

Patrones de distribución de la riqueza de colibríes del bosque seco tropical en el Caribe colombiano.

Distribution patterns of hummingbird richness in tropical dry forests in the Colombian Caribbean

Lucas Moisés Arroyo Garces ¹ <https://orcid.org/0000-0002-9908-4368>,

Juan Carlos Linares Arias ² <https://orcid.org/0000-0002-5768-8788>

¹. Grupo de Investigación Biodiversidad Unicordoba, Programa de Biología, Universidad de Córdoba

Recibido: Enero 15 de 2026

Aceptado: Marzo 10 de 2026

*Correspondencia del autor: Lucas Moisés Arroyo Garces

E-mail: larroyogarces00@correo.unicordoba.edu.co

<https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i38.338>

Resumen

Las condiciones ecológicas heterogéneas del bosque seco tropical en el Caribe colombiano pueden tener un efecto en especies clave como los colibríes, polinizadores sensibles a la estructura y composición de este ecosistema. **Objetivo** describir los patrones de distribución espacial de la riqueza de colibríes (Trochilidae) en el bosque seco tropical (BST) del Caribe colombiano. **Materiales y métodos.** mediante el uso de modelos de distribución de especies. Se recopiló 3693 registros georreferenciados de presencia de colibríes a partir de plataformas públicas como GBIF, SiB Colombia y BioModelos. Se construyeron modelos en los programas R y MaxEnt utilizando variables bióticas (modelos de distribución de especies vegetales nectaríferas), estructurales (altura del dosel) y climáticas (precipitación y temperatura). Se aplicaron filtros espaciales, análisis de componentes principales (PCA), y se evaluó el desempeño de los modelos con métricas como AUC y AICc. **Resultados.** Se muestran una distribución no homogénea de la riqueza de colibríes, con la identificación de 11 subregiones dentro del BST, cada una con diferentes combinaciones de especies. Las mayores concentraciones de riqueza se localizaron en el Parque Nacional Natural Tayrona, Montes de María y el Bajo Magdalena. Las variables bióticas fueron las que más aportaron a los modelos, seguidas por la precipitación del trimestre más frío y la altura del dosel. **Conclusión** que la riqueza de colibríes en el BST del Caribe colombiano responde a una combinación de factores ecológicos que varían espacialmente, y que los modelos de distribución permiten identificar núcleos de diversidad clave para orientar acciones de conservación en este ecosistema altamente fragmentado.

Palabras clave: Nicho, endemismo, Gradientes ambientales, Heterogeneidad ecológica

Abstract

Introduction: The heterogeneous ecological conditions of the tropical dry forest in the Colombian Caribbean may have an effect on key species such as hummingbirds, pollinators that are sensitive to the structure and composition of this ecosystem. **Objective:** To describe the spatial distribution patterns of hummingbird (Trochilidae) richness in the tropical dry forest (TDF) of the Colombian Caribbean. **Materials and methods:** Using species distribution models. 3,693 georeferenced records of hummingbird presence from public platforms such as GBIF, SiB Colombia, and BioModelos. Models were constructed in the R and MaxEnt programs using biotic variables (models of the distribution of nectar-producing plant species), structural variables (canopy height), and climatic variables (precipitation and temperature). Spatial filters and principal component analysis (PCA) were applied, and model performance was evaluated using metrics such as AUC and AICc. **Results:** A non-homogeneous distribution of hummingbird richness was observed, with the identification of 11 subregions within the BST, each with different combinations of species. The highest concentrations of species richness were located in Tayrona National Natural Park, Montes de María, and Bajo Magdalena. Biotic variables contributed most to the models, followed by precipitation during the coldest quarter and canopy height. **Conclusion:** Hummingbird species richness in the Colombian Caribbean BST. Translated with DeepL.com (free version)

Keywords: Niche, endemism, environmental gradients, ecological heterogeneity.

Introducción:

El bosque seco tropical (BST) es uno de los ecosistemas más biodiversos y, a la vez, más degradados del trópico americano (1,2). En el Caribe colombiano, esta situación es particularmente grave: el paisaje ha sido transformado casi en su totalidad por actividades agropecuarias, dejando solo pequeños remanentes de vegetación en una matriz altamente intervenida (3,4). Esta fragmentación reduce la conectividad entre hábitats, altera la dinámica ecológica y afecta negativamente a las especies que dependen de la vegetación nativa, especialmente a los polinizadores (5,6).

Dentro del BST, los colibríes (Trochilidae) juegan un papel central como polinizadores de numerosas especies de plantas, muchas de ellas endémicas o adaptadas a condiciones estacionales de (7,8). Su estrecha relación con la oferta floral los convierte en indicadores sensibles a los cambios en el paisaje, como la pérdida de cobertura vegetal, la reducción en la disponibilidad de recursos o la alteración de la estructura del hábitat (9,10). Sin embargo, a pesar de su importancia ecológica, la información sobre los patrones de distribución de estas aves en la región sigue siendo escasa, y se limita a estudios puntuales sin una perspectiva espacial amplia (11,12).

Los modelos de distribución de especies se han consolidado como una herramienta fundamental para el estudio de la biodiversidad, especialmente en regiones donde los datos de campo son limitados o el acceso es restringido (13,14). A partir de registros de presencia y variables ambientales, estos modelos permiten predecir las áreas con condiciones favorables para la presencia de las especies, aportando una representación espacial útil para la conservación y la planificación ecológica (15,16).

El uso de variables no solo climáticas sino también estructurales y bióticas, como la presencia de plantas nectaríferas, ha enriquecido los modelos ecológicos y mejorado su capacidad predictiva (17,18). Este enfoque permite considerar la interacción entre especies y la disponibilidad dinámica de recursos, aspectos clave para comprender cómo se organiza la riqueza de colibríes en paisajes ambientalmente heterogéneos como el Caribe seco colombiano.

Frente a un ecosistema en rápido deterioro y una creciente necesidad de tomar decisiones de manejo informadas, resulta fundamental comprender cómo se distribuye la biodiversidad en el espacio y qué factores explican su variación. Generar este conocimiento no solo permite priorizar áreas para la conservación, sino

también evaluar el estado funcional de ecosistemas fragmentados y proponer medidas que favorezcan la conectividad y la resiliencia ecológica en paisajes secos.

Materiales y métodos:

Tipo de estudio: Se realizó un estudio de carácter descriptivo con enfoque ecológico, orientado a modelar y analizar los patrones espaciales de la riqueza de colibríes en el bosque seco tropical (BST) del Caribe colombiano, utilizando herramientas de modelación de nicho ecológico y sistemas de información geográfica.

Área de estudio: El área de estudio corresponde a la región Caribe de Colombia, delimitada según criterios climáticos y ecológicos propios del bosque seco tropical (2014). Esta Región incluye territorios de los departamentos de La Guajira, Cesar, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre y Córdoba. La delimitación se realizó mediante análisis espacial en QGIS, integrando capas climáticas y ecológicas, y siguiendo los lineamientos de varios autores (19-21) Figura 1.

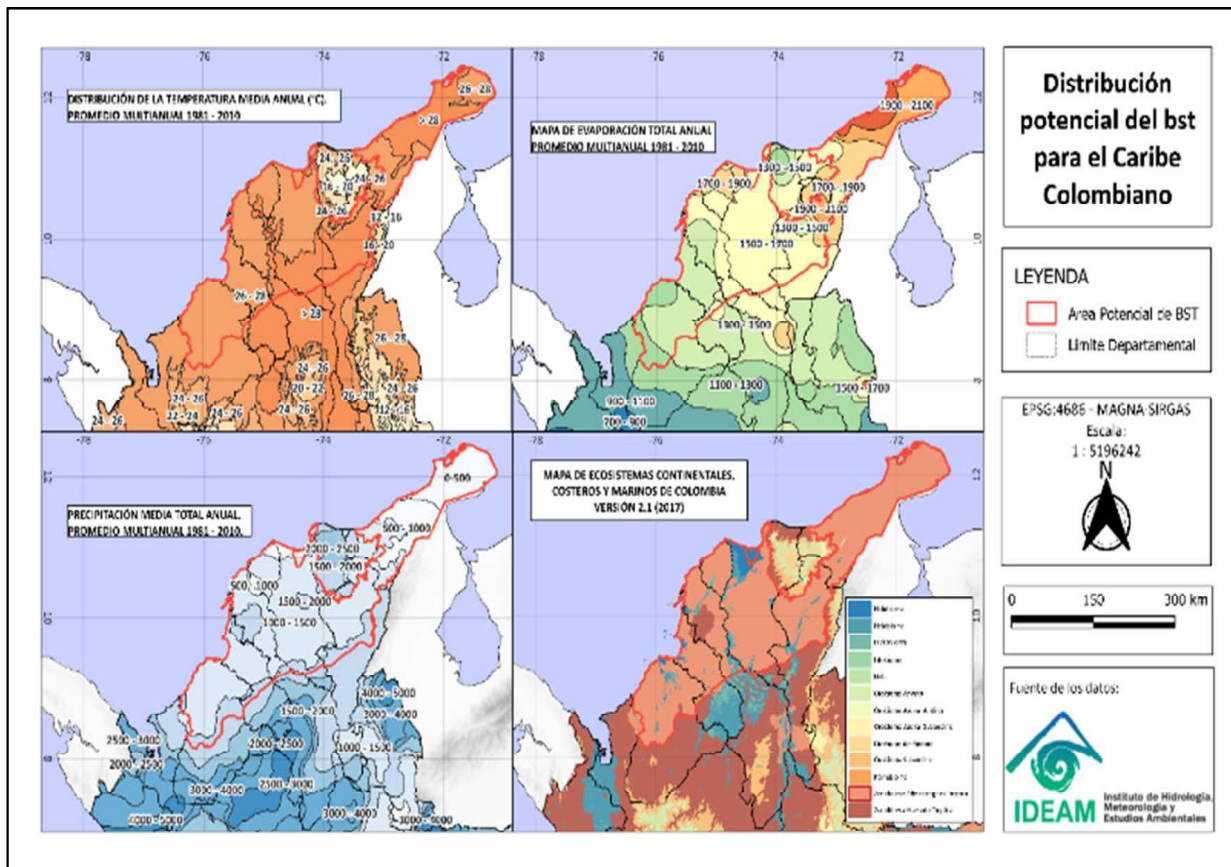


Figura 1. Distribución potencial del bosque seco tropical en el Caribe colombiano (Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM)

Condiciones geo-climáticas: El BST del Caribe colombiano se caracteriza por temperaturas medias anuales superiores a 17 °C, precipitaciones entre 250 y 2000 mm y una evapotranspiración potencial que supera la precipitación. Predominan climas secos, semiáridos y semisecos, con una marcada estacionalidad. La vegetación es caducifolia, adaptada a la aridez, y se distribuye en parches fragmentados en cuencas como el bajo Sinú, Montes de María, Magdalena medio, Guajira alta y media, y Sierra Nevada de Santa Marta (8,22).

Especies de estudio: Se seleccionaron 19 especies de colibríes (Trochilidae) con registros confirmados en el BST del Caribe colombiano, validados taxonómicamente y geográficamente a partir de fuentes como GBIF, BioModelos, SiB Colombia, y literatura especializada (9,12,23). Se excluyeron registros fuera de la delimitación del ecosistema o con ambigüedad espacial.

Base de datos y registros: Se recolectaron 3693 registros de presencia georreferenciados de las especies

seleccionadas. Se aplicó un filtro espacial de 3 km para evitar sobreposición de registros correspondientes a los mismos individuos, en consideración al rango de desplazamiento territorial de los colibríes (24).

Variabes ambientales: Para la realización de los modelos de nicho fue necesario la inclusión de variables que expliquen la presencia de las especies en el espacio geográfico con condiciones climáticas y dinámicas que determinen la presencia estos organismos en el medio.

Estas variables fueron obtenidas de plataformas como WorldClim (25), que proporcionan datos climáticos correspondientes al período 1970-2000 con una resolución de 30 arcsec, Las variables bioclimáticas representan tendencias anuales (p. ej., temperatura media anual, precipitación anual), estacionalidad (p. ej., amplitud térmica anual) y factores ambientales extremos o limitantes (p. ej., temperatura del mes más frío y más cálido, y precipitación de los trimestres húmedo y seco), un trimestre es un período de tres meses (1/4 del año). Asimismo, se incluyeron datos de plataformas globales que aportan información adicional, como la altura del dosel (26). Estas variables representan factores clave que moldean la distribución ecológica de los colibríes en el área de estudio.

Se añadieron también variables dinámicas, donde para evaluar la disponibilidad dinámica de recursos, se identificó la relación con especies de plantas que cada especie de colibrí interactúa y se emplearon modelos de distribución de cada planta de elaboración propia. La información sobre estas relaciones fue recopilada de literatura científica y bases de datos (2,7,9,17). Las especies debían cumplir con tres parámetros: 1) tener alguna relación ecológica con la especie de colibrí (alimentación, refugio, anidación, descanso), 2) estar presente en el BST, y 3) tener presencia en el Caribe colombiano.

Estas variables permitieron incorporar un componente biótico que refleja la disponibilidad dinámica de recursos florales, ofreciendo una visión detallada sobre cómo la fluctuación de estos recursos afecta la distribución de los colibríes en el ecosistema.

Modelado de distribución: Se utilizaron modelos de nicho ecológico en el software R (versión 4.3.0) con el paquete Wallace, que integra funciones de dismo y ENMeval. Se calibraron modelos en MaxEnt v3.4.4 con 10 000 puntos de fondo, clases de características combinadas (L, Q, H, P, T), y multiplicador de regularización de 0.5. La selección de variables finales por modelo se basó en análisis de componentes principales (PCA), análisis jackknife y control de multicolinealidad. Cada modelo incluyó máximo ocho variables.

Evaluación de los modelos: Se validaron los modelos utilizando métricas estadísticas como el AUC (área bajo la curva ROC) y el AICc (criterio de información de Akaike corregido). Se aplicó una partición k-fold cruzada (k = 2 a 5) dependiendo del tamaño del conjunto de datos por especie. Adicionalmente, se consultó un panel de expertos en ornitología y modelación ecológica para validar los resultados preliminares y la delimitación del área de modelación.

Estimación de riqueza: Los modelos binarios (presencia/ausencia) para cada especie se superpusieron en QGIS mediante la Calculadora de Ráster, generando un mapa acumulativo de riqueza potencial de especies.

Este proceso permitió identificar las áreas con mayor número de especies dentro del ecosistema BST, eliminando zonas de bosque húmedo o transicionales que no cumplen los criterios de bosque seco (27,28)

Aspectos éticos: Este estudio utilizó exclusivamente datos secundarios de acceso público, sin interacción directa con fauna silvestre, por lo que no requirió permisos de captura, manipulación ni aprobación por comité de ética.

Resultados

Ocurrencias de los colibríes

El registro de las ocurrencias de los colibríes que tienen presencia en el bosque seco del Caribe colombiano fue de 3693 en total, juntado todos los registros de las plataformas de ciencia ciudadanas y registro de colecciones Figura 2.

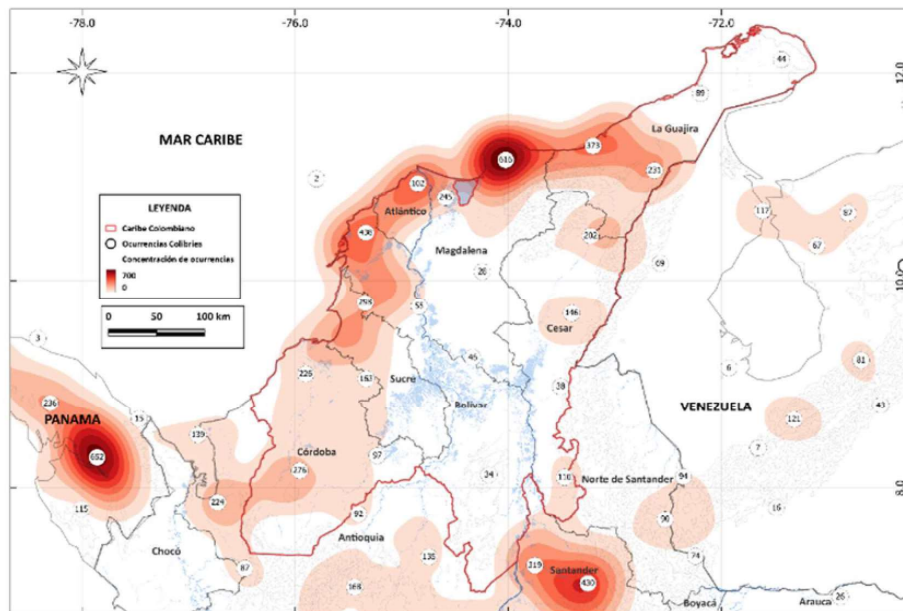


Figura 2. Concentración los registros de ocurrencia de los colibríes en el Caribe. (Fuente: Sistema Global de Información sobre Biodiversidad, GBIF)

Existe una diferencia significativa en el número de ocurrencias entre los distintos colibríes, esto muestra una posible distribución de la densidad o la abundancia de cada una de las especies, como lo sugiere Angulo et al. (29), que suele ser característica inherente a su historia natural, o la consecuencia del cambio en las condiciones ambientales.

Las concentraciones de las ocurrencias de las especies colibríes de este estudio esta mediado, principalmente se habla de zonas destinadas para la investigación ornitológica y al avistamiento turístico de aves como: De sur a norte, Áreas de BST del medio Sinú, complejo cenagoso del bajo Sinú, inmediaciones del golfo de Morrosquillo, áreas protegidas de los Montes de María como el SFF Los Colorados, áreas protegidas cerca de las áreas metropolitanas de Cartagena y Barranquilla, áreas protegidas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, como el Vía Parque Isla de Salamanca, Santuario de flora y fauna Ciénaga Grande de Santa Marta, áreas de BST cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta, áreas protegidas de la baja Guajira y de la Serranía del Perijá. También aportan una cantidad considerable de datos de ciencia ciudadana en áreas urbanas debido a la mayor densidad de población humana y la accesibilidad de estas áreas como lo registra Callaghan et al. (30). Las personas tienden a observar y registrar aves en áreas donde viven o trabajan, lo que a menudo son áreas urbanas, por lo tanto, estas áreas son una fuente importante de datos para la ciencia ciudadana y pueden proporcionar

información valiosa sobre la biodiversidad de las aves en estos entornos, (31).

Las demás áreas son posiblemente submuestreadas, dejando un déficit en el conocimiento y consiguiente en la interpretación de los modelos de distribución, estas áreas son: media y alta Guajira, el valle del río Cesar, los Directos del Bajo Magdalena, y la depresión Momposina. Los déficits de registros se pueden deber a la investigaciones con limitados recursos, este grupo posiblemente le falta interés por parte de investigadores por la dificultades que encierra su identificación comparada con otros grupos de aves, también las condiciones ambientales y sociales de la región dejan zonas con difícil acceso o poca seguridad, estos aspectos también han sido reportados por Frank A & Somveille, (32).

Elección de las variables y modelos de distribución finales de los colibríes del BST Caribe colombiano

Se eligieron 8 variables para cada modelo teniendo en cuenta la parametrización de los modelos en los que se penaliza la sobre parametrización y complejidad, respaldadas por el análisis del panel de expertos, entre las dinámicas y las climáticas (Tabla 1). Fueron escogidas de acuerdo con variables que explican las ocurrencias por medio del análisis de componentes principales y las variables con más peso en el análisis jackknife de los modelos exploratorios. Para todos los modelos está incluida la variable de altura de dosel.

Tabla 1. Modelos finales de las Especies de colibríes del bosque seco del Caribe colombiano que tienen relación con los colibríes.

Especies	Especies de Plantas	var2	var3	var4	var5	FC	ROC	AICC
<i>A. nigricollis</i>	<i>Inga ingoides, Trichanthera gigantea, Handroanthus chrysanthus</i>	Bio 14	Bio 6	Bio 4	Bio 13	L	0.721630154	13936.8682
<i>A. prevotii</i>	<i>Handroanthus impetiginosum, Schizolobium parahyba, Hamelia patens</i>	Bio 4	Bio 5	Bio 13	Bio 6	LQH	0.822364663	9329.38318
<i>A. tzacatl</i>	<i>Hamelia patens, Inga ingoides, Handroanthus chrysanthus</i>	Bio 3	Bio 14	Bio 12	Bio 5	L	0.834545804	4018.98539
<i>C. coeruleo-gularis</i>	<i>Pradosia colombiana, Aphelandra pulcherrima, Roseodendron chryseum</i>	Bio 16	Bio 12	Bio 6	Bio 19	LQH	0.942538095	1035.21177
<i>C. gibsoni</i>	<i>Hamelia patens, Stenocereus griseus, Pelliciera rhizophorae</i>	Bio 3	Bio 15	Bio 12	Bio 14	LQH	0.966205821	1189.59671
<i>C. goudoti</i>	<i>Pradosia colombiana, Aphelandra pulcherrima, Roseodendron chryseum</i>	Bio 15	Bio 3	Bio 13	Bio 2	L	0.893230415	2889.15288
<i>C. julie</i>	<i>Senna occidentalis, Inga ingoides, Erythrina fusca</i>	Bio 4	Bio 3	Bio 5	Bio 2	LQHP	0.899088767	3837.61882
<i>C. liilliae</i>	<i>Pelliciera rhizophorae, Erythrina fusca, Rhizophora mangle</i>	Bio 5	Bio 14	Bio 19	Bio 9	LQ	0.98767884	1229.96207
<i>C. mosquitus</i>	<i>Samanea saman, Cordia bicolor, Inga ingoides</i>	Bio 5	Bio 16	Bio 3	Bio 2	L	0.88510367	1495.21798
<i>F. mellivora</i>	<i>Dolichandra unguis-cati, Samanea saman, Heliconia latispatha</i>	Bio 16	Bio 15	Bio 5	Bio 3	LQ	0.941479412	1509.11563
<i>G. hirsutus</i>	<i>Erythrina velutina, Handroanthus billbergii, Caesalpinia ebano</i>	Bio 15	Bio 16	Bio 5	Bio 4	L	0.79542286	3159.28382
<i>H. longirostris</i>	<i>Inga ingoides, Erythrina poeppigiana, Handroanthus chrysanthus</i>	Bio 15	Bio 16	Bio 5	Bio 12	LQ	0.812982342	2211.47837
<i>L. fallax</i>	<i>Melocactus curvispinus, Opuntia wentiana, Stenocereus griseus</i>	Bio 3	Bio 7	Bio 4	Bio 1	H	0.888173997	1014.15175
<i>P. anthophilus</i>	<i>Roseodendron chryseum, Pogonopus speciosus, Cochlospermum vitifolium</i>	Bio 15	Bio 6	Bio 5	Bio 19	H	0.794622345	9843.85291
<i>P. augusti</i>	<i>Roseodendron chryseum, Pogonopus speciosus, Cochlospermum vitifolium</i>	Bio 12	Bio 16	Bio 11	Bio 19	LQHP	0.942350669	941.542542
<i>P. cuvierii</i>	<i>Genipa americana, Pelliciera rhizophorae, Inga ingoides</i>	Bio 15	Bio 16	Bio 12	Bio 17	LQHP	0.971107248	2999.63422
<i>P. longirostris</i>	<i>Heliconia wagneriana, Costus pulverulentus, Hamelia patens</i>	Bio 4	Bio 3	Bio 2	Bio 12	LQHP	0.72048035	16522.0241
<i>P. striigularis</i>	<i>Stromanthe jacquinii, Heliconia latispatha, Hamelia patens</i>	Bio 4	Bio 3	Bio 2	Bio 12	LQHP	0.942167774	1449.67308
<i>S. saucerottei</i>	<i>Erythrina poeppigiana, Inga ingoides, Trichanthera gigantea</i>	Bio 15	Bio 14	Bio 12	Bio 4	H	0.715879627	6204.61214

Variables de cada modelo; Validación de cada modelo; ROC, Receiver Operating Characteristic; AICC, Criterio Akaike corregido; FC, Feature Class.

Patrones de distribución potencial de la riqueza de los colibríes del BST Caribe colombiano

El mapa muestra la distribución espacial de la riqueza de especies de colibríes en el Caribe colombiano, con un gradiente de colores que indica en rojo, zonas con menor número de especies; y azul, mayor número de especies Figura 3.

En el marco del análisis de la distribución y riqueza de colibríes en el Caribe colombiano, se llevó a cabo una delimitación espacial del territorio con el fin de identificar patrones ecológicos y biogeográficos relevantes. Este proceso permitió reconocer 11 subregiones (figura 3) con características particulares que, en conjunto, ayudan a explicar la variación en la riqueza de especies en la región. La delimitación de estas subregiones se basó en un enfoque integrador que consideró múltiples factores ecológicos y geográficos, tales como la riqueza específica, la estructura del bosque seco tropical (BST), la climatología local, así como la presencia de áreas de endemismo y zonas prioritarias para la conservación. Esta aproximación concuerda con análisis previos desarrollados por autores como Cifuentes-Sarmiento & Ruiz-Guerra, (33); Cracraft, (34); Pizano & García, (8); Rangel-Ch., (22) quienes han propuesto unidades biogeográficas fundamentadas en criterios similares para

el estudio y manejo de la biodiversidad en Colombia.

Con base en el mapa presentado (figura 3), las 11 subregiones del Caribe colombiano se definieron integrando múltiples criterios ecológicos y biogeográficos que explican la variación espacial en la riqueza de especies de colibríes. Estas subregiones fueron delimitadas considerando, los patrones espaciales de riqueza de especies observados en el gradiente climático, la estructura y extensión del bosque seco tropical (BST), las unidades fisiográficas, la presencia de áreas de endemismo y zonas de importancia para la conservación identificadas en estudios previos. El análisis espacial permitió agrupar áreas con características ambientales y biológicas similares, dando como resultado las siguientes subregiones: Península de La Guajira, Río Camarones, Río Cesar, Serranía del Perijá, Sur de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Medio Cesar - Magdalena, Montes de María, Bajo Magdalena - Canal del Dique, Bajo San Jorge - La Mojana, Río Sinú y Río Canalete. Estas unidades reflejan gradientes de riqueza, desde zonas con baja diversidad (1-4 especies) hasta áreas con alta riqueza (más de 15 especies), lo que permite un enfoque más preciso para futuras acciones de investigación y conservación.

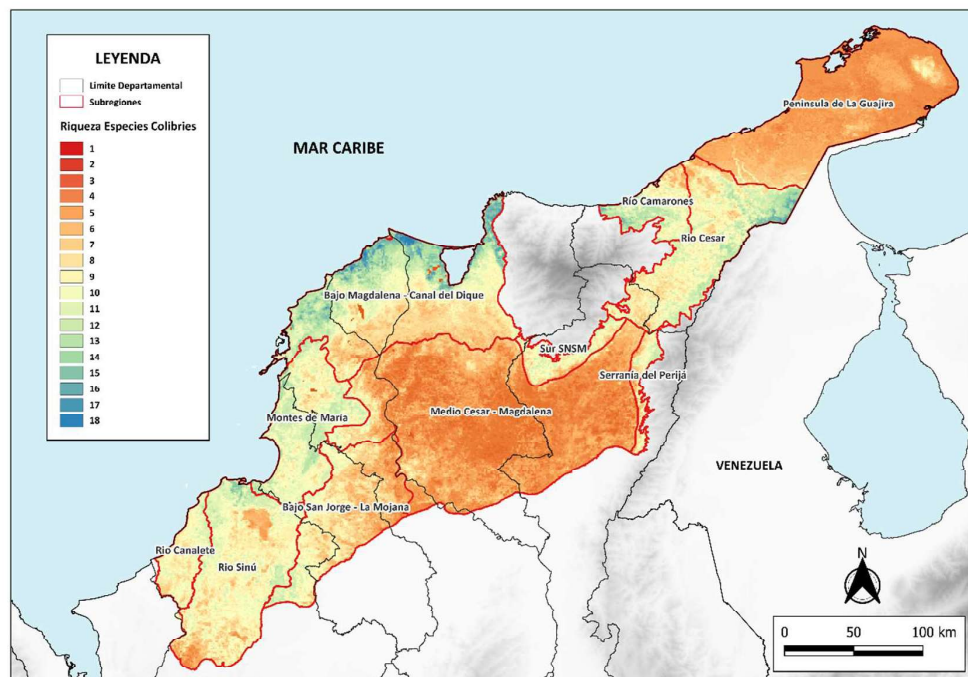


Figura 3. Subregiones que explican potencialmente los patrones de distribución potencial de la riqueza de los colibríes en el BST del Caribe colombiano.

Existen diferencia entre todas las subregiones, excepto para las subregiones del Rio Sinú con el Rio Canalete y La península de La Guajira con los Medio Cesar - Magdalena, esto de acuerdo a la comparación múltiple Tukey Test Figura 4. Para Sinú y Canalete la explicación puede estar basada en los parecidos estructurales de su bosque y la similitud climática, dado por los factores de cercanía geográfica y algo más de influencia del bosque húmedo hacia la zona sur.

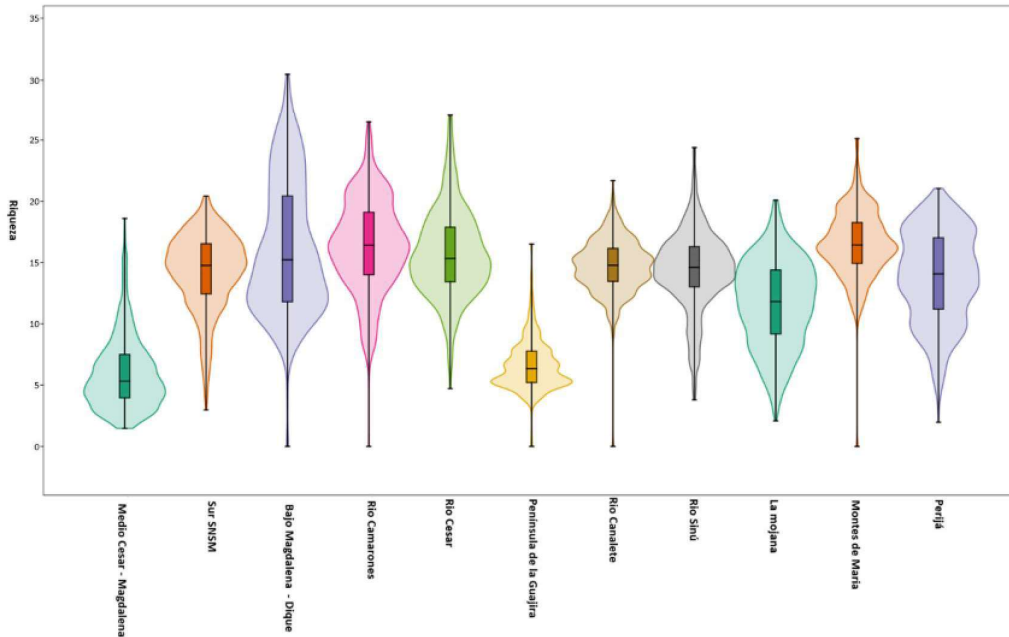


Figura 4. Distribución de la riqueza potencial de colibríes en subregiones del BST del Caribe colombiano.

Se estableció la similitud entre las especies que constituyen la riqueza de especies de cada una de las subregiones mediante un análisis clúster en donde se identificó la similitud con el índice jaccard, este índice es usado comúnmente para análisis de presencia – ausencia de especies Figura 5.

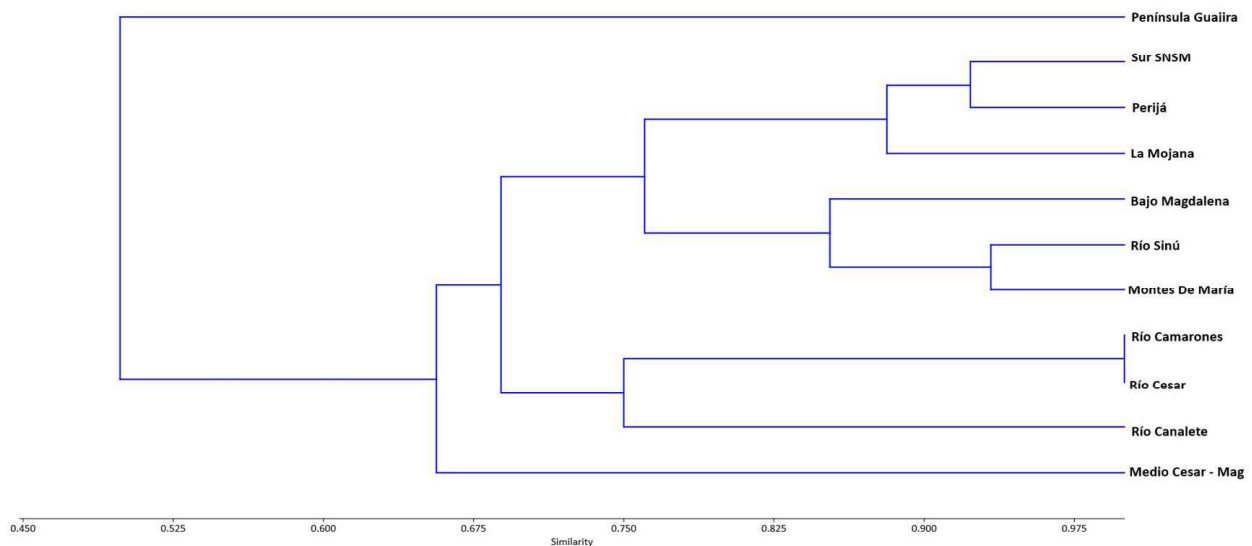


Figura 5. Análisis clúster de similitud con índice jaccard entre las especies de colibríes que constituyen la riqueza de especies de cada una de las subregiones de BST del Caribe colombiano

Existen especies que son compartidas en todas las subregiones, como *A. tzacat*, *C. gibsoni*, *C. goudoti*, *F. mellivora*, *G. hirsutus*, *H. longirostris* y *C. mosquitus*. Mientras que hay especies con menos de 4 presencias en las subregiones, como *A. presvotii*, *L. fallax*, *P. cuvierii* y *P. augusti* y una especie endémica de una subregión *C. lilliae* del Bajo Magdalena – Canal del Dique. Por otro lado, Medio Cesar - Magdalena y la península de La Guajira son las subregiones con menor riqueza, con 9 especies, aunque tienen una riqueza similar, difieren en 2 especies y en las razones de la baja cantidad de especies. Por otra parte, la similaridad de las subregiones del Rio Camarones y Rio Cesar es del 100%, estas comparten las mismas especies, gracias a su similaridad en gradientes de zonas más secas a húmedas y estructuras de arbustales xerofíticos a bosques.

Se obtuvo la contribución de las variables en los modelos de distribución de los colibríes en el BST del Caribe

colombiano (Figura 6). La variable con mayor influencia es especies de plantas, indicando que la disponibilidad de ciertos recursos florales es el principal factor determinante en la distribución de estas aves, lo que respalda la idea de que su presencia está íntimamente ligada a la especialización a las flores. Hay diferencia significativa ($p < 0,001$) entre las contribuciones que hacen las variables a los modelos de distribución de la riqueza de especies de colibríes, esto se comprobó mediante un análisis de ANOVA de rangos, que establece las diferencias en los valores medianos.

Además, variables isothermalidad y precipitación del trimestre más frío (BIO3 y BIO19) y altura del dosel (Canopy) también tienen una contribución significativa ($p < 0,05$), sugiriendo que el clima y la estructura del bosque afectan la distribución de los colibríes, al influir en la disponibilidad de flores y condiciones de hábitat.

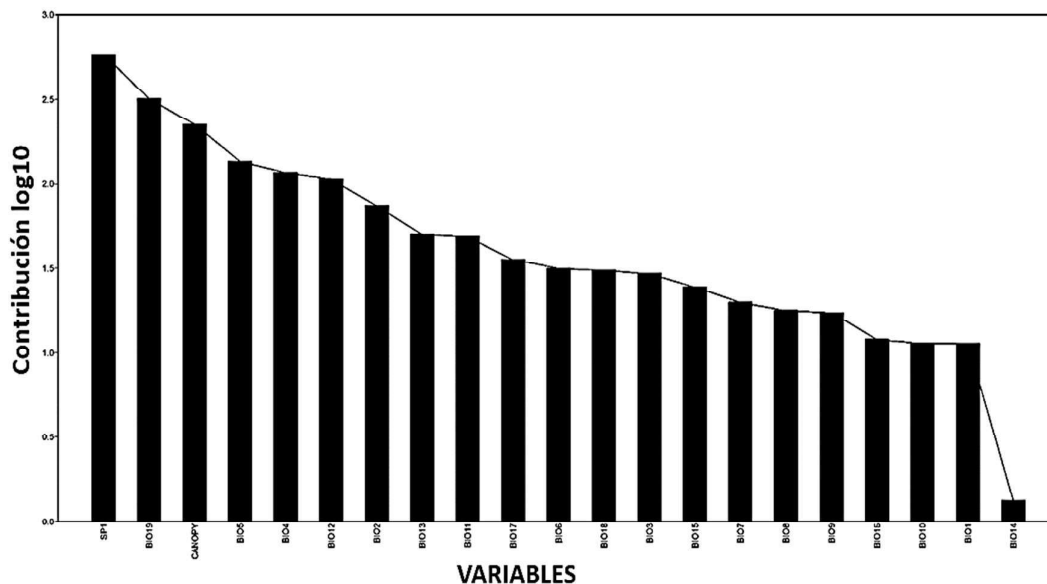


Figura 6. contribución de las variables a los modelos de distribución de especies que componen la riqueza de colibríes del BST en el Caribe colombiano Porcentaje Transformados a log10.

Discusión:

Las concentraciones de las ocurrencias de las especies colibríes de este estudio esta mediado, principalmente se habla de zonas destinadas para la investigación ornitológica y al avistamiento turístico de aves como: De sur a norte, Áreas de BST del medio Sinú, complejo cenagoso del bajo Sinú, inmediaciones del golfo de Morrosquillo, áreas protegidas de los Montes de María como el SFF Los Colorados, áreas protegidas cerca de las áreas metropolitanas de Cartagena y Barranquilla, áreas protegidas de la Ciénaga Grande de Santa Mar-

ta, como el Vía Parque Isla de Salamanca, Santuario de flora y fauna Ciénaga Grande de Santa Marta, áreas de BST cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta, áreas protegidas de la baja Guajira y de la Serranía del Perijá. También aportan una cantidad considerable de datos de ciencia ciudadana en áreas urbanas debido a la mayor densidad de población humana y la accesibilidad de estas áreas (30). Las personas tienden a observar y registrar aves en áreas donde viven o trabajan, lo que a menudo son áreas urbanas, por lo tanto, estas áreas son una fuente importante de datos para la ciencia ciudadana.

na y pueden proporcionar información valiosa sobre la biodiversidad de las aves en estos entornos, (31).

La subregión más al suroeste es la del Río Canalete, donde la riqueza de colibríes difiere de otras solo pareciéndose a la del Río Sinú con 12 especies, dejando de lado las especies de bosque más seco o de manglar como *C. julie* o *S. saucerrottei*. Esta región se caracteriza por presentar un gradiente altitudinal desde la planicie costera hasta el piedemonte de la Serranía de Abibe ubicada en el departamento de Córdoba, posiblemente funciona como un corredor ecológico que permite la dispersión de colibríes entre hábitats por la combinación de bosques secos con relictos húmedos en las partes altas, generando así una mayor riqueza de especies (35). Este sector norte de los Andes Occidentales colombianos ha sido considerado una de las regiones menos exploradas y menos estudiadas ornitológicamente, generando así un vacío en las ocurrencias del sitio (36).

El valle del Río Sinú es la cuarta subregión con mayor riqueza, con 15 especies, en las que se destacan la mayoría de las especies del género *Phaethornis*. La diversidad de microhábitats, la disponibilidad de fuentes florales y la conectividad con sistemas montañosos pueden contribuir a la presencia de especies de colibríes con distintos grados de especialización, desde generalistas como *Chrysuronia goudoti*, hasta especialistas como los de la familia Phaethornidae; en la cuenca baja se encuentra el complejo cenagoso del bajo Sinú, que es valioso por la riqueza de aves, como lo reconocen varios autores (33,37).

La riqueza de colibríes de la subregión del Bajo San Jorge – La Mojana es la tercera más baja, con un total de 11 especies, esta es heterogenea, donde sus límites encuentra mayor diversidad, mientras que las zonas más distantes son menores. Estas últimas abarcan la confluencia del río San Jorge y el sistema de humedales de La Mojana, caracterizado por suelos estacionalmente inundables y fragmentos de bosque seco y de galería (38), donde la fluctuación de recursos florales a lo largo del año y la conectividad con zonas de bosque más conservadas podrían ser clave en la composición de especies de colibríes en esta área, además de que encuentra una gran cantidad de cultivos de arroz en convergencia de zonas naturales y cercas vivas que según Ballesteros (39) que ayudarían a mantener la dinámica del ensamblaje de aves incluidos los colibríes .

En los Montes de María su riqueza es media, con 14

especies, su topografía accidentada y los relictos de vegetación permiten la coexistencia de especies de colibríes con diferentes requerimientos ecológicos, incluyendo algunas con rangos de distribución restringidos, como los confirmados por Galvan (40), *Chlorostilbon gibsoni* y *Chlorestes julie*, además de Phaetornidos más restringidos a zonas húmedas como *Phaethornis strigulariis* y especies de encuentros poco recurrente como *Phaeochroa cuvierii* (41). Esta cadena montañosa, ubicada entre Bolívar y Sucre, es un refugio de biodiversidad con parches de bosque seco remanente en medio de un paisaje altamente transformado por la agricultura y ganadería como ha sido descrito (8,22,27).

La Subregión del Bajo Magdalena – Canal del dique es la de mayor riqueza identificada, en la que se encuentran 17 de las 19 especies del estudio, cuenta con todas las especies del género *Phaethornis* y *Chrysuronia*, solo las especies de distribución restringida a ecosistema muy seco de La Guajira no están presentes. tiene una convergencia de ecosistemas de manglar, bosque seco, muy seco, ciénagas, y transición a húmedo, explicando así su alta riqueza, además de ser parte del área de endemismo descrito por Cracraft (34) donde se encuentra la mayor concentración de individuos de la especie endémica *Chrysuronia lilliae* como lo identifica BirdLife International (42).

Por otro lado la subregión de Medio Cesar - Magdalena es una de las subregiones con menor riqueza de colibríes, con 9 especies, en los que se han registrado especies de colibríes que son representadas en la mayor parte del Caribe , como los que identifica Medina-Rangel (43) *C. goudoti*, *Anthracothorax nigricollis* o *Amazilia tzacatl*. Esta Incluye los ríos y arroyos que desembocan directamente en el Magdalena y Río Cesar en su curso bajo, caracterizados por mosaicos de bosques secos, bosques de galería y ciénagas en las depresiones del centro y sur del Cesar. Esta baja riqueza probablemente se deba a el uso actual del suelo, que se ve reflejado en la capa de altura de dosel propuesta por Lang et al. (26), donde solo esta presentes las especies que soportan estas condiciones.

En la subregión del Sur de la Sierra Nevada de Santa Marta la riqueza es media, con 12 especies de colibrí, donde se observa un gradiente altitudinal que permite la coexistencia de estas aves con diferentes rangos de distribución, incluye el piedemonte y laderas bajas del sur de la Sierra nevada de Santa Marta. Aquí se encuentran especies endémicas y otras de distribución más amplia,

que se benefician de la variabilidad climática y la disponibilidad de flora adaptada a diferentes alturas (44).

La Serranía del Perijá tiene una riqueza media de 13 especies, destacando la presencia de *P. augusti*, especie restringida a zonas más húmedas. Su condición de aislamiento biogeográfico favorece la distribución restringida, haciendo de esta subregión un punto clave para la riqueza de aves y colibríes, como ha sido descrito por varios autores (34,45,46). Esta cadena montañosa presenta un fuerte gradiente ambiental, desde el bosque seco de las partes bajas hasta el bosque montano en las cumbres. El monto anual promedio es 1610mm que Rangel-Ch et al. (47) lo calificaría como una zona de vida representante típica de la formación bosque tropical seco, en transición al bosque tropical húmedo.

En la Cuenca del Rio Cesar, su riqueza es la segunda más alta junto a la del Rio Camarones, con 16 especies. Existe un gradiente de riqueza de Colibríes, donde es menor al sur, zona donde conecta con la subregión de Medio Cesar - Magdalena, y mayor al norte con la península de La Guajira, donde se encuentran especies de distribución restringida a zonas más secas. Esta subregión puede ser una barrera que separa a estas especies del BST de norte seco al sur más húmedo. Pero también puede ser conexión entre la Serranía del Perijá y la SNSM, permitiendo el tránsito de especies y el mantenimiento de la diversidad de aves (48), encontrando un mosaico de hábitats con relictos de bosque seco y bosques de galería en una matriz de sabanas y tierras agrícolas (49).

La cuenca del Rio Camarones tiene una riqueza alta, con 16 especies de las 19 reportadas para bosque seco. Las especies de colibríes en esta región son filtrados por las condiciones de sequía prolongada, lo que sugiere que la riqueza aquí está fuertemente influenciada por la disponibilidad temporal de recursos florales y la presencia de especies especializadas como las reportadas por Morales Pozo (50) *C. lilliae*, especie endémica de Colombia, y *Leucippus fallax* endémica del cinturón árido de La Guajira (23) localizado en La Guajira. Esta subregión forma parte de un paisaje donde el bosque seco transición a zonas semiáridas (51).

La subregión más al norte es Península de La Guajira. La riqueza de colibríes es la más baja junto con la de Medio Cesar - Magdalena, con 9 especies de colibríes, pero destacando especies de distribución restringida como *L. fallax* o *A. prevostii*. Esta es la subregión más

árida, donde el bosque seco se mezcla con ecosistemas xerofíticos según (21), donde pueden encontrarse especies especializadas en la polinización de plantas adaptadas a condiciones extremas, por ejemplo las cactáceas, (52).

Para la península de La Guajira es la subregión que más se separa de las demás en la similaridad, porque solo comparte el 63% de similaridad. Esta área fue definida por Cracraft (34) como área de endemismo para aves. Esta área de endemismo incluye la avifauna que se encuentra adaptada para un sistema costero y árido del norte de Colombia y Venezuela. 2 de las 4 especies con menos presencia en el BST del Caribe se encuentran en esta subregión (*A. prevostii* y *L. fallax*) en las que tiene especies compartida con las subregiones del Rio Cesar y Rio Camarones. Como lo indica Cracraft (34) también se ve reflejado en otros grupos de aves como en la familia Thraupidae con *Thraupis glaucocolpa* o *Saltator orenosensis* o el en la familia Tyrannidae, la más grande del neotrópico, con *Inezia tenuirostris*.

Para la subregión de Medio Cesar - Magdalena la riqueza es más baja que las demás. Aquí se encuentran las 7 especies de más amplio rango del BST. Además, están las especies *A. nigricollis* y *P. anthophilus*, que tienen presencia en la mayoría las subregiones excepto La Guajira. Las razones de la baja riqueza en comparación a las demás subregiones tienen un sentido más antropogénico que propio de la climatología local. El bosque seco se enfrenta a la fragmentación y pérdida de hábitat, si bien esto sucede a lo largo de toda la región (8), en esta subregión en específico es evidente la falta de cobertura de bosque original como lo indican IDEAM (53), impidiendo la capacidad del sistema en soportar especies sensibles, como los colibríes, que requieran grandes coberturas poco modificadas (11).

La distribución de la riqueza de las colibríes en BST del Caribe colombiano se ve afectada de manera similar por las variables bioclimáticas, para este tipo de variables, la precipitación del trimestre más frío fue la que más contribuyó a la riqueza de colibríes en el bosque seco. Esto difiere de trabajos donde se determinan la contribución de las variables en la distribución colibríes, como el trabajo de Ramírez (54) en el que determinó la contribución de las variables para 28 especies de colibríes en Nariño, y estableció que la temperatura y sus variables derivadas fueron las que más contribución tuvieron, mientras que para los colibríes el BST del Caribe fueron las variables de precipitaciones, sus derivadas

y la isothermalidad, todas estas variables más asociadas a la estacionalidad de este ecosistema.

Las variables con menor contribución a la riqueza de colibríes en el BST, son precipitación del mes más seco, temperatura media anual y temperatura media del trimestre más cálido, reflejan factores que tienen poca influencia en la distribución de los colibríes dentro del BST. Esto sugiere que todas las condiciones ambientales que se atribuyen a la temperatura, no varían en este ecosistema, según el IDEAM (21).

Se evidencian que la distribución de los colibríes en el BST del Caribe colombiano está influenciada por la disponibilidad de recursos florales y las condiciones climáticas a nivel regional. La presencia de especies con diferentes rangos de distribución sugiere que algunas poseen capacidad adaptiva a sistemas transformados, mientras que otras dependen de condiciones más específicas, lo que resalta la importancia de evaluar tanto factores abióticos, las variables climáticas, como bióticos, las especies vegetales con las que interactúan. Además, se identificaron varias especies con presencia limitada y vacíos importantes de información. Esta situación refleja la falta de registros actualizados y dificulta una comprensión precisa de su distribución.

La riqueza de especies de colibríes presentó una distribución espacial compleja dentro del ecosistema, lo que llevó a la delimitación de 11 subregiones ecológicas en el BST del Caribe. Estas unidades permiten interpretar de forma más precisa los patrones espaciales de diversidad, considerando factores ambientales, estructurales y biogeográficos que influyen en la presencia de estas aves.

Contribución de autores

LMAG redactó, editó el manuscrito. Contribuyó sustancialmente a la concepción y diseño; obtención y análisis de los datos. JCLA: contribuyó sustancialmente a la concepción y diseño, revisó críticamente el texto y aprobó la versión final para su publicación.

Conflicto de intereses y financiación.

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses que pueda haber influido en el desarrollo, análisis o presentación de los resultados de esta investigación.

La presente investigación fue financiada parcialmente por la Universidad de Córdoba (Montería, Colombia), que facilitó el acceso a equipos. El resto de los recursos necesarios para el desarrollo del trabajo provinieron de aportes propios de los autores.

Referencias

1. Murphy PG, Lugo AE. Ecology of tropical dry forest. *Annu Rev Ecol Syst.* 1986;17: 67-88.
2. Pizano C, García H. El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2014; 11:1-14. Available from: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
3. Mendoza JE, Amaya JD, Terán P, Ramos A, Vargas N, Cediell M, et al. Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2012. Available from: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Poli%CC%81tica-Nacional-de-Gestio%CC%81n-Integral-de-la-Biodiver.pdf>
4. Vergara-Paternina JA, Gomez JP, Aldana-Domínguez J, Vilchez-Mendoza SJ. Configuration Patterns of Tropical Dry Forest in Northern Colombia: A 10m Resolution Map for Highly Fragmented Ecosystem. 2025; 02: 1-5. Available from: <https://www.ssrn.com/abstract=5192394>
5. Chacoff Natacha P, Morales Carolina L. Impacto de las alteraciones antrópicas sobre la polinización y la interacción planta-polinizador. *Ecol austral.* 2007; 17(1): 3-5. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2007000100001&lng=es.
6. Elizondo L, Guerra M, Gei MG, Costa JF, Arévalo E. Colibríes forrajeando según patrones de distribución espacial del recurso alimenticio: flores y nectar. 2007;(July 2020). Available from: https://www.researchgate.net/publication/343112576_COLIBRIES_FORRAJEANDO_SEGUN_PATRONES_DE_DISTRIBUCION_ESPACIAL_DEL_RECURSO_ALIMENTICIO_FLORES_Y_NECTAR
7. López C. R., Sarmiento C., Espitia L., Barrero A.M., Consuegra C., Gallego C., B. 2016. 100 plantas del Caribe colombiano. Usar para conservar: aprendiendo de los habitantes del bosque seco. Fondo Patrimonio Natural, Bogotá D.C. Colombia. 240 pp.
8. Pizano C, González-M. R, López R, Jurado RD, Cuadros H, Castaño-Naranjo A, et al. El bosque seco tropical en Colombia. *Biodivers 2015 Estado y tendencias la Biodivers Cont Colomb.* 2016;2-2.
9. León-Camargo D, Rangel-Churio JO. Interacción colibrí-flor en tres remanentes de bosque tropical seco (BsT) del municipio de Chimichagua (Cesar, Colombia). *Caldasia.* 2015;37(1):107. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n1.50812>.
10. Hadley AS, Frey SJK, Robinson WD, Betts MG. Forest fragmentation and loss reduce richness, availability, and specialization in tropical hummingbird communities. *Biotropica.* 2018;50(1):74-83. <https://doi.org/10.1111/btp.12487>
11. Leon-Camargo D, Lasprilla LR, Churio JOR. Efecto de la fragmentación sobre la interacción Colibrí-Flor en tres remanentes de bosque seco tropical en el Municipio de Chimichanga (Cesar, Colombia). 2013;128. Available from: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21426>
12. Vélez D, Tamayo E, Ayerbe-Quiñones F, Torres J, Rey J, Castro-Moreno C, et al. Distribution of birds in Colombia. *Biodivers Data J.* 2021; 9:1-16. <https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e59202>
13. Soberon J, Peterson AT. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodivers Informatics.* 2005; 2(0):0-10. Available from: <https://journals.ku.edu/jbi/article/view/4>
14. Peterson AT, Papeş M, Soberón J. Mechanistic and correlative models of ecological niches. *Euro J Ecol.* 2015;1(2):28-3.
15. Phillips SB, Aneja VP, Kang D, Arya SP. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Int J Glob Environ Int J Glob Environ.* 2006; 6(2-3):231-252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
16. Guisan A, Zimmermann NE. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol Modell.* 2000;135(2-3):147-86. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
17. Dalsgaard B, Maruyama PK, Sonne J, Hansen K, Zanata TB, Abrahamczyk S, et al. The influence of biogeographical and evolutionary histories on morphological trait-matching and resource specialization in mutualistic hummingbird-plant networks. *Funct Ecol.* 2021;35(5):1120-33. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13784>

18. Sillero N, Arenas-Castro S, Enriquez-Urzelai U, Vale CG, Sousa-Guedes D, Martínez-Freiría F, et al. ¿Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecol Modell.* 2021;456. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109671>
19. Holdridge L. *Ecología basada en zonas de vida*. IICA. 1978. p. 219. Available from: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>
20. Janzen DH. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: Growth. *Ann Missouri Bot Gard.* 1988;75(1):105. <https://doi.org/10.2307/2399468>
21. Ideam, IavH, Invenmar, IGAC. *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Escala 1:100.000. Memoria técnica. 2017. 169 p.
22. Rangel-Ch. J. *Colombia Diversidad Biótica XII. La región Caribe de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales; 2012. 1046 p. Available from: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81961>
23. Hilty S, Brown W. *Guía de las aves de Colombia*. Vol. 13, El Hornero. 1988. p. 94.
24. González Moncada A. Distribución y riqueza espacial de colibríes con relación a coberturas y uso del suelo en la Región Andina. 2018;55. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14625/31130>
25. Booth TH. Checking bioclimatic variables that combine temperature and precipitation data before their use in species distribution models. *Austral Ecol.* 2022;47(7):1506-14. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aec.13234>
26. Lang N, Jetz W, Schindler K, Wegner JD. A high-resolution canopy height model of the Earth. *Nat Ecol Evol* 2023;7(11):1778–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6>
27. Etter A, Andrade A, Saavedra K, Cortés. J. Actualización de la lista roja de los ecosistemas terrestres de Colombia: Herramienta para la gestión de los ecosistemas. En Moreno, L. A., Rueda, C. y Andrade, G. I. *Biodiversidad 2017. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. 2018. Available from: <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap2/204/#seccion9>
28. Pizano C, González-M. R, López R, Jurado RD, Cuadros H, Castaño-Naranjo A, et al. El bosque seco tropical en Colombia. In: *Biodiversidad 2015 Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2016. p. 21–2. Available from: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2015/cap2/202.html>
29. Angulo A, Rueda Almonacid JV, Rodríguez Mahecha JV, La Marca E. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. *Conservación Internacional*. 2006. 298 p. Available from: <http://cdam.minam.gob.pe:8080/handle/123456789/796%0Ahttps://www.amphibians.org/wp-content/uploads/2018/12/Monitoreo-de-anfibios-baja-final.pdf>
30. Callaghan CT, Lyons MB, Martin JM, Major RE, Kingsford RT. Assessing the reliability of avian biodiversity measures of urban greenspaces using eBird citizen science data. *Avian Conserv Ecol.* 2017. <https://doi.org/10.5751/ACE-01104-120212>
31. Callaghan CT, Gawlik DE. Efficacy of eBird data as an aid in conservation planning and monitoring. *J F Ornithol.* 2015;86(4):298-304.
32. Frank A LS, Somveille M. Survey completeness of a global citizen-science database of bird occurrence. *Ecography (Cop)*. 2020;43(1):34-43.
33. Cifuentes-Sarmiento Y, Ruiz-Guerra C. Programa AICA en Colombia. Vol. 1, Asociación Calidris. Santiago de Cali; 2022. 1–14 p. Available from: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
34. Cracraft J. Historical biogeography and patterns of differentiation within the south american Avifauna: Areas of endemism. *Ornithol Monogr.* 1985;(36):49-84. <https://doi.org/10.2307/40168278>
35. Olaciregui C, Quevedo A, González F, Barrera LF. Range extensions and noteworthy records of birds from the Serranía de Abibe, north-west Colombia. *Bull. Br. Ornithologists Club.* 2016; 36: 546-552. Available from: <https://boc-online.org/bulletins/downloads/BBOC1364-Olaciregui.pdf>
36. Cuervo AM, Stiles FG, Bohorquez CI, Alvarez-R MD, Umaña AM, Donegan TM. New and noteworthy bird records from the east slope of the Andes of Colombia. *Caldasia.* 2003;24(1):157-89. Available from https://www.museum.lsu.edu/cuervo/pubs_files/Caldasia2002.pdf
37. Rodríguez-Barrios J, Troncoso F. Nesting Success of the Great-White Heron (*Egretta alba*) in the De-

- partament of Córdoba, Colombia. Acta Biol Colomb. 2006;11(1):123-129
38. Rangel-Ch. JO. Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad-Ecología y manejo ambiental. Vol. 9, Instituto de Ciencias Naturales. 2010. Available from: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81890>
 39. Ballesteros MM. Dinámica temporal del ensamblaje de aves asociadas a cultivos de arroz secano mecanizado en la subregión mojana, Colombia. vol. 15, facultad de ciencias básicas. 2024. Available from: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/a87f28ab-c62c-466f-a0f3-3cb65bbb1145/content>
 40. Galvan S. Mamíferos y aves silvestres registrados en una zona de los Montes de María, colosó, sucre, Colombia. Rev Colomb Cienc Anim - RECIA. 2010;2(1):45. Available from <https://repositorio.unisucre.edu.co/entities/publication/5b89e012-b351-4e1d-a74a-0f3e63f688a8>
 41. Petersen TK, Speed JDM, Grøtan V, Austrheim G. Species data for understanding biodiversity dynamics: The what, where and when of species occurrence data collection. Ecol Solut Evid. 2021;2(1):1-17. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12048>
 42. BirdLife International. *Chrysuronia lilliae*. The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Red List Threat Species. 2021;8235.
 43. Medina-Rangel GF. Alfa and beta diversity of reptilian assemblages in Zapatoseta wetland complex, Colombia. Rev Biol Trop 2011;59(2):935-68. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79956291861&partnerID=40&md5=2645fab46fd1a070e2061a37cb3ba37d>
 44. Carbono E, Lozano-Contreras G. Endemismos y otras singularidades de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Posibles causas de origen y necesidad de conservarlos. Rev Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat. 1997;21(81):409-19. Available from: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2993>
 45. Ardila-r ME, Rangel-ch JO, Rodríguez-o E, Cuervo AM. Birds of the Perijá massif, Colombia. In: Colombia Diversidad Biótica XVIII: Biodiversidad y territorio de la serranía de Perijá (Cesar-Colombia). 2019. p. 397-444. Available from: https://www.researchgate.net/publication/339630828_LA_AVI-FAUNA_DE_LA_SERRANIA_DE_PERIJA_COLOMBIA_Birds_of_the_Perija_massif_Colombia
 46. Renjifo LM, Servat GP, Goerck JM, Loiselle BA, Blake JG. Patterns of Species Composition and Endemism in the Northern Neotropics: A case for conservation of montane avifaunas. Ornithol Monogr. 1997;(48):577-94. <https://doi.org/10.2307/40157554>
 47. Rangel-Ch JO, Jaramillo A, Niño L. La serranía de Perijá: un macizo de excepcional biodiversidad. Colomb Divers Biótica XVIII Biodivers y Territ la serranía Perijá. 2019;(November):629-60. Available from: https://www.researchgate.net/publication/339630466_LA_SERRANIA_DE_PERIJA_UN_MACIZO_DE_EXCEPCIONAL_BIODIVERSIDAD_Perija_a_massif_of_exceptional_biodiversity
 48. Vergara Paternina JA, Sepulveda C, Tobar D. Caracterización de la degradación y los cambios de usos de suelo en fincas ganaderas y su relación con la diversidad de aves en el Valle del Río Cesar, Colombia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; 2015 Available from: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7203>
 49. Giraldo LP, Hernández M, Chará J. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en fincas ganaderas del valle del río Cesar, Colombia: bosques, sistemas silvopastoriles y potreros convencionales. 2024; 45(6):218-237. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n3.99172>
 50. Morales Pozo A. Monitoreo de aves migratorias y residentes en siete humedales de la Guajira informe final Corpoguajira- Conservación Internacional Colombia Convenio 0198-05. 2006;82 Available from: <https://corpoguajira.gov.co/wp/wp-content/uploads/2017/07/AVES-Costeras.pdf>
 51. Jousma G, Serrano S. Investigación hidrológica de la media y baja Guajira. Minist Minas y Energ Inst Nac Investig Geol. 1978;23(1751):44-80. <https://doi.org/10.32685/0120-1425/bolgeol23.3.1980.258>
 52. Nassar JM, Ramírez N. Reproductive biology of the melon cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). Plant Syst Evol. 2004;248(1-4):31-44. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00606-004-0193-4>
 53. IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA. Mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca: metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología M y EAIGACC ción AR del RG de LM, editor. 2008. 200 p. ISBN: 978-958-8323-19-0
 54. Ramírez Ramírez FE. Propuesta de áreas de conservación para el pacífico nariñense, a partir de la distribución de colibríes (AVES: Trochilidae). 2014;1-203. Available from: <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/1503>