 de anfibios, 274 de reptiles y 349 de mamíferos en parte debido a la gran heterogeneidad climática que presenta (32). Adicionalmente, esta región al poseer alta diversidad concentra el mayor número de áreas protegidas del país. De igual forma, esta región reúne aproximadamente el 77,4% de habitantes de la población colombiana, lo que causa que en esta zona exista alta intervención humana en los sistemas naturales presentes, produciendo fragmentación de hábitats y deterioro de ecosistemas. Por esta misma razón, las áreas protegidas de esta región presentan los mayores niveles de presión humana (23). En este estudio, la región Andina se delimitó usando como referente el sistema andino dentro del territorio colombiano (cordilleras oriental, central y occidental), considerando específicamente la zona que se encuentra a una altura mayor a 500

m.s.n.m. Esta zona se complementó con los dos valles interandinos: valles de los ríos Magdalena y Cauca. La delimitación de la Región Andina para este estudio se hizo mediante una extracción SIG de cotas mayores a 500 m.s.n.m., realizando un corte de nivel en el modelo digital de altura DEM (*Digital Elevation Model*) del territorio colombiano (Figuras 1).

3.1.1 Capas SIG usadas en análisis

La base de información usada en este estudio consistió en información espacial SIG (Sistemas de Información Geográfica), usando capas SIG del suelo *Corine Land Cover* y de delimitación de las áreas protegidas incluidas dentro de la región Andina. Específicamente, se usó: (i) capa de zonas agrícolas como el uso del suelo principal para la región, (ii) capa de tres coberturas de la tierra (Bosques – áreas seminaturales, territorios agrícolas y territorios artificializados) y (iii) un mapa de la delimitación de 25 áreas protegidas, clasificadas en 22 Parques Nacionales Naturales (PNN), y 3 Santuarios de Flora y Fauna (SFF) (Apéndice 1a y b). Estas capas se descargaron del portal de datos del SIAC (Sistema de Información Ambiental de Colombia) y del IDEAM para coberturas y uso del suelo (21).

3.2 Especies de estudio

En este estudio se incluyeron 99 especies de colibríes. Las especies de colibríes se escogieron con la única condición de que habiten en la región Andina (28, 29). La información espacial de presencia de las especies, correspondiente a georreferencias (longitud y latitud), se obtuvo del portal de datos GBIF (The Global Biodiversity Information Facility). Los registros de las especies se filtraron usando como criterio que existieran como mínimo siete registros para las especies. Posteriormente se realizó un proceso de depuración eliminando registros con georreferencias erróneas, con inconsistencias de descripción de localidad y/o que estuvieran por error fuera del área de estudio

3.3 Distribución geográfica de especies

La distribución espacial de las especies de colibríes incluidas en el estudio se obtuvo a partir de la estrategia de modelamiento de nicho ecológico, usando el programa

MaxEnt (33) el cual se basa en el enfoque de máxima entropía. Para generar los modelos, se seleccionaron 9 variables climáticas y se realizó un análisis de correlación con el fin de reducir la sobredimensionalización del modelo por exceso de variables, se tomaron seis variables climáticas, usadas como variables predictoras (Precipitación, radiación, velocidad del viento, temperatura promedio, distancia a ríos, altitud). Las cuatro primeras variables climáticas fueron obtenidas de WorldClim (34), la capa de distancia a ríos se calculó usando herramientas SIG de distancia sobre la información espacial de cuencas *HydroSHEDS* (Hydrological data and maps based on SHuttle Elevation Derivatives at multiple Scales), obtenida de USGS (U.S. Geological Survey, fuente de la cual también se obtuvo la capa de altitud (35). Las variables predictoras se usaron a una resolución de tamaño de pixel de 1 Km x 1 Km. El algoritmo MaxEnt se alimentó con las georreferencias de cada especie (latitud y longitud) y las 6 variables climáticas anteriores.

Por cada especie de colibrí, a partir de la herramienta MaxEnt, se obtuvo un mapa digital en el cual cada celda (pixel) contenía el valor de probabilidad de presencia. Para evitar la sobreestimación de la distribución de las especies a causa de restringir la construcción del modelo usando sólo la zona de estudio, la Región Andina, los modelos se produjeron usando como base un área más amplia, que incluyó el territorio colombiano y zonas de los países limítantes: Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela (Figura 2).

Los mapas digitales que representan los modelos de distribución de las especies en la zona final de estudio se obtuvieron por recorte mediante herramientas SIG sobre el área total modelada (Figura 2). Una vez obtenidos los mapas digitales dentro de la región andina, el área de distribución definida por zonificación presencia/ausencia de cada especie se determinó usando un corte de umbral de 0.5. Además, se determinó cuantas especies son endémicas y su grado de conservación según *The IUCN Red List of Threatened Species*[™], el cual se relacionó con el área de distribución de cada especie.

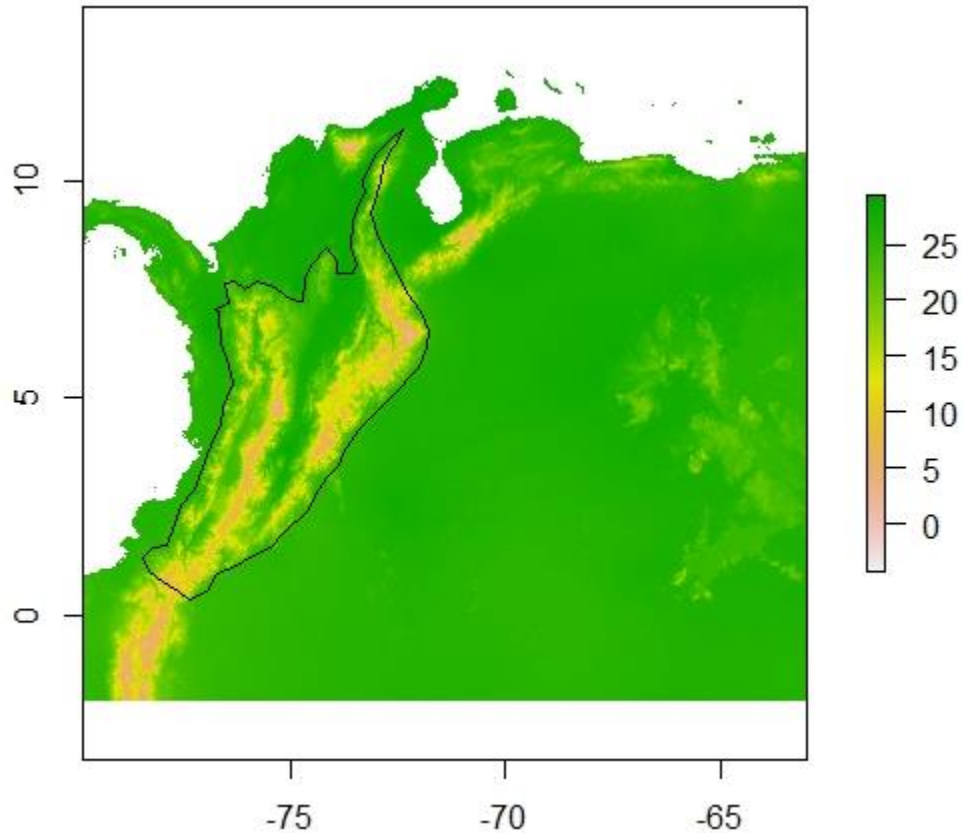


Figura 1. La zona delimitada en negro corresponde al área de estudio (Región Andina). La extensión presentada fue la zona usada para generar los modelos de distribución de especies en MaxEnt.

3.4 Riqueza espacial de especies

El mapa de diversidad de colibríes de la región Andina se generó sumando los mapas digitales de las especies obtenidos del modelamiento con MaxEnt. Para ello se usó la aproximación de adición de mapas *Stacked Species Distribution Models: S-SDM* (18). De esta forma se obtuvo cuantitativamente un mapa digital de la probabilidad acumulada de presencia de especies de colibríes de la Región Andina, donde cada pixel del mapa digital tuvo un valor de probabilidad acumulada denominado de aquí en adelante como valor de riqueza del pixel. Este mapa representa y contiene la información de la diversidad de colibríes en la zona.

Con el fin de identificar si la riqueza de colibríes está asociada a la forma de uso del suelo, se realizó un contraste de la riqueza de colibríes entre tres zonas: (i) zonas

con *bajo uso del suelo*: áreas protegidas, las cuales son zonas en las que se considera que hay baja o nula presencia de territorios agrícolas y (ii) dos zonas con *alto uso del suelo*: zonas al exterior de las áreas protegidas, consideradas como zonas con presencia de territorios agrícolas. Las zonas externas a las áreas protegidas se definieron así: *Buffer 1* - zona definida por proceso SIG mediante expansión *buffer* de distancia fija al 0.1, usando el límite del área protegida como referente de ampliación de área y *Buffer 2* - zona de expansión *buffer* generada de la misma forma que la zona anterior usando distancia fija al 0.2 (Figura 2). Usando esta diferenciación espacial, se comparó la riqueza de colibríes dentro de cada área protegida con sus correspondientes zonas exteriores (*buffer 1* y *buffer 2*).

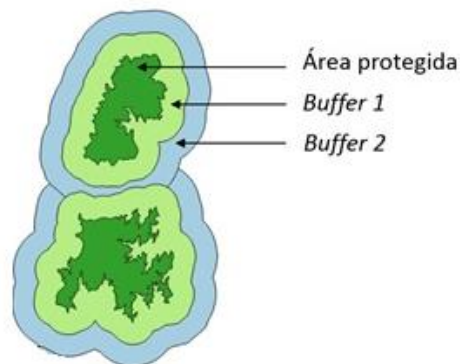


Figura 2. Ilustración de *buffer 1* y *buffer 2* de las áreas protegidas

Para caracterizar la riqueza de colibríes se usó la distribución de frecuencia de los valores de riqueza incluidos dentro de la zona foco de análisis. La fuente de información usada para generar estas distribuciones fueron los valores de riqueza de los píxeles incluidos dentro del parque o dentro de la zona *buffer* (Figura 3a). De esta forma, para cada área protegidas y para cada zona externa a ellas (*buffer 1* y *buffer 2*) se generó una distribución de frecuencia de los valores de riqueza. Las características finales de riqueza fueron 12 valores estadísticos obtenidos de la distribución de frecuencia de los valores de riqueza. En la figura 3b se indican nueve de estos valores, los tres valores restantes corresponden al sesgo, curtosis y

coeficiente de variación, los cuales también fueron obtenidos de información de la distribución de frecuencia de los valores de riqueza.

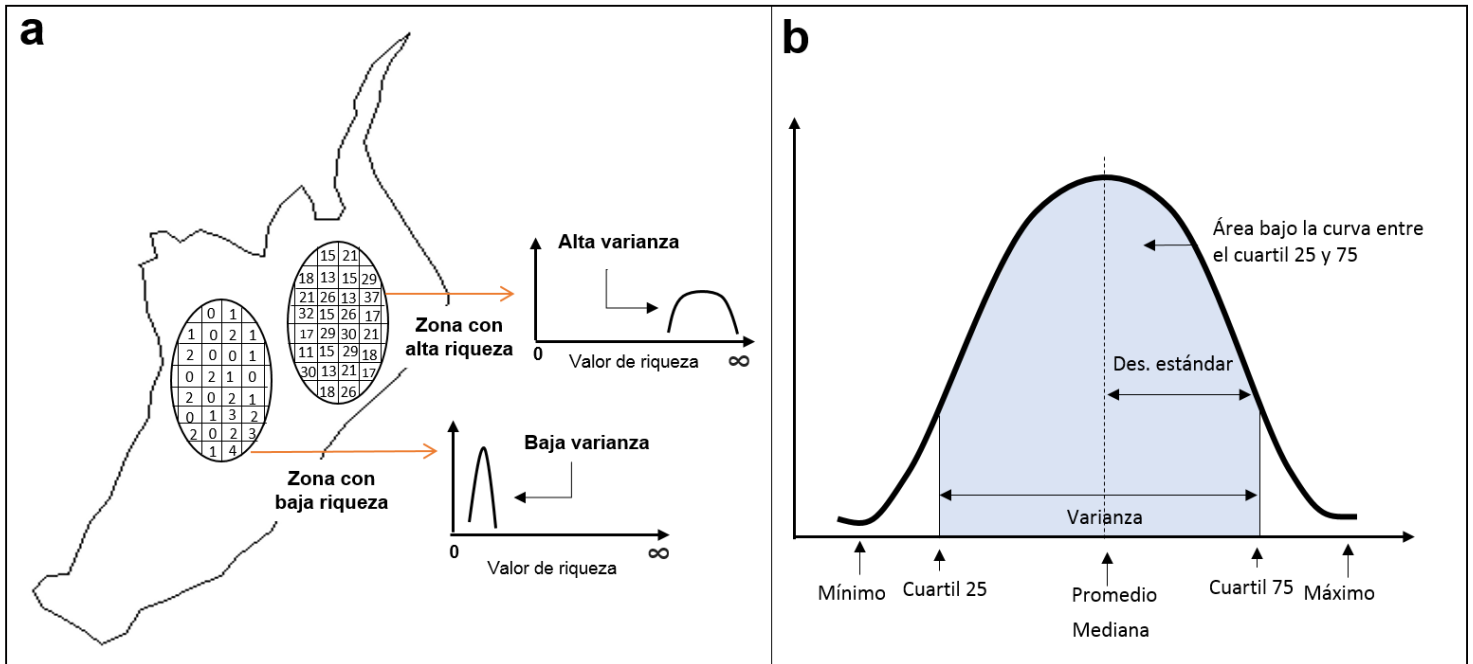


Figura 3. Distribución de la frecuencia de los valores de riqueza de las zonas evaluadas. **a**, Ejemplo de zonas con alta y baja riqueza, y con alta y baja varianza. **b**, Valores estadísticos estimados de la distribución de probabilidad acumulada de riqueza de colibríes del mapa final de riqueza. Solo se ilustran nueve valores estadísticos, los tres adicionales corresponden a sesgo, curtosis y coeficiente de variación.

3.4.1 Descripción de la riqueza mediante PCs

Los 12 valores estadísticos que caracterizan la riqueza tanto de las 25 áreas protegidas como de sus correspondientes zonas externas (los dos *buffers*) fueron sometidos a un análisis de Componentes Principales. Como resultado de este análisis se retuvieron dos nuevas variables, las cuales sintetizaron la información de riqueza de colibríes en las diferentes zonas: el primer PC (*PC1*) representa la variación de la riqueza y el segundo PC (*PC2*), la tendencia central del valor de riqueza (ver los detalles en la sección 4.2.1 de resultados).

3.4.2 Diferencia de la riqueza entre las áreas protegidas y *buffers*

Con el fin de identificar si la riqueza de colibríes difiere entre las áreas protegidas y los *buffers* externos, los mismos 12 valores estadísticos que caracterizan la riqueza fueron sometidos a un Análisis Discriminante, ya que este análisis maximiza las diferencias entre grupo.

3.5 Correlación de distribución y riqueza espacial con las coberturas y usos del suelo

3.5.1 Área relativa de los territorios agrícolas (uso del suelo) en las zonas protegidas y *buffers*

Para este análisis, enmarcado espacialmente dentro de la región Andina, se tomó de la capa *Corine Land Cover*, información a primer nivel, que corresponde a la leyenda territorios agrícolas (territorios artificializados, territorios agrícolas, bosques, áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua). Con el fin de determinar si la zonación realizada: áreas protegidas como zonas con bajo uso del suelo (pocos o ningún territorio agrícola) y *buffers* como zonas con mediano o alto uso del suelo (mayor cantidad de territorios agrícolas), es efectivamente una adecuada representación del uso del suelo, se evaluó si la cantidad de territorios agrícolas presentes dentro de las áreas protegidas es diferente a la que existe en los *buffers*. Para ello, se realizó un ANOVA no paramétrico mediante la prueba de Kruskal Wallis con el cual se determinó si el área relativa que ocupan los territorios agrícolas es diferente entre las áreas protegidas y sus *buffers*. En este análisis se estableció como variable independiente la zona, la cual presenta tres estados: área protegida, *buffer 1* y *buffer 2*, y como variable dependiente el área relativa que ocupan los territorios agrícolas. Un resultado que indique diferencias significativas, donde el área relativa de territorios agrícolas en las áreas protegidas sea menor al de los *buffers* indicaría que las áreas protegidas representan zonas con bajo uso del suelo y los *buffers* zonas con alto uso del suelo.

El área relativa de los territorios agrícolas tanto en las zonas protegidas como en los dos *buffers* se calculó usando el área total que ocupan los territorios agrícolas dentro de la zona analizada dividido en el área total de la zona (Ecuación 1):

$$\text{Área relativa territorios agrícola} = \frac{\text{Área territorio agrícola de la zona estudiada}}{\text{Área de la zona estudiada}}$$

Ecuación 1. Cálculo del área relativa de los territorios agrícolas.

Los datos de área se obtuvieron usando herramientas SIG de corte entre *shapes* de áreas protegidas y el *shape* de las capas seleccionadas del suelo, en combinación con herramientas SIG para cálculo de áreas, mediante el software Qgis.

3.5.2 Relación entre las principales coberturas y la riqueza de colibríes

Con el fin de determinar si la diversidad, estimada como el valor de probabilidad acumulada de riqueza, difiere entre los diferentes tipos de cobertura, se realizó un submuestreo en 100 puntos aleatorios seleccionados dentro de la región de estudio. Para cada punto se registró el valor de riqueza y tipo de cobertura donde se encontraba cada punto. Con estos datos se realizó una prueba de ANOVA no paramétrico mediante la prueba de Kruskal Wallis para identificar si la riqueza acumulada de colibríes difería o no entre las principales coberturas de la región Andina. Para este análisis se consideraron tres tipos de cobertura principal: Bosques – áreas seminaturales, territorios agrícolas y territorios artificializados.

3.5.3 Relación entre el área relativa de los territorios agrícolas (usos del suelo) y la riqueza de colibríes

Para relacionar la riqueza de colibríes con los usos del suelo de la región Andina, se usó como unidad de análisis el área protegida. Para cada área protegida se calculó con respecto a los correspondientes *buffers* la magnitud de cambio en riqueza de colibríes y la magnitud de cambio en la cantidad de área ocupada por territorios agrícolas, valores que posteriormente se correlacionaron. Estas diferencias o cambios entre el área protegida y el *buffer* se usaron con el fin de controlar el efecto del área de las zonas protegidas.

Por una parte, el cambio en riqueza se calculó como la distancia euclidiana de las características de riqueza entre el área protegida y el correspondiente *buffer* en el espacio bidimensional conformado por los dos componentes principales *PC1* (variación de la riqueza) y *PC2* (tendencia central del valor de riqueza) (Ecuación 2).

$$d_{PC1-PC2} = \sqrt{(PC1_{\text{Área protegida}} - PC1_{\text{Buffer}})^2 + (PC2_{\text{Área protegida}} - PC2_{\text{Buffer}})^2}$$

Ecuación 2. Distancia euclidiana de las características de riqueza medida entre el área protegida y el correspondiente *buffer*

Por otra parte, el cambio en la cantidad de área ocupada por territorios agrícolas entre el área protegida y el correspondiente *buffer* se calculó usando la diferencia de los valores el área relativa de los territorios agrícolas (ver numeral 3.5.1) entre zonas (Ecuación 3), con lo cual se identificó la magnitud de aumento o disminución de territorios agrícolas entre las dos zonas.

$$\text{Delta } ART_1 = (ART_{\text{Buffer } 1} - ART_{\text{Área protegida}})$$

$$\text{Delta } ART_2 = (ART_{\text{Buffer } 2} - ART_{\text{Área protegida}})$$

Ecuación 3. Diferencia del área relativa de los territorios agrícolas (ART) entre las áreas protegidas y su par de buffers

Las dos variables derivadas de magnitud de cambio fueron usadas para identificar si existe correlación entre la riqueza de colibríes con los usos del suelo y si esta relación lineal es igual para el *buffer* 1 y *buffer* 2. Para esto, se realizó una correlación no paramétrica por medio del método de Spearman, para verificar si las variables se correlacionaban, luego se realizó una prueba de ANCOVA no paramétrica en el que se evaluó el paralelismo e igualdad de las relaciones lineales obtenidas para el par de *buffers*. Para ello se usó el paquete 'SM' en R (36). En este análisis, la diferencia en las características de riqueza de colibríes entre las áreas protegidas y el *buffer* (obtenida de la ecuación 2) se incluyó como la variable dependiente, el cambio de las áreas relativas de territorio agrícola (obtenida de la ecuación 3) se incluyó como la covariable independiente y los dos tipos de *buffer* se incluyeron como el factor categórico.

4. RESULTADOS

4.1 Distribución geográfica de especies

La distribución espacial de las especies incluidas en este estudio fue modelada satisfactoriamente. El valor más bajo de Área Bajo la Curva (AUC) obtenido de los 99 modelos fue de 0.83, lo cual los cataloga a todos como modelos válidos y de buena calidad. El 89.9% de los modelos tuvo un valor AUC mayor a 0.9. Solo el 10.1% de los modelos de las especies registraron un valor AUC en un rango entre 0.83 y 0.90. Esto indica que todos los modelos de las especies generados fueron robustos y fiables.

Dentro del grupo de las especies evaluadas se presentó gran heterogeneidad en el área de distribución que presentan. Las áreas de distribución varían desde 96 Km² a 196 736 Km². Por otra parte, 7 de las 99 especies son endémicas, la mayoría presentan un estado de conservación de preocupación menor. Se remarca que la especie que presenta mayor área de distribución, *Discosura popelairii*, posee un estado de conservación de casi amenazado. Junto con esta especie, dentro de las 99 especies, sólo hay nueve especies con algún grado de amenaza. La mayoría de estas especies amenazadas están dentro de las 10 especies con menor área de distribución: *Phaeochroa cuvierii* fue la especie que más baja distribución presentó con un estado de conservación de preocupación menor, dos especies, *Anthocephala floriceps* y *Oxypogon stubelii*, poseen distribuciones bajas, son endémicas y tienen un estado de conservación vulnerable. *Metallura iracunda* y *Amazilia castaneiventris*, están en peligro de extinción, siendo esta última endémica. Estas dos últimas especies, son además las únicas especies en este estado de conservación tan crítico entre las 99 especies de colibríes incluidas en el análisis (Apéndice 2).

4.2 Riqueza espacial de especies

La probabilidad de riqueza acumulada de colibríes, representada en el mapa digital de riqueza, varió espacialmente en un rango entre 3.681 y 46.105 (Figura 4). La mayor riqueza de colibríes se encuentra distribuida en la zona norte – centro de la región Andina, en subregiones correspondientes a los departamentos de Antioquia, Choco, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca, Tolima, Santander, Boyacá, Cundinamarca y Meta. La riqueza observada en este sector se concentró en zonas de media y alta elevación, y es equivalente para las tres cordilleras. En contraste, en los valles de los ríos Cauca y Magdalena, y en la zona sur de la región Andina, hacia el macizo colombiano, se encontró que la riqueza de colibríes disminuye notoriamente (Figura 4).

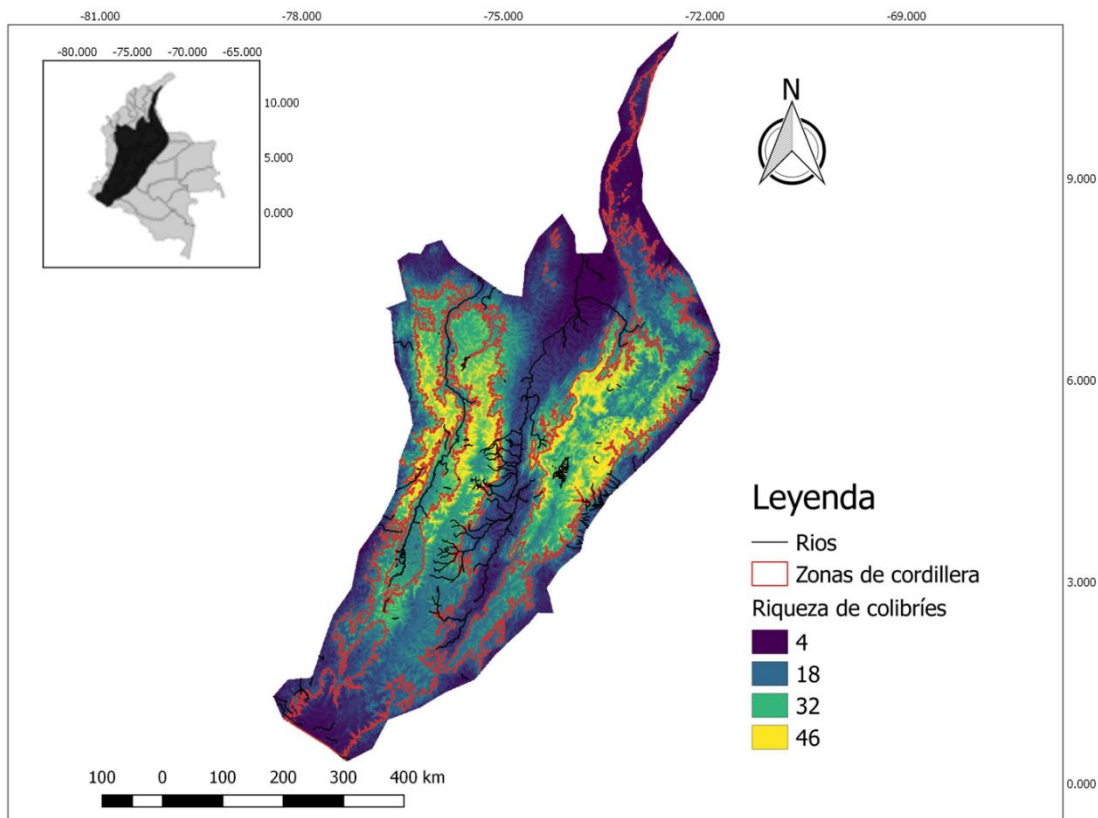


Figura 4. Probabilidad de riqueza espacial de colibríes en la región Andina. La línea blanca punteada indica las zonas de mayor riqueza.

4.2.1 Descripción de la riqueza mediante *PCs*

El análisis de componentes principales realizado sobre los valores estadísticos que caracterizan la riqueza de colibríes de las zonas de evaluadas (áreas protegidas y *buffers*) generó dos componentes principales *PCs*, los cuales acumulan una varianza del 82.8 % ($PC1 = 49.5\%$ y $PC2 = 33.3\%$). Acorde con las cargas de cada variable original en los *PCs*, el *PC1* representa la tendencia central y el rango de valores, es decir, la posición de la curva en el eje de valor de riqueza, mientras que el *PC2* representa la varianza, es decir que tan amplia o estrecha es la distribución

de la curva (Tabla 1). Con estas dos nuevas dimensiones, las características de riqueza de colibríes en las áreas protegidas y sus *buffers* se organizan en un espacio bidimensional acorde con su tendencia central y valor de riqueza (*PC1*) y su varianza (*PC2*) (Figura 5). La inspección grafica de la figura 5 indica que en este espacio descriptivo las áreas protegidas se mezclan ligeramente con sus respectivos *buffers*, sugiriendo segregación por características de la riqueza de colibríes.

Una inspección visual de la figura 5 indica que los datos asociados a las áreas protegidas se encuentran ubicadas principalmente en la zona inferior de la gráfica, lo que significa que, aunque existen áreas protegidas con baja, media y alta riqueza, todas presentan una composición de riqueza homogénea, es decir con baja varianza. Por otra parte, los datos correspondientes al primer *buffer* de las áreas protegidas se localizan en una zona intermedia y superior del espacio bidimensional, caracterizados igualmente por tener baja, media y alta riqueza, lo que significa que presentan mayor varianza en riqueza que las áreas protegidas. Finalmente, los datos del segundo *buffer* de las áreas protegidas se localizan en la zona superior extrema del espacio bidimensional, también constituidos por zonas con baja, media y alta riqueza, lo que significa que estas son las zonas con una mayor varianza en la riqueza de colibríes. En síntesis, se observa que, aunque las áreas protegidas como el par de *buffers* tienen riquezas altas, medias y bajas, la varianza de la riqueza de colibríes es menor en las áreas protegidas comparada con la varianza de los *buffers*, donde la mayor varianza corresponde al *buffer 2*, la cual es la zona más distante al área protegida. Este resultado sugiere que cuando aumenta la distancia a zonas protegidas ocurren importantes cambios en la riqueza de colibríes.

Tabla 1. Cargas de cada variable de riqueza en los nuevos PCs. PC1 representa la posición de la distribución y PC2 la varianza de la distribución. Ver figura 3 para la descripción de las variables originales.

Variable	PC1 (49.5 %)	PC2 (33.3 %)
Promedio	0.391	-0.148
Mediana	0.393	-0.126
Desviación estándar	0.295	0.323
q25	0.337	-0.272
q75	0.407	-0.037
Mínimo	0.209	-0.4
Máximo	0.384	0.013
Varianza	0.274	0.332
Curtosis	-0.111	-0.366
Sesgo	-0.203	-0.213
CV	0.006	0.475
Auc2575	0.059	0.322

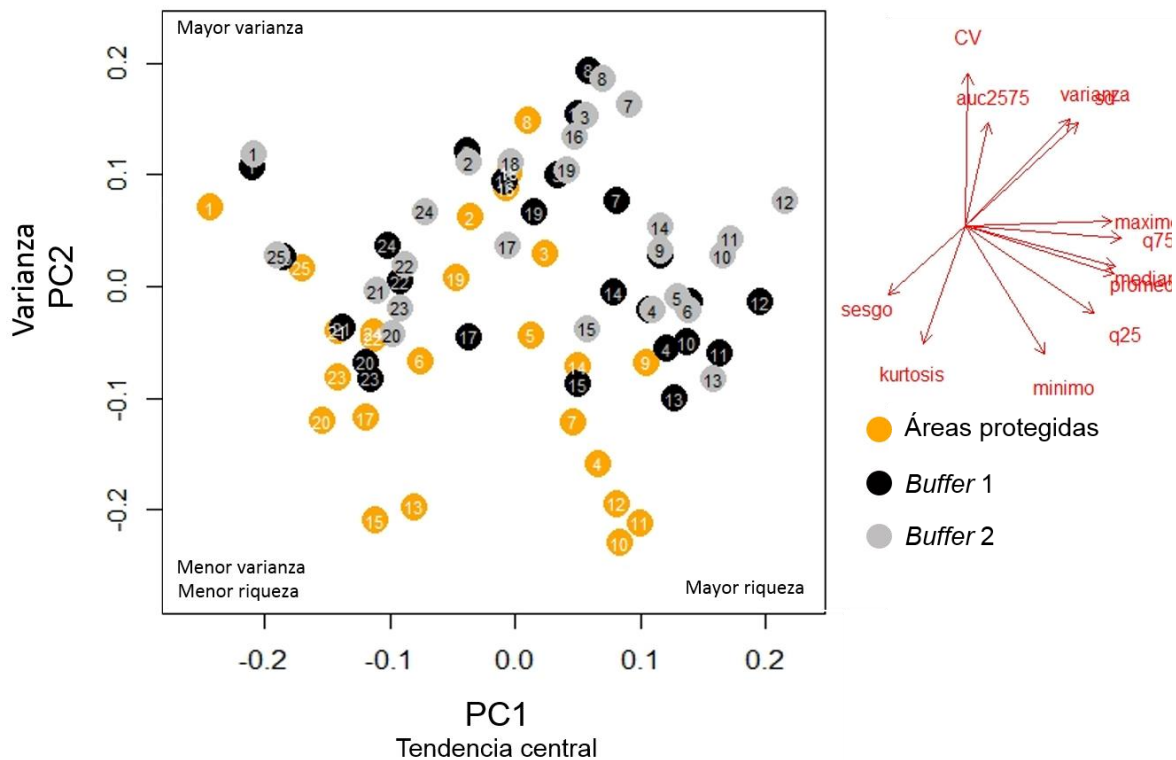


Figura 5. Espacio bidimensional de componentes principales $PC1$ (tendencia central) vs $PC2$ (varianza) de las áreas protegidas y *buffers*, basado en las características de probabilidad de riqueza de colibríes (valores estadísticos). Puntos naranjas del uno al 25 pertenecen a áreas protegidas. Puntos negros del uno al 25 pertenecen al primer *buffer* de cada área protegida. Puntos grises del uno al 25 pertenecen a el segundo *buffer* de cada área protegida. Los vectores rojos indican las medidas estadísticas usadas para describir las características de riqueza de colibríes.

4.2.2 Diferencia de la riqueza entre las áreas protegidas y *buffers*

En el análisis discriminante se observa gráficamente que el primer *buffer* se solapa completamente con las áreas protegidas lo que indica que no hay diferencia de la riqueza de colibríes allí presente con la que se encuentra dentro de las zonas protegidas. A diferencia, se evidencia un solapamiento bajo entre el segundo *buffer* con las áreas protegidas, lo que indica que para la mayoría de las áreas protegidas

la riqueza en el *buffer 2* es diferente a la existente dentro de las zonas protegidas. (Figura 6), sugiriendo que a mayor distancia del área protegida se presenta una mayor diferencia en las características de riqueza de colibríes.

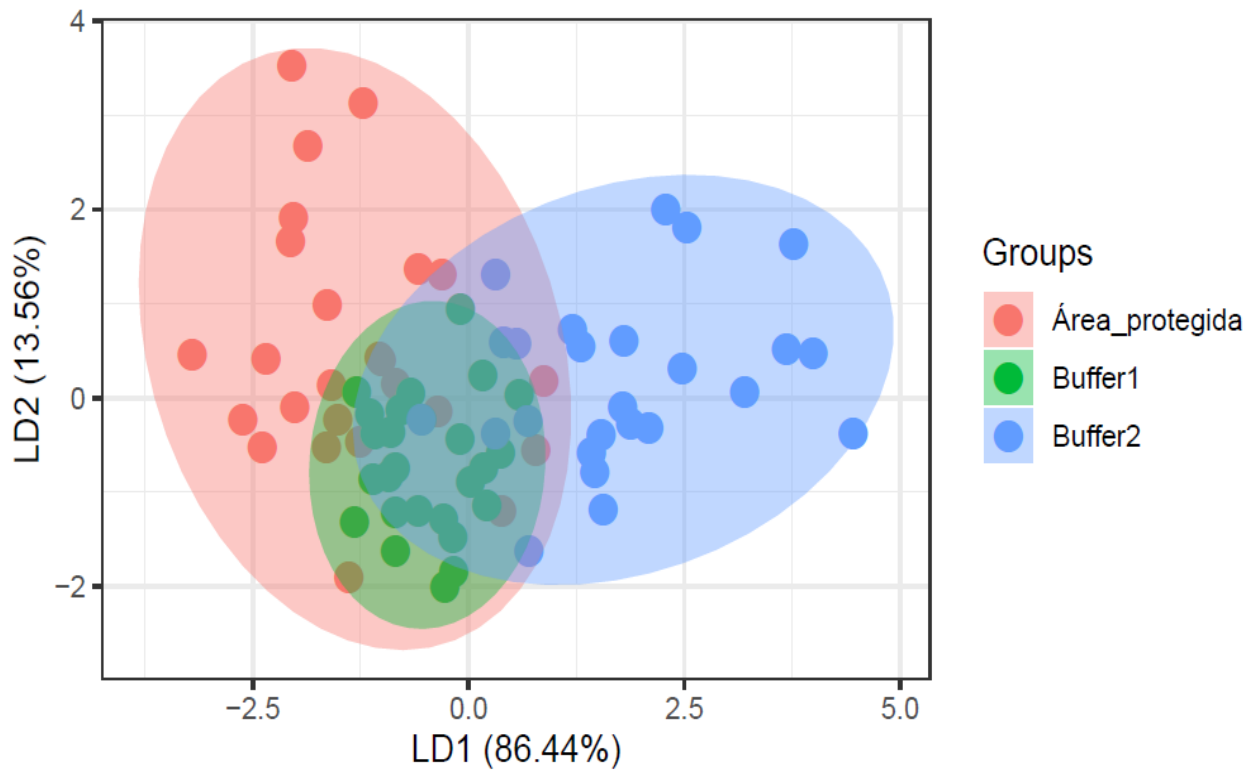


Figura 6. Espacio bidimensional del análisis discriminante, basado en las características de probabilidad de riqueza de colibríes (valores estadísticos). Zona roja pertenece a las áreas protegidas, zona verde pertenece al *buffer 1*, zona azul pertenece al *buffer 2*.

4.3 Correlación de distribución y riqueza espacial con las coberturas y usos del suelo

4.3.1 Área relativa de los territorios agrícolas en las zonas protegidas y buffers

El área relativa que ocupan los territorios agrícolas dentro de las áreas protegidas es menor comparado con el área relativa de los territorios agrícolas encontrados en el primer y segundo *buffer* (Kruskal.test, $P < 0.001$). En la figura 7 se observa que no hay diferencias entre el área relativa de los territorios agrícolas del primer y el segundo *buffer*, pero si es mayor al valor observado en las áreas protegidas (Apéndice 3). Este resultado corrobora que las áreas protegidas representan zonas con bajo uso del suelo y los dos *buffers* representan zonas con alto uso del suelo

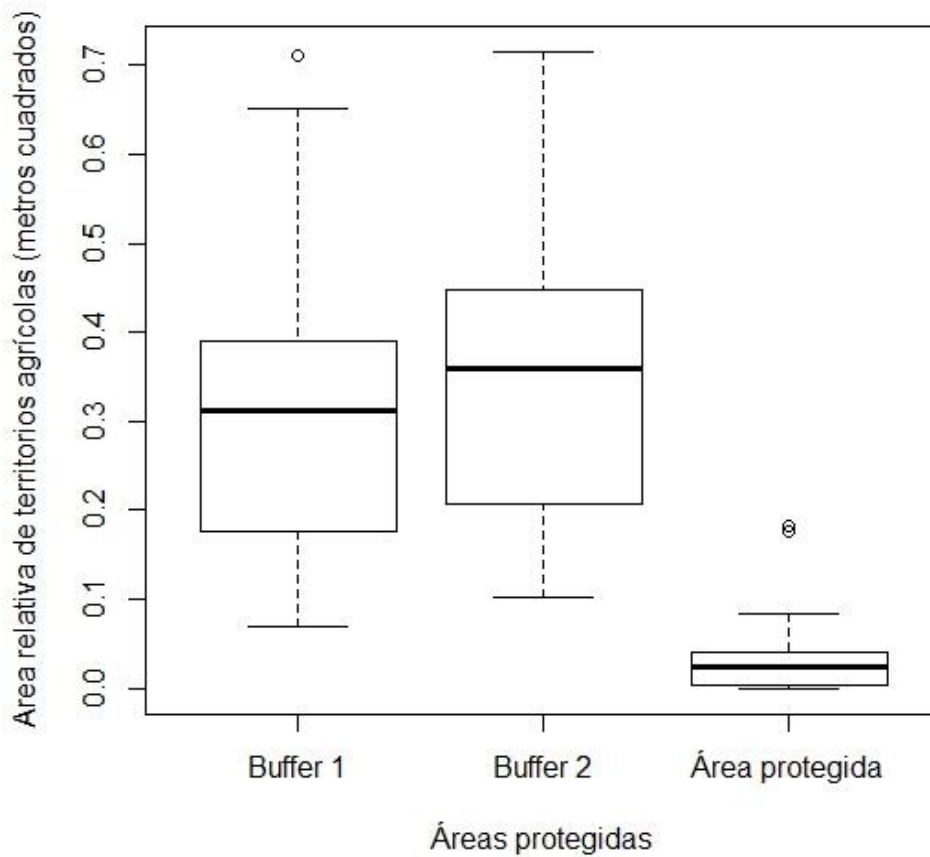


Figura 7. Área relativa de los territorios s agrícolas presentes en las áreas protegidas y lodos buffers.

La Serranía de los Churumbelos y Plantas Medicinales son las únicas áreas protegidas que no contienen territorios agrícolas. El resto de las áreas protegidas incluyendo los dos buffers contienen alguna fracción así sea mínima de actividad agrícola (Apéndice 3).

4.3.2 Relación entre las principales coberturas y la riqueza de colibríes

Al tomar los 100 puntos al azar sobre el mapa de cobertura se encuentra predominancia de tres coberturas principales: Bosques - áreas seminaturales, territorios agrícolas y territorios artificializados, con 53, 52 y 5 puntos respectivamente (Apéndice 4). Al contrastar la riqueza de colibríes en estos tres tipos de cobertura se detectó que no existen diferencias (Kruskal.test, $P=0.127$). En la figura 8 se corrobora que no se presentan diferencias.

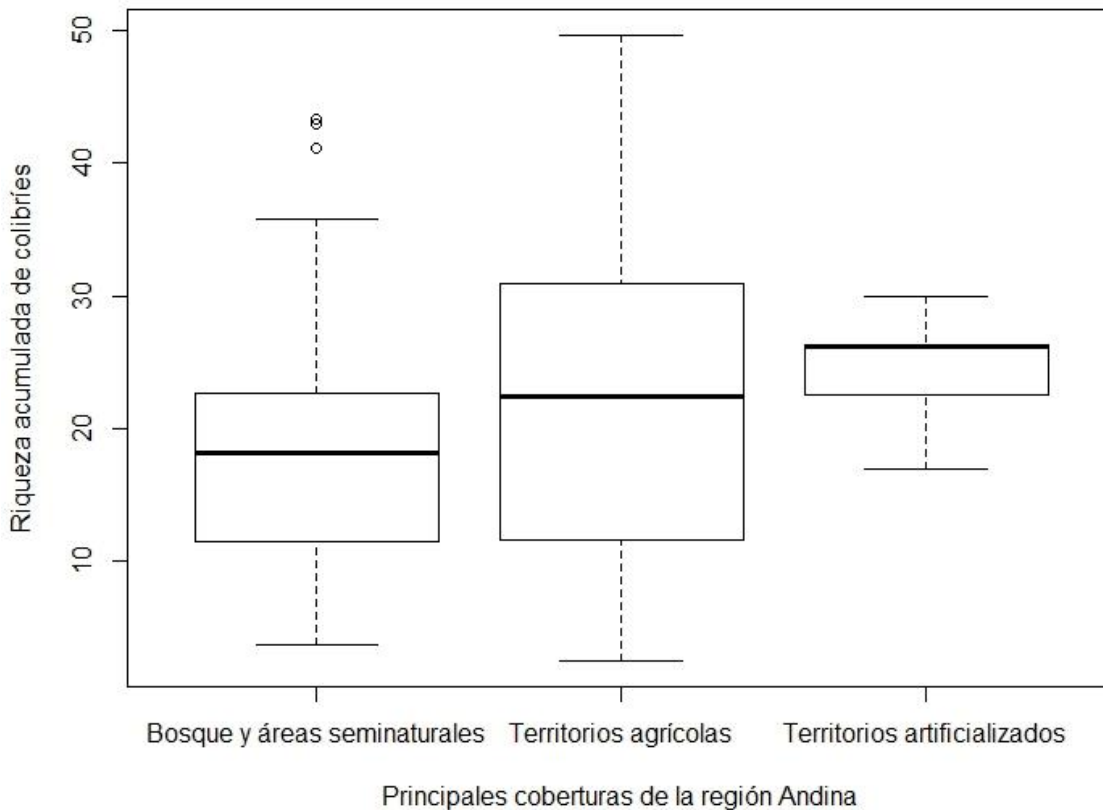


Figura 8. Riqueza proveniente de la probabilidad acumulada de colibríes en las tres principales coberturas de la región Andina.

4.3.3 Relación entre el área relativa de los territorios agrícolas (usos del suelo) y la riqueza de colibríes

El cambio en las características de riqueza de colibríes entre las áreas protegidas y su par de *buffers* (diferencia medida en el espacio bidimensional de los *PCs*) se correlacionó positivamente con el cambio en la extensión de los territorios agrícolas (diferencias entre las áreas protegidas y su par de *buffers*) (Spearman, $P < 0.001$ y $\rho = 0.775$) (Figura 9). En la figura se observa que cuando la diferencia del área relativa de los territorios agrícolas aumenta hay un incremento de las diferencias en las características de riqueza de colibríes. Por otra parte, la prueba de ANCOVA no paramétrica de paralelismo indica líneas paralelas para el delta con el *buffer 1* y con el *buffer 2* ($P = 0.938$) y la prueba ANCOVA no paramétrica de igualdad indica líneas solapadas ($P = 0.896$). Estos dos últimos resultados indican que no existe interacción entre el cambio de territorios agrícolas y factor tipo de *buffer*, es decir que la correlación positiva observada es igual para el *buffer 1* y *2*. (Figura 9)

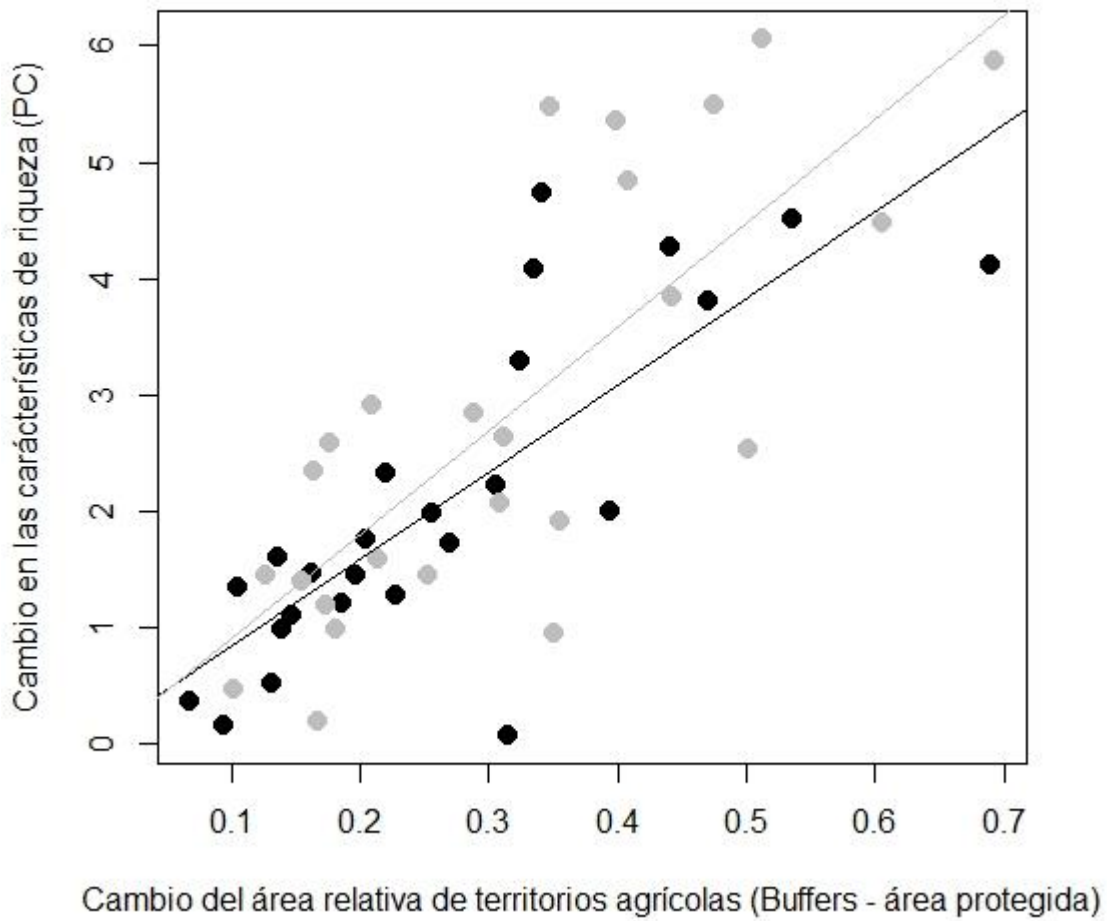


Figura 9. Cambio del área relativa de los territorios agrícolas (*buffers* menos área protegida), para el primer y segundo *buffer* con relación al cambio entre las características de riqueza de colibríes obtenida por distancia euclidiana en el espacio bidimensional *PC1* y *PC2* (Figura 5). Puntos negros corresponden al primer *buffer* de cada área protegida. Puntos grises corresponden al segundo *buffer* de cada área protegida.

5. DISCUSION

En este estudio se modelaron 99 especies de Colibríes para la región Andina, donde todos los modelos generados fueron robustos y fiables. A partir de los modelos generados se realizó un mapa de riqueza, la cual se distribuyó principalmente en la zona norte – centro de la región Andina. Por otra parte, el análisis de componentes principales usado para describir la riqueza de colibríes generó un espacio bidimensional donde por localización, se evidenció un leve solapamiento entre áreas protegidas y sus *buffers*: se observó que la varianza de la riqueza es menor para las áreas protegidas relativo a sus *buffers*. Consistente con lo anterior, el análisis discriminante reveló que no existe diferencia de la riqueza de colibríes de las áreas protegidas con el primer *buffer* pero que si existe diferencia en la mayoría de los casos con la riqueza en el *buffer 2*. Al evaluar como el uso del suelo afecta la diversidad de colibríes, usando el área relativa que ocupan los territorios agrícolas dentro de las áreas protegidas, se encontró que en este tipo de zonas fue menor comparadas con el área relativa de los territorios agrícolas encontrados en el primer y segundo *buffer*. Solo dos áreas protegidas de las trabajadas no presentaron ninguna fracción de actividad agrícola. Al estimar la diferencia de colibríes bajo diferentes coberturas del suelo, usando Bosques - áreas seminaturales, territorios agrícolas y territorios artificializados se encontró que no hay diferencias. Por último, se encontró que la riqueza de colibríes se relacionó positivamente con los usos del suelo de la región; se evidenció que cuando la diferencia del área relativa de los territorios agrícolas aumenta hay un incremento de las diferencias en las características de riqueza de colibríes.

Para los tres tipos de zonas, áreas protegidas, *buffer 1* y *buffer 2*, se presentaron casos de riqueza de colibríes altas, medias y bajas, lo que sugiere que la diversidad de colibríes dependerá de las condiciones geográficas donde se localiza el área protegida (i.e. elevación, zona biogeográfica). Sin embargo, al considerar que tan homogénea es la riqueza, se detectaron diferencias a causa de la distancia al área protegida. En las áreas protegidas se observó una menor varianza en esta característica a comparación con el *buffer 1* y con el *buffer 2*, siendo el último donde

se presenta mayor varianza. Esto sugiere que la riqueza de colibríes en las áreas protegidas es muy estable y que a medida que se aumenta la distancia a estas áreas la riqueza de colibríes tenderá a ser mucho más variable y heterogénea. Esta riqueza en relación con los territorios agrícolas indica que cuando la extensión de territorio agrícola aumenta, como ocurre en el exterior de las áreas protegidas (*buffers*), la riqueza que hay inicialmente en las áreas protegidas se hace mucho más variable, lo que indica que a medida que aumenta la actividad antropogénica la composición de colibríes tiende a ser más heterogénea. Esto se convierte en un punto importante ya que se tiene por antecedente que las actividades agrícolas impactan negativamente los sistemas naturales y así mismo la distribución y riqueza de especies (8), además de que las distribuciones y ensamble de especies poseen sensibilidad frente a cambios en factores ambientales (13, 14, 15). De estos resultados, se infiere que sin la función y respaldo de las zonas protegidas y con la expansión de territorios agrícolas se inducen con el incremento de la distancia cambios rápidos de la riqueza de colibríes, aumentando la potencial vulnerabilidad en la diversidad de estas especies.

Las coberturas del suelo juegan un papel importante en la presencia de las especies. El trabajo de Berget (37) sitúa las coberturas vegetales como un factor importante que influye en la diversidad de aves, reportando que en las zonas más diversas se encuentra un menor porcentaje de cobertura arbórea y arbustiva. Por otra parte, en el trabajo de Sáenz y colaboradores (38) afirma que las prácticas silvopastoriles (cercas vivas y pasturas arboladas) están desempeñando un papel importante en mantener la riqueza de aves en los paisajes ganaderos de las áreas muestreadas, además de depender de bosques y de fragmentos de bosques. En este estudio, no hubo diferencias en la riqueza de colibríes entre los tipos de cobertura estudiados: Bosques - áreas seminaturales, territorios agrícolas y territorios artificializados. Es decir que la riqueza de colibríes será la misma bajo estas tres capas de cobertura. Esto es consistente con el resultado presentado en la Figura 5 en donde tomando como referente el eje *PC1*, la riqueza de colibríes no difiere en gran medida dentro de las tres zonas estudiadas: áreas protegidas, *buffer* 1 y *buffer* 2. A pesar de no haber detectado diferencias, algo relevante pasa en los

dos últimos tipos de cobertura, ya que al ser estas coberturas transformadas constantemente por actividades humanas, la riqueza de colibríes puede potencialmente ser afectada, pues en estas zonas las especies que se encuentren quedarán expuestas y en posible riesgo. Esto podría deberse a que comúnmente estas actividades causan reducción de la riqueza de especies alterando su distribución y la estructura de los ecosistemas (3). Adicional, se encontró que los territorios agrícolas estuvieron presentes en la gran mayoría de las áreas protegidas, exceptuando solo dos casos de las 25 áreas.

Se encontró que la extensión de territorios agrícolas aumenta en las zonas de amortiguamiento de las zonas protegidas, lo cual es normal ya que en estas zonas de amortiguamiento no existen las mismas restricciones que al interior de las áreas protegidas (39). Las zonas de amortiguamiento anteriormente nombradas hacen parte del sistema de las áreas protegidas (39) y aunque no se estudiaron como tema principal en el proyecto, sí se trabajó con ellas indirectamente a la hora de usar los *buffers* ya que son zonas aledañas a las protegidas. Considerando este aspecto, es evidente ver que allí la riqueza de colibríes tuvo una mayor varianza que dentro de las áreas protegidas. Esto permite plantear que, en las zonas de amortiguamiento al ser zonas de transición entre las áreas protegidas y zonas de actividad humana, son áreas con una importante riqueza de colibríes, la cual debería ser monitoreada con atención y considerarlas como puntos clave para tomar más control de la diversidad que allí habite. Esto genera alarmas, dirigidas a que se desarrollen dentro de las áreas protegidas estrategias diseñadas para atenuar las actividades antrópicas con el fin de generar menos afectación a la conservación de estas aves en dichas zonas.

En el estudio de modelación de nicho en especies de aves en Colombia se destacan algunos trabajos realizados por Gómez y Álvarez (40), Botero et al (41), Fundación ProAves (42), Botero y Páez (43), Melo et al (44); Cadena et al (45); Cadena y Bette (46) los cuales están implicados en planes de conservación de aves. Sin embargo, ninguno de ellos se centra en el estudio de especies de aves de la familia Trochilidae. Solo el trabajo de Rahbek y Graves (47), realizado a lo largo de todo el

continente suramericano, gira en torno a los aspectos macroecológicos para esta familia, en donde se encontró que la riqueza estuvo condicionada por la altitud de las áreas de estudio. Esto sitúa el presente estudio como estudio pionero y base que considera simultáneamente la distribución y diversidad de especies de colibríes en el cual se aplicaron herramientas cuantitativas modernas. En este proyecto se destaca el uso de la modelación de nicho sumado a la aplicación de agregación espacial de especies (*Stacked Species Distribution Models: S-SDM*). Herramientas que fueron muy útiles, generando información cuantitativa, adecuadamente medible, que soporta de forma objetiva los resultados. Gracias a esto se determinó la riqueza de colibríes, se identificaron cuáles son las zonas más ricas de colibríes en la región Andina y se comparó la riqueza de colibríes entre las áreas protegidas y el exterior de ellas, lo que permitió determinar que tanto en el exterior (posibles zonas de amortiguamiento) como en el interior de las áreas existe una riqueza de colibríes importante la cual podría estar en riesgo a causa de la actividad agrícola creciente fuera de las áreas protegidas. Este resultado permite corroborar, mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica que efectivamente la actividad antrópica es un factor que está determinando como cambia la diversidad de este tipo de aves.

Trabajos realizados por Renjifo et al (31); Franco et al (23); Medina et al (48); Bermúdez et al (49); Andrade (50) afirman que tanto la abundancia como la distribución y riqueza de aves se reduce a causa de estos factores, en donde además se afirma que las áreas de protección de especies son funcionales en la conservación y cuidado de estas. El uso del suelo al estar directamente ligado con actividades humanas genera preocupación y alarmas relacionadas con la vulnerabilidad de la riqueza de colibríes que está bajo estas capas sin el resguardo de áreas protegidas. Colombia registra un uso del suelo inapropiado en donde las coberturas forestales y la conservación está por debajo de su capacidad en 1,7 millones y 3,9 millones de hectáreas respectivamente, en cambio la ganadería y las actividades agrosilvopastoriles sobrepasan el área utilizada en 19,7 millones y 1 millón de hectáreas, respectivamente. Sin embargo, se destaca que en lo concerniente al área de actividades agrícolas aún no se sobrepasa su uso potencial

(7). Esto sugiere que aún quedan zonas potenciales para la conservación de especies y que se debería tener un uso del suelo más adecuado en donde haya un equilibrio y se tenga en cuenta la biodiversidad de la zona, considerando las necesidades de la sociedad.

A partir de los resultados presentados en este estudio se aporta información espacial, que a la suficiente resolución (1Km x 1Km en este estudio) conforma base cuantitativa de aporte para planes y políticas de conservación en aquellos lugares mencionados en donde se encuentra la mayor riqueza de especies de colibríes en la región Andina. Aunque buena parte de la riqueza estuvo bajo las áreas protegidas, también se registró una importante riqueza en las zonas aledañas a estas, por lo cual sería apropiado tenerlas en cuenta en el diseño de estrategias de conservación en zonas de amortiguamiento. Además, se sugiere que los planes de manejo y conservación sean más estrictos y se ciñan a la normatividad generada para áreas protegidas ya que fue evidente que la mayoría de estas contenían alguna fracción de territorios agrícolas, lo cual no solo afectará a los colibríes o a otras familias de aves, sino que afectará a toda la biodiversidad allí existente. Aparentemente las zonas aledañas o de amortiguamiento tendrían que ser ese espacio transitorio entre las áreas protegidas y el entorno, pero se evidencia que estas zonas están permitiendo el paso de actividades humanas reflejándose en los territorios agrícolas presentes en el interior de la mayoría de las áreas protegidas. Esta situación es preocupante ya que se estima que al año 2015 se perdieron alrededor de 56,9 Km² de bosque en los Parques Nacionales Naturales (51). Por lo que es necesario una mayor protección y monitoreo tanto de las áreas protegidas como de las zonas de amortiguamiento para que estas zonas no disminuyan, sino que al contrario puedan aumentar su área y así continuar con la labor de defensa y preservación de la biodiversidad.

Finalmente, se propone que aparte de que los planes de manejo y conservación para las áreas protegidas y zonas aledañas sean más rigurosos, se debería continuar con un estudio más local, que vaya de lo macro-ecológico a lo meso-ecológico, en donde se identifique cómo influye el cambio de las coberturas y usos

de suelo en la ecología y diversidad de colibríes. Este enfoque debería aplicarse tanto en las zonas de la región Andina, como en otras zonas del país, en donde se haya presentado alta riqueza de especies de colibríes y se evidencie proximidad de actividades humanas en donde exista transformación en el uso del suelo.

6. CONCLUSIONES

Los resultados presentados anteriormente de este proyecto presentan temas importantes en cuanto a la riqueza de colibríes, basadas en distribuciones de múltiples especies, en relación con las coberturas y usos de suelo de la región Andina. De forma general y teniendo en cuenta los objetivos planteados en el proyecto se puede concluir lo siguiente:

- La distribución espacial de las 99 especies de colibríes presentó gran heterogeneidad, las áreas variaron desde 96 Km² a 196 736 Km².
- La probabilidad de riqueza de colibríes varió espacialmente entre un rango entre 3.681 y 46.105. En donde la mayor riqueza de colibríes se encontró distribuida en la zona norte – centro de la región Andina, además se centró en zonas de media y alta elevación equivalente para las tres cordilleras. A diferencia de los valles de los ríos Cauca y Magdalena, y en la zona sur de la región Andina, hacia el macizo colombiano en donde se encontró la menor riqueza.
- La riqueza de colibríes en las áreas protegidas fue más estable al poseer menor varianza; mayor distancia de estas áreas, la riqueza tendió a ser más variable, siendo el *buffer 2* con mayor varianza de riqueza de colibríes.
- El uso del suelo con fines agrícolas estuvo presente en las áreas protegidas y en las zonas aledañas (zonas de amortiguamiento) lo que indica la necesidad de mayor control sobre esas zonas ya que afectarían la riqueza de especies no solo de colibríes.
- Las tres principales coberturas Bosques - áreas seminaturales, territorios agrícolas y territorios artificializados no tuvieron diferencias en cuanto a la riqueza de colibríes, se cree por antecedente que la riqueza bajo las últimas

capas que pertenecen a actividades humanas estará expuesta y en posible riesgo.

- Se evidenció que existe una correlación positiva entre el cambio del área relativa de los territorios agrícolas y el cambio en las características de riqueza de colibríes lo que sugiere que al haber aumento de actividad antropogénica la composición de colibríes cambió.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2014) *Informe sobre Desarrollo Humano 2014 Sostener el Progreso Humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia* (New York).
2. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2009) *Biodiversidad, desarrollo y alivio de la pobreza: Reconociendo el papel de la biodiversidad para el bienestar humano* (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal).
3. Tezanos S, Quiñones A, Gutierrez D, Madrueño R (2013) *Desarrollo humano, pobreza y desigualdades* (Santander) Available at: <http://www.ciberoamericana.com/pdf/MANUAL1.pdf>.
4. López-Medellín X, Navarro-Sigüenza AG, Bocco G (2011) Población humana, actividades económicas y conservación de aves silvestres en México: factores que influyen sus relaciones en dos escalas geopolíticas diferentes. *Rev Mex Biodivers* 82(4):1267–1278.
5. Leadley P, et al. (2010) *Escenarios de biodiversidad: proyecciones para el siglo XXI a los cambios de biodiversidad y sus servicios ecosistémicos* (Montreal).
6. Anisimov O, et al. (2002) Cambio Climático Y Biodiversidad. *Doc Técnico V IPCC* 284(2):93.
7. Perfetti J-J, Balcázar Á, Hernández A, Leibovich J (2013) *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia* (SAC y Fedesarrollo, Bogotá, D.C). Primera Ed.
8. Balthazar V, Vanacker V, Molina A, Lambin EF (2015) Impacts of forest cover change on ecosystem services in high Andean mountains. *Ecol Indic* 48:63–75.
9. Biológica S del C sobre la D, Ambiental, Evaluación CH para (2006) *Cuaderno Técnico CDB No. 26 la diversidad biológica en las evaluaciones de impacto. Documento de antecedentes de la Decisión VII/28 del Convenio sobre la Diversidad Biológica: Directrices voluntarias sobre evaluaciones de impacto, incluida la diversidad b* (Biológica, Secretaría del Convenio sobre la

Diversidad Ambiental Evaluación, Comisión Holandesa para) Available at: http://www.iema.net/system/files/sp3_0.pdf.

10. Torres-Romero E-J, Olalla-Tárraga M-Á (2014) Impacto humano y riqueza de especies de vertebrados terrestres: una revisión a diferentes escalas macroecológicas. *Rev Ecosistemas* 23(1):13–20.
11. García D (2006) La escala y su importancia en el análisis espacial. *Rev Ecosistemas* 15(3):7–18.
12. Olalla -Tárraga M-Á (2014) Macroecología: una disciplina de investigación en auge. *Rev Ecosistemas* 23(1):1–3.
13. Soberón J, Miller CP (2009) Evolución de los nichos ecológicos. *Miscelánea Matemática* 49:83–99.
14. Peterson a T, et al. (2011) *Ecological Niches and Geographic Distributions* (Princeton University Press, New Jersey) doi:10.5860/CHOICE.49-6266.
15. Soberón J (2007) Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecol Lett* 10(12):1115–1123.
16. Mateo RG, Felicísimo ÁM, Muñoz J (2011) Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Rev Chil Hist Nat* 84(2):217–240.
17. Ortíz C, Restrepo A, Paéz V (2014) Potential Distribution of *Podocnemis lewyana* (Reptilia: Podocnemididae) and Its Possible Fluctuation Under Different Global Climate Change Scenarios. *Acta Biológica Colomb* 19(3):471–481.
18. Mateo RG, Felicísimo ÁM, Pottier J, Guisan A, Muñoz J (2012) Do stacked species distribution models reflect altitudinal diversity patterns? *PLoS One* 7(3). doi:10.1371/journal.pone.0032586.
19. D'Amen M, et al. (2015) Using species richness and functional traits predictions to constrain assemblage predictions from stacked species distribution models. *J Biogeogr* 42(7):1255–1266.
20. Guisan A, et al. (2013) Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol Lett* 16(12):1424–1435.
21. IDEAM (2010) *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000* (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D.C).
22. Rudas G, et al. (2007) *Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia* (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C).
23. Franco A, Devenish C, Barrero MC, Romero MH (2009) Colombia. *Important Bird Areas Americas - Priority Sites for Biodiversity Conservation* (BirdLife International, Quito), pp 135–148.

24. Koskimies P, Annales S, Fennici Z, Koskimies P (1989) Birds as a tool in environmental monitoring. *Ann Zool Fennici* 26(3):153–166.
25. Villegas M, Garitano-Zavala Á (2008) Las comunidades de aves como indicadores ecológicos para programas de monitoreo ambiental en la ciudad de La Paz, Bolivia. *Ecol en Bolív* 43(2):146–153.
26. Zaccagnini ME, et al. (2010) RIQUEZA, OCUPACIÓN Y ROLES FUNCIONALES POTENCIALES DE LAS AVES EN RELACIÓN A LOS USOS DE LA TIERRA Y LA PRODUCTIVIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS: UN EJEMPLO EN LA ECORREGIÓN PAMPEANA. *Valoración de Servicios Ecosistémicos: Conceptos, Herramientas y Aplicaciones Para El Ordenamiento Territorial* (INTA, Buenos Aires), pp 236–249.
27. Leon J (2013) Efecto de la forma de los fragmentos de un bosque andino transformado sobre una comunidad de aves, Suesca Cundinamarca, Colombia. Dissertation (Pontificia Universidad Javeriana).
28. Ayerbe F (2015) *Colibríes de Colombia* (Wildlife Conservation Society, Colombia).
29. McMullan M, Donegan T, Quevedo A (2011) *Guía de Campo de Las Aves de Colombia* (ProAves, Colombia).
30. Stiles G (1981) Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Ann Missouri Bot Gard* 68(2):323–351.
31. Renjifo LM, et al. (2014) *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica* (Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C).
32. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014) V Informe nacional de la biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad biológica. *Palimpsesto*:80.
33. Phillips, S., Dudik, M. & Schapire R (2011) Maxent Software. Available at: <https://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>.
34. Hijmans R, Cameron S, Parra J, Jones P, Jarvis A (2005) Resolución interpolada superficies clima muy altos para las áreas globales de la tierra. *Rev Int Climatol* 25:1965–1978.
35. USGS .U.S. Geological Survey (2000) HYDRO1k Elevation Derivative Database. Available at: <https://hydrosheds.cr.usgs.gov/references.php>.
36. Bowman AW, Azzalini A (2003) Computational aspects of nonparametric smoothing with illustrations from the sm library. *Comput Stat Data Anal* 42:545–560.
37. Berget C (2006) Efecto del tamaño y de la cobertura vegetal de parques urbanos en la riqueza y diversidad de la avifauna de Bogotá. *Colomb Gestión*

y *Ambient* 9(2):45–60.

38. Sáenz JC, Villatoro F, Ibrahim M, Fajardo D, Pérez M (2006) Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica , Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* (45):37–48.
39. Ospina MA (2008) *MANUAL PARA LA DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE ZONAS AMORTIGUADORAS* (Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá D.C).
40. Gómez A, Álvarez E (2006) Modelación de la distribución espacial de diez especies de aves amenazadas en jurisdicción de Corantioquia. *Gestión y Ambient* 9(1):65–76.
41. Botero E, Páez C, Verhelst J (2012) Ornitología Colombiana Distribución geográfica y ecológica, tamaño poblacional y vacíos de conservación del Periquito de Santa Marta (*Pyrrhura viridicata*). *Ornitol Colomb* 12:32–46.
42. Fundación ProAves (2009) Plan de manejo y conservación del Loro Coroniazul (*Hapalopsittaca fuertesi*). *Conserv Colomb* 7:1–53.
43. Botero–Delgadillo E, Páez C a (2011) Estado actual del conocimiento y conservación de los loros amenazados de Colombia. *Conserv Colomb* 14:86–151.
44. Melo I, Ochoa J, López H, Velásquez P (2008) Pérdida De Área Potencial De Distribución Y Cacería De Subsistencia Del Paujil Colombiano, Crax Albergi, Ave Endémica Críticamente Amenazada Del Norte De Colombia. *Caldasia* 30(1):161–177.
45. Cadena CD, Pedraza CA, Brumfield RT (2016) Climate, habitat associations and the potential distributions of Neotropical birds: Implications for diversification across the Andes. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat* 40(155):275–287.
46. Daniel Cadena C, Loiselle BA (2007) Limits to elevational distributions in two species of emberizine finches: Disentangling the role of interspecific competition, autoecology, and geographic variation in the environment. *Ecography (Cop)* 30(4):491–504.
47. Rahbek C, Graves GR (2000) Detection of macro-ecological patterns in South American hummingbirds is affected by spatial scale. *Proc Biol Sci* 267(1459):2259–65.
48. Medina W, Macana D, Sánchez F (2015) Aves y mamíferos de bosque altoandino-páramo en el páramo de Rabanal (Boyacá-Colombia) Birds and Mammals of High Mountain Ecosystems in the Rabanal Paramo (Boyacá-Colombia). *Rev Cienc en Desarro* 6(2):185–198.
49. Bermúdez- J, Duque S, Sánchez M, Tenorio E (2013) Avifauna en un área perturbada del bosque andino en el Parque Nacional Natural Farallones de

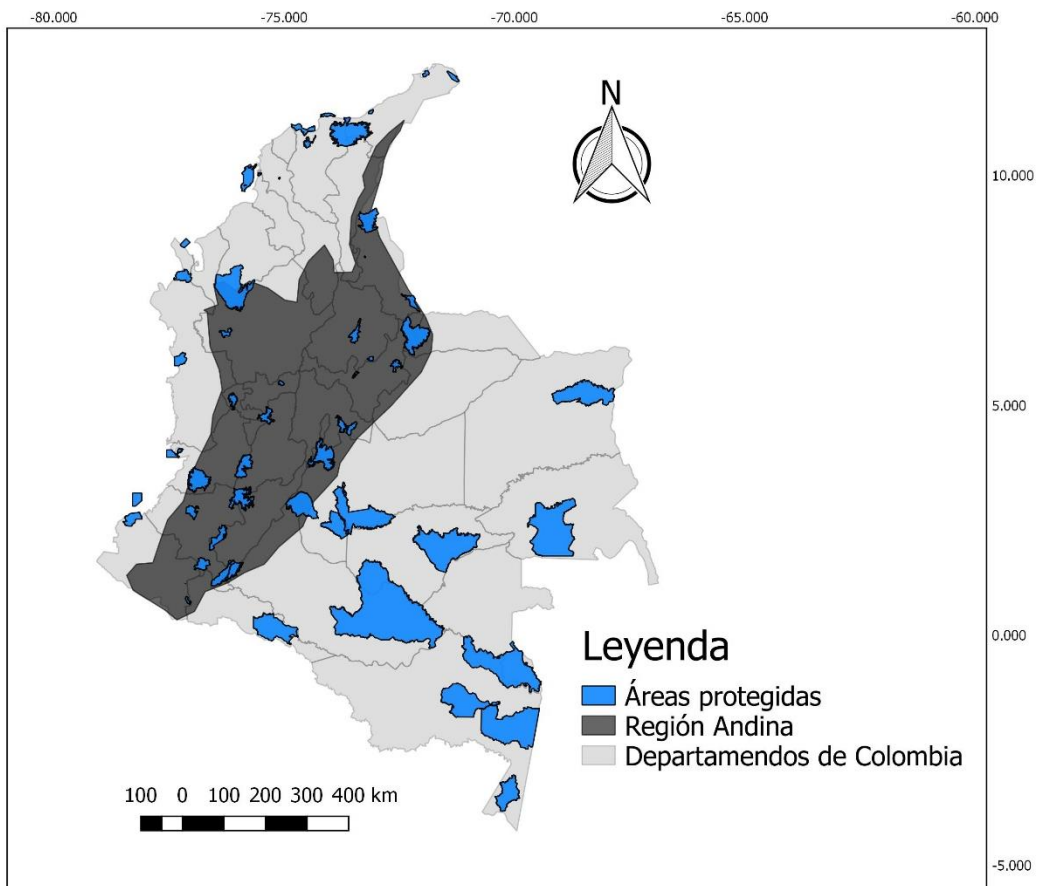
Cali, corregimiento de Pance, Valle del Cauca (Colombia). *Rev Int Climatol* 14(3):35–43.

50. Andrade M (2011) Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción Ciencia-Política. *Rev la Acad Colomb Cienc* 35(137):491–507.
51. Mejia LB, Higuera I (2016) *¿Parques de papel? Áreas protegidas y deforestación en Colombia* (Banco de la República, Cartagena).

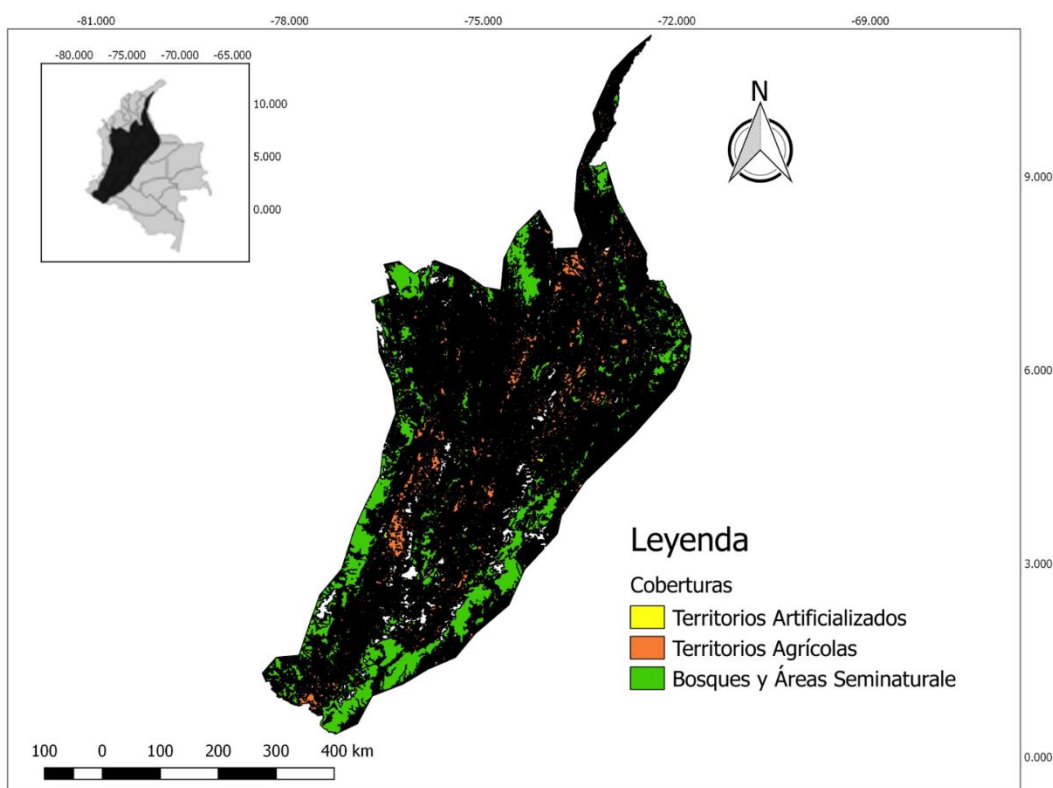
8. APÉNDICE

Apéndice 1. Mapas usados en el análisis

a. Mapa de las áreas protegidas de la región Andina.



b. Mapa de las principales coberturas de la tierra en la región Andina.



Apéndice 2. Área de distribución, valor de AUC y estado de conservación de las especies de las especies de colibríes registradas para la región Andina.

Especie	Área (Km²)	AUC	Estado de conservación	Endemismo
<i>Phaeochroa cuvierii</i>	96	0.977	Preocupación menor	No
<i>Anthocephala floriceps</i>	122	0.989	Vulnerable	Si
<i>Hylocharis cyanus</i>	381	0.873	Preocupación menor	No
<i>Oxypogon stubelii</i>	1568	0.996	Vulnerable	Si
<i>Polytmus guainumbi</i>	1583	0.930	Preocupación menor	No
<i>Phaethornis augusti</i>	5167	0.941	Preocupación menor	No

<i>Metallura iracunda</i>	6451	0.951	En peligro de extinción	No
<i>Amazilia castaneiventris</i>	8225	0.988	En peligro de extinción	Si
<i>Phaethornis longirostris</i>	11228	0.936	Preocupación menor	No
<i>Chalcostigma herrani</i>	14341	0.983	Preocupación menor	No
<i>Heliodoxa aurescens</i>	15385	0.912	Preocupación menor	No
<i>Eriocnemis derbyi</i>	16063	0.983	Casi amenazado	No
<i>Metallura williami</i>	16113	0.985	Preocupación menor	No
<i>Eriocnemis mosquera</i>	18072	0.982	Preocupación menor	No
<i>Coeligena lutetiae</i>	20103	0.985	Preocupación menor	No
<i>Eriocnemis cupreovertris</i>	20306	0.982	Casi amenazado	No
<i>Pterophanes cyanopterus</i>	23900	0.978	Preocupación menor	No
<i>Oxygogon guerinii</i>	24460	0.976	Preocupación menor	Si
<i>Lesbia victoriae</i>	26433	0.981	Preocupación menor	No
<i>Chalcostigma heteropogon</i>	27013	0.970	Preocupación menor	No
<i>Coeligena bonapartei</i>	27516	0.977	Preocupación menor	No
<i>Opisthoprora euryptera</i>	28865	0.941	Preocupación menor	No
<i>Eriocnemis vestita</i>	30664	0.973	Preocupación menor	No
<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	31017	0.972	Preocupación menor	No
<i>Eutoxeres condamini</i>	31237	0.974	Preocupación menor	No
<i>Amazilia fimbriata</i>	31855	0.891	Preocupación menor	No

<i>Lesbia nuna</i>	34274	0.971	Preocupación menor	No
<i>Doryfera johannae</i>	38670	0.948	Preocupación menor	No
<i>Coeligena helianthea</i>	39826	0.971	Preocupación menor	No
<i>Heliodoxa jacula</i>	40353	0.963	Preocupación menor	No
<i>Eriocnemis aline</i>	40499	0.979	Preocupación menor	No
<i>Phaethornis griseogularis</i>	40836	0.931	Preocupación menor	No
<i>Heliangelus amethysticollis</i>	42993	0.961	Preocupación menor	No
<i>Coeligena prunellei</i>	43792	0.964	Vulnerable	Si
<i>Urosticte ruficrissa</i>	44733	0.948	Preocupación menor	No
<i>Heliodoxa rubinoides</i>	46750	0.971	Preocupación menor	No
<i>Ensifera ensifera</i>	48437	0.972	Preocupación menor	No
<i>Chlorostilbon poortmani</i>	48866	0.968	Preocupación menor	No
<i>Lepidopyga goudoti</i>	49220	0.936	Preocupación menor	No
<i>Hylocharis grayi</i>	52278	0.956	Preocupación menor	No
<i>Chrysuronia oenone</i>	52837	0.929	Preocupación menor	No
<i>Anthocephala berlepschi</i>	52994	0.961	Sin registro	Si
<i>Androdon aequatorialis</i>	53841	0.937	Preocupación menor	No
<i>Amazilia amabilis</i>	54156	0.927	Preocupación menor	No
<i>Schistes geoffroyi</i>	54364	0.969	Preocupación menor	No
<i>Urochroa bougueri</i>	55515	0.969	Preocupación menor	No
<i>Heliangelus exortis</i>	57104	0.961	Preocupación menor	No
<i>Chlorostilbon gibsoni</i>	57152	0.940	Preocupación menor	No

<i>Metallura tyrianthina</i>	59218	0.951	Preocupación menor	No
<i>Thalurania fannyi</i> **	60073	0.934	Preocupación menor	No
<i>Haplophaedia aureliae</i>	60325	0.953	Preocupación menor	No
<i>Chalybura urochrysia</i>	60488	0.909	Preocupación menor	No
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	62120	0.949	Preocupación menor	No
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	62171	0.957	Preocupación menor	No
<i>Amazilia viridigaster</i>	62630	0.920	Preocupación menor	No
<i>Heliiothryx barroti</i>	63361	0.929	Preocupación menor	No
<i>Threnetes ruckeri</i>	64684	0.915	Preocupación menor	No
<i>Coeligena torquata</i>	66615	0.953	Preocupación menor	No
<i>Colibri coruscans</i>	70313	0.940	Preocupación menor	No
<i>Chaetocercus mulsant</i>	71356	0.956	Preocupación menor	No
<i>Campylopterus falcatus</i>	73062	0.953	Preocupación menor	No
<i>Colibri thalassinus</i>	73091	0.949	Preocupación menor	No
<i>Campylopterus villaviscensio</i>	73228	0.917	Casi amenazado	No
<i>Amazilia saucerrottei</i>	73680	0.932	Preocupación menor	No
<i>Amazilia franciae</i>	73782	0.957	Preocupación menor	No
<i>Boissonneaua flavescens</i>	73832	0.958	Preocupación menor	No
<i>Chlorostilbon melanorhynchus</i>	74285	0.949	Preocupación menor	No
<i>Calliphlox mitchellii</i>	75730	0.965	Preocupación menor	No

<i>Phaethornis anthophilus</i>	75969	0.910	Preocupación menor	No
<i>Phaethornis guy</i>	76124	0.942	Preocupación menor	No
<i>Chaetocercus jourdani</i>	80734	0.949	Preocupación menor	No
<i>Coeligena coeligena</i>	81368	0.949	Preocupación menor	No
<i>Phaethornis striigularis</i>	81393	0.930	Preocupación menor	No
<i>Doryfera ludovicae</i>	83300	0.943	Preocupación menor	No
<i>Amazilia cyanifrons</i>	84753	0.948	Preocupación menor	Si
<i>Phaethornis syrmatophorus</i>	87615	0.944	Preocupación menor	No
<i>Heliodoxa leadbeateri</i>	87978	0.911	Preocupación menor	No
<i>Colibri delphinae</i>	88390	0.948	Preocupación menor	No
<i>Chalybura buffonii</i>	90620	0.931	Preocupación menor	No
<i>Ocreatus underwoodii</i>	92634	0.943	Preocupación menor	No
<i>Eutoxeres aquila</i>	95543	0.936	Preocupación menor	No
<i>Discosura conversii</i>	96755	0.912	Preocupación menor	No
<i>Chaetocercus heliodor</i>	98613	0.931	Preocupación menor	No
<i>Agelaiocercus kingii</i>	99488	0.947	Preocupación menor	No
<i>Damophila julie</i>	99600	0.931	Preocupación menor	No
<i>Thalurania colombica</i>	99967	0.923	Preocupación menor	No
<i>Heliomaster longirostris</i>	103311	0.915	Preocupación menor	No
<i>Amazilia tzacatl</i>	104102	0.894	Preocupación menor	No
<i>Adelomyia melanogenys</i>	107017	0.937	Preocupación menor	No
<i>Glaucis hirsutus</i>	112371	0.870	Preocupación menor	No

<i>Chlorostilbon stenurus</i>	115542	0.836	Preocupación menor	No
<i>Florisuga mellivora</i>	126659	0.899	Preocupación menor	No
<i>Chlorostilbon mellisugus</i>	136001	0.886	Preocupación menor	No
<i>Chrysolampis mosquitus</i>	139468	0.893	Preocupación menor	No
<i>klais guimeti</i>	141082	0.904	Preocupación menor	No
<i>Heliodoxa schreibersii</i>	147979	0.935	Preocupación menor	No
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	158606	0.885	Preocupación menor	No
<i>Lophornis delattrei</i>	181612	0.916	Preocupación menor	No
<i>Discosura popelairii</i>	196736	0.886	Casi amenazado	No

Apéndice 3. Área relativa de territorios agrícolas en las áreas protegidas, primer buffer y segundo buffer. * Santuarios de flora y fauna.

Uso del suelo (territorios agrícolas)				
	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA PROTEGIDA (MTS)	BUFFER 1 (MTS)	BUFFER 2 (MTS)
1. Catatumbo Barí	PNN	0.036	0.176	0.209
2. Tamá	PNN	0.026	0.212	0.207
3. Cocuy	PNN	0.030	0.192	0.206
4. Pisba	PNN	0.176	0.396	0.386
5. Guanentá Alto Río Fonce*	SFF	0.003	0.397	0.505
6. Iguaque*	SFF	0.059	0.595	0.665

7. Serranía de los Yariguies	PNN	0.022	0.711	0.715
8. Paramillo	PNN	0.030	0.134	0.157
9. Orquídeas	PNN	0.083	0.340	0.391
10. Selva de Florencia	PNN	0.182	0.652	0.530
11. Tatamá	PNN	0.011	0.335	0.410
12. Chingaza	PNN	0.023	0.464	0.535
13. Nevados	PNN	0.049	0.390	0.523
14. Sumapaz	PNN	0.025	0.222	0.314
15. Hermosas	PNN	0.036	0.371	0.445
16. Farallones de Cali	PNN	0.041	0.246	0.295
17. Nevado del Huila	PNN	0.006	0.311	0.448
18. Cordillera de los Picachos	PNN	0.001	0.095	0.168
19. Munchique	PNN	0.049	0.319	0.362
20. Puracé	PNN	0.004	0.233	0.359
21. Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel	PNN	0.000	0.315	0.351
22. Serranía de los Churumbelos Auka - Wasi	PNN	0.000	0.147	0.155
23. Cueva de los Guacharos	PNN	0.003	0.135	0.217

24. Alto Fragua Indi Wasi	PNN	0.005	0.141	0.170
25. Plantas Medicinales Orito Ingi - Andé	SFF	0.000	0.068	0.102

Apéndice 4. Registro de la riqueza en los 100 puntos aleatorios tomados de la capa de coberturas del suelo en la región Andina.

Probabilidad de riqueza	Tipo de cobertura
5.087	Bosques y áreas seminaturales
10.429	Bosques y áreas seminaturales
13.437	Bosques y áreas seminaturales
11.241	Bosques y áreas seminaturales
10.643	Bosques y áreas seminaturales
18.764	Bosques y áreas seminaturales
31.961	Bosques y áreas seminaturales
28.979	Bosques y áreas seminaturales
14.323	Bosques y áreas seminaturales
11.763	Bosques y áreas seminaturales
8.076	Bosques y áreas seminaturales
19.638	Bosques y áreas seminaturales
16.266	Bosques y áreas seminaturales
16.323	Bosques y áreas seminaturales
18.199	Bosques y áreas seminaturales
30.109	Bosques y áreas seminaturales
29.839	Bosques y áreas seminaturales
21.882	Bosques y áreas seminaturales
14.015	Bosques y áreas seminaturales
7.804	Bosques y áreas seminaturales
7.460	Bosques y áreas seminaturales
14.401	Bosques y áreas seminaturales
14.323	Bosques y áreas seminaturales
22.203	Bosques y áreas seminaturales
7.290	Bosques y áreas seminaturales
41.107	Bosques y áreas seminaturales
35.720	Bosques y áreas seminaturales
18.299	Bosques y áreas seminaturales

43.259	Bosques y áreas seminaturales
26.563	Bosques y áreas seminaturales
30.360	Bosques y áreas seminaturales
19.224	Bosques y áreas seminaturales
18.038	Bosques y áreas seminaturales
23.221	Bosques y áreas seminaturales
19.416	Bosques y áreas seminaturales
42.955	Bosques y áreas seminaturales
20.613	Bosques y áreas seminaturales
18.550	Bosques y áreas seminaturales
11.155	Bosques y áreas seminaturales
10.322	Bosques y áreas seminaturales
3.699	Bosques y áreas seminaturales
20.727	Bosques y áreas seminaturales
11.891	Bosques y áreas seminaturales
10.814	Territorios agrícolas
7.669	Territorios agrícolas
21.249	Territorios agrícolas
16.181	Territorios agrícolas
22.324	Territorios agrícolas
23.825	Territorios agrícolas
31.779	Territorios agrícolas
40.316	Territorios agrícolas
25.700	Territorios agrícolas
31.142	Territorios agrícolas
19.404	Territorios agrícolas
33.408	Territorios agrícolas
44.331	Territorios agrícolas
42.729	Territorios agrícolas
21.145	Territorios agrícolas
20.933	Territorios agrícolas
20.000	Territorios agrícolas
27.462	Territorios agrícolas
34.334	Territorios agrícolas
19.842	Territorios agrícolas
25.774	Territorios agrícolas
9.178	Territorios agrícolas
49.633	Territorios agrícolas
28.546	Territorios agrícolas
25.159	Territorios agrícolas
22.297	Territorios agrícolas

29.448	Territorios agrícolas
25.341	Territorios agrícolas
10.453	Territorios agrícolas
8.976	Territorios agrícolas
11.324	Territorios agrícolas
4.574	Territorios agrícolas
11.317	Territorios agrícolas
15.740	Territorios agrícolas
8.999	Territorios agrícolas
2.507	Territorios agrícolas
5.626	Territorios agrícolas
9.819	Territorios agrícolas
31.861	Territorios agrícolas
28.185	Territorios agrícolas
29.082	Territorios agrícolas
35.846	Territorios agrícolas
30.592	Territorios agrícolas
27.478	Territorios agrícolas
11.834	Territorios agrícolas
22.578	Territorios agrícolas
34.629	Territorios agrícolas
35.255	Territorios agrícolas
14.285	Territorios agrícolas
17.117	Territorios agrícolas
6.571	Territorios agrícolas
42.798	Territorios agrícolas
29.883	Territorios artificializados
26.287	Territorios artificializados
16.965	Territorios artificializados
22.550	Territorios artificializados
26.126	Territorios artificializados