

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ORIENTACIÓN EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

ANÁLISIS DE PARSIMONIA DE ENDEMISMO PARA LOCALIZAR SITIOS DE
INTERÉS ECOLÓGICO Y DE CONSERVACIÓN, MEDIANTE EL USO DE DATOS
DE DISTRIBUCIÓN DE CUATRO FAMILIAS DE AVES DE PANAMÁ.

PRESENTADO POR:

KAYRA AGUILAR

TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ORIENTACIÓN EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2022



Análisis de Parsimonia de Endemismo para localizar sitios de interés ecológico y de conservación, mediante el uso de datos de distribución cuatro familias de aves de Panamá.

TESIS

Sometida para optar al título de Maestría en Ciencias Biológicas con orientación en Biodiversidad y Conservación

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

APROBADO POR:

Daniel Emmen PhD
Presidente

Dora Quirós
Miembro

Edwin Domínguez
Miembro

Refrendado por:

Representante de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

Fecha: _____

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, Gloria Samaniego y Celestino Aguilar, y a mis hermanos, Mixsuri y Celestino Aguilar, por darme su apoyo de una u otra forma y permitirme terminar de escribir una página más de mi vida.

También quiero dedicarle este trabajo a Stefany Smith. Por su paciencia, por su comprensión y apoyo incondicional. Por mantenerse a mi lado y ayudarme a enfrentar el impacto físico y psicológico que conllevó culminar este trabajo. También por su confianza en mí, por recordarme constantemente la razón por la que debía culminar esto.

Agradecimiento

A la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SENACYT) por su apoyo económico para el desarrollo del programa de Maestría en Ciencias Biológicas.

A mi asesor, el Dr. Daniel Emmen por su tiempo, experiencia y paciencia. Le agradezco por todo el esfuerzo que has puesto en ayudarme en la culminación de esta tesis.

A la Dra. Dora Quirós y el Dr. Edwin Domínguez por sus correcciones y aportaciones al documento final de tesis.

A los distintos coordinadores del programa de Maestría en Ciencias Biológicas (Dra. Nidia Sandoval, Dr. Enrique Medianeros y Dra. Magaly Sánchez de Chial), por su dedicación, tiempo y apoyo.

A Andrea Achong por sus consejos y ayuda en la elaboración de esta tesis.

A mis compañeros (Kiria Bernal, Edwin Hernández, Indira Quintero, José Thomas, Luisa Collado y Ángel Sosa). Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

A todas las personas que de una u otra manera estuvieron a mi lado, que me enseñaron y me dieron ánimos. Gracias a todos.

Índice General

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Figuras.....	vii
Índice de cuadros	ix
Resumen.....	x
Summary.....	xi
Introducción.....	1
Objetivos generales	2
Objetivos específicos	2
Revisión Bibliográfica	4
Biogeografía y áreas de endemismo.....	4
Identificación de áreas de endemismos.....	6
Áreas de endemismos y conservación.....	7
Análisis de endemismo en Panamá	9
Avifauna, importancia y uso como herramienta en la identificación de áreas de endemismo.	10
Avifauna en Panamá.....	10
Furnariidae.....	11

Thraupidae.....	12
Trochilidae	12
Tyrannidae:.....	13
Materiales y Métodos	14
Área de Estudio	14
Fuentes de datos y selección.....	15
Análisis de datos.....	15
Análisis de Parsimonia de Endemismo.....	15
Elaboración de mapas y cuadrículas.....	16
Confección de la matriz	17
Análisis de la Matriz.....	18
Obtención de Áreas de Endemismo	18
Áreas de Endemismo, Áreas Protegidas e IBAs.....	18
Cobertura boscosa y uso de suelos en las áreas de endemismo.....	18
Resultados	20
Áreas de Endemismo Obtenidas	20
Área de Endemismo, Áreas Protegidas del SINAP e IBAs	22
Cobertura boscosa y Uso del Suelo en las Áreas de Endemismo	26
Discusión.....	30
Áreas de endemismo obtenidas con el PAE	30

Áreas de Endemismo y Áreas Protegidas del SINAP e IBAs.....	31
Cobertura Boscosa y Uso del Suelo en las Áreas de Endemismo.....	34
Áreas de Endemismo y su conservación	36
Conclusiones.....	39
Recomendaciones.....	41
Bibliografía	42
Anexos	54

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio.	14
Figura 2. Cuadrícula sobre el mapa de Panamá, en donde se muestran enumeradas las 121 cuadrículas sobre el territorio panameño.	17
Figura 3. Cladograma de consenso estricto mostrando las áreas de endemismo para el análisis con 99 especies de aves.	20
Figura 4. Área de endemismo A, obtenidas después de trazar un polígono sobre las áreas en donde se superpone la distribución de las tres especies que definen el área de endemismo.	21
Figura 5. Área de endemismo B, obtenidas después de trazar un polígono sobre las áreas en donde se superpone la distribución de las tres especies que definen el área de endemismo.	21
Figura 6. Área de endemismo A y las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).	23
Figura 7. Área de endemismo B y las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).	23
Figura 8. Área de endemismo A determinadas, al compararla con el mapa de IBAs en Panamá establecidos por Birdlife International.	24
Figura 9. Área de endemismo B determinadas, al compararla con el mapa de IBAs en Panamá establecidos por Birdlife International.	25
Figura 10. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2012 en el área de endemismo A.	26
Figura 11. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2021 en el área de endemismo A.	27

Figura 12. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2012 en el área de endemismo B.	28
Figura 13. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2021 en el área de endemismo B.	28
Figura 14. Mapa con los registros de las nueve especies de aves endémicas de Panamá.....	58
Figura 15. Mapa con los registros obtenidos de las especies de la familia Furnariidae utilizadas en este estudio.	59
Figura 16. Mapa con los registros obtenidos de las especies de la familia Thraupidae utilizadas en este estudio.	59
Figura 17. Mapa con los registros de las especies de la familia Trochilidae utilizadas en este estudio.	60
Figura 18. Mapa con registros de las especies de la familia Tyrannidae utilizados en este estudio.....	60
Figura 19. Mapa con los registros obtenidos para 99 especies utilizadas en el PAE.	61

Índice de cuadros

Cuadro 1. Área de endemismo determinada mediante el Análisis de Parsimonia de Endemismo y las especies que las sustentan (sinapomorfías).	22
Cuadro 2. Áreas protegidas del SINAP e IBAs localizadas en las áreas endemismo determinadas.....	25
Cuadro 3. Categorías de cobertura boscosa y usos del suelo, para los años 2012 y 2021, presentes en las áreas de endemismo A y B.	29
Cuadro 4. Listado de especies de aves utilizadas en el Análisis de Parsimonia de Endemismo	54
Cuadro 5. Matriz utilizada en el Análisis de Parsimonia de Endemismo	57

Resumen

La Biogeografía es una ciencia que posee métodos que contribuyen a la determinación de áreas de endemismo, las cuales pueden ser utilizadas para identificar y tomar decisiones sobre áreas de interés para la conservación. El objetivo del presente trabajo fue delimitar áreas de endemismo a partir del Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE), utilizando datos de distribución geográfica de cuatro familias de aves neotropicales en Panamá (Trochilidae, Furnariidae, Thraupidae y Tyrannidae) y de las especies de aves endémicas del país; evaluar si las áreas protegidas actuales abarcan las áreas de endemismo determinadas, e indicar áreas donde se necesita atención especial para maximizar la conservación. Se logró identificar mediante el PAE dos áreas de endemismo que se localizan en parte de las provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Veraguas y Coclé, así como también en parte del territorio de la comarca Ngäbe-Buglé. La mayor parte de las áreas de endemismo tienen parte de su superficie en áreas protegidas que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), salvo por el área de la comarca Ngäbe-Buglé y la zona sur del área de endemismo. En las zonas de las áreas de endemismo que no cuentan con áreas protegidas existen áreas en las que se deben dirigir medidas para la conservación de su biodiversidad, como Santa Clara y Cerro Santiago, que son consideradas como Áreas Importantes para la Conservación de las Aves.

Summary

Biogeography is a science that has methods that contribute to the determination of areas of endemism, which can be used to identify and make decisions about areas of interest for conservation. The objective of the present study was to delimit areas of endemism using the Parsimony Analysis of Endemism (PAE) and geographic distribution data of four families of birds in Panama (Trochilidae, Furnariidae, Thraupidae and Tyrannidae) and of the endemic bird species of the country; assess whether current protected areas encompass determined areas of endemism; and indicate areas where special attention is needed to maximize conservation. The PAE identified two areas of endemism that are in part of the provinces of Bocas del Toro, Chiriquí, Veraguas, and Coclé, as well as in part of the territory of the Comarca Ngäbe-Buglé. Most of the areas of endemism have part of their surface in protected areas that are part of the National System of Protected Areas (SINAP), except for the area of the Comarca Ngäbe-Buglé and the southern zone of the area of endemism. In the areas of endemism that do not have protected areas, there are areas in which measures for the conservation of their biodiversity should be directed, such as Santa Clara and Cerro Santiago, which are considered Important Birds and Biodiversity Areas (IBAs).

Introducción

Panamá es un país que posee una gran biodiversidad, esto debido a su posición geográfica, que actúa como puente biogeográfico entre la flora y fauna del norte y centro y sur del continente (MiAmbiente, 2019). Dentro de esta biodiversidad se incluye al grupo de las aves, en Panamá se encuentra aproximadamente el 9% de las especies de aves conocidas en el mundo (MiAmbiente, 2022a). Las aves están muy extendidas, están bien estudiadas y exhiben tendencias que frecuentemente reflejan las de otros taxones (Van Swaay *et al.*, 2019), lo que las convierte en serios candidatos para ser utilizados como un buen taxon indicador de la salud general del mundo natural (Gregory y van Strien, 2010; BirdLife International, 2022a).

A nivel mundial este grupo se ve amenazado, por actividades como la agricultura, tala y deforestación, caza y captura, cambio del uso de suelos entre otros (Venter *et al.*, 2016; Stanton *et al.*, 2018; BirdLife International, 2022a). El informe del 2022 sobre el Estado de Conservación de las aves del mundo, expone que la población del 49 % de las especies de aves de todo el mundo sufre un descenso (5412), mientras el 38 % (4234) se encuentra estable, apenas un 6 % (659) aumenta y las tendencias del 6 % (693) se desconocen. Los descensos de población no se dan solo en especies raras o amenazadas; también las especies comunes y muy extendidas están disminuyendo rápidamente (BirdLife International, 2022a). Esto no constituye una amenaza inmediata para estas especies, pero si es posible que la reducción del número de individuos afecte al funcionamiento del ecosistema y al suministro de servicios ecosistémicos (BirdLife International, 2022a).

La Biogeografía, mediante el Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE), nos ofrece una herramienta que puede ser utilizada para determinar áreas importantes para la conservación. Este método ha sido utilizado en diversas partes del mundo para establecer áreas de endemismo, en Panamá la mayor parte de la información que se tiene proviene de estudios realizados a nivel de la región Neotropical, como el de Quijano-Abril y otros (2006), el cual determinó áreas de endemismo en Panamá para especies del género *Piper*. También están los trabajos de Sigrist y Carvalho (2008), con primates que determinó que Panamá pertenecía a un área de endemismo para primates en el neotrópico.

Estos métodos biogeográficos resultan muy prácticos y relativamente económicos, debido a que gran parte de la información que se utiliza se encuentra en herbarios, colecciones de universidades, colecciones privadas y bases de datos digitales.

Frente a la pérdida de biodiversidad que se da en Panamá y a nivel global el uso de estos métodos es importante pues contribuye no solo al conocimiento biogeográfico, sino también a la localización de áreas prioritarias para la conservación y a sustentar áreas protegidas ya establecidas.

Objetivos generales

- Identificar áreas de endemismo en base a datos de distribución de aves en Panamá cuya composición biológica y cobertura boscosa sea de importancia para la conservación.

Objetivos específicos

- Localizar áreas de endemismo para aves mediante el Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE).

- Conocer el estado de las áreas de endemismo obtenidas para aves, al compararlas con mapas de las Áreas Protegidas de Panamá (SINAP), Áreas Importantes para la Conservación de Aves y la biodiversidad (IBAs) y mapas de Cobertura Boscosa y Uso de Suelos de la República de Panamá.
- Indicar áreas donde se necesita atención especial para maximizar la conservación.

Revisión Bibliográfica

Biogeografía y áreas de endemismo

Biogeografía es la ciencia que estudia la distribución de los organismos en el espacio y tiempo. Esta ciencia reconoce, describe, acepta y comprende los patrones distributivos de las especies y taxones supraespecíficos. Además, es capaz de explicar los procesos que la causaron (Nelson, 1985; Morrone, 1994). Es una rama tanto de la Geografía como de la Biología, y recibe fundamentos de especialidades como Botánica, Zoología, Biología Evolutiva, Ecología y Geología.

Esta ciencia ha pasado por muchos cambios, pues en un inicio la creación, origen y distribución de las especies era atribuida a diferentes mitos y leyendas de algunas religiones antiguas (Bueno y Llorente, 2000; Llorente y Morrone, 2003). Lineo fue uno de los primeros en dar una explicación de la distribución de los organismos. Esto lo hizo en su "Discurso sobre el aumento de la Tierra habitable". Su explicación se basaba en el libro del Génesis y sus ideas fundamentales eran dos: la existencia de un área o centro pequeño en donde surgieron las especies y su posterior desplazamiento hacia otras áreas (Llorente y Morrone, 2003). Posterior a Lineo, científicos como Humboldt, Bonpland, De Candolle y Darwin, entre otros, desacreditaron esas teorías con sus aportes (Morrone, 2014). En las décadas de los cincuenta y setenta del siglo pasado, la Biogeografía tuvo exponentes como Croizat, que fortalece y utiliza métodos para el mejor desarrollo de esta ciencia (Bueno y Llorente, 2000).

Tradicionalmente se ha dividido esta disciplina en dos enfoques: la Biogeografía Ecológica, que estudia los procesos que actúan sobre la distribución espacial de los organismos a nivel local, centrandose sus estudios en escalas temporales cortas, y la

Biogeografía Histórica, cuyo objetivo es explicar la distribución geográfica de los seres vivos en términos de su historia evolutiva en períodos grandes de tiempo (Sanmartin, 2012).

En Biogeografía, un concepto de importancia es “áreas de endemismo” tiene diferentes interpretaciones de acuerdo con la aproximación usada para los análisis biogeográficos, ya sea ecológico o histórico (Noguera-Urbano, 2016). Entre las definiciones están, Nelson y Platnick (1981), las definen como áreas relativamente pequeñas, que presentan un número significativo de especies que no están presentes en otras áreas. Por otra parte, Harold y Mooi (1994), establecen que un área de endemismo es una región geográfica que comprende la distribución de dos o más taxones monofiléticos que exhiben congruencia filogenética y de distribución, además de la presencia de sus respectivos allegados en otras zonas así definidas. Morrone (1994), indica que las áreas de endemismo son sitios de congruencia distribucional, no aleatoria entre diferentes taxones, mientras que Szumik, Casagrande y Roig-Juñent (2006), definen áreas de endemismo como áreas geográficas delimitadas por la congruencia en los rangos de distribución de, al menos, dos taxones. Recientemente Noguera-Urbano (2016), define las áreas de endemismo como la congruencia de taxones que pueden estar relacionados o no filogenéticamente entre sí; además expone que las áreas de endemismo son hipótesis de homologías biogeográficas primarias. Lo que significa que se presume que los taxones que comparten dicha área de endemismo tienen una historia biogeográfica común.

Identificación de áreas de endemismos

Rosen y Smith (1988), fueron los primeros autores en tratar las áreas de endemismo y proponer un método de identificación de éstas. En su método los sitios de colecta son tratados como taxones mientras que la presencia o ausencia de los taxones son tratados como estados de carácter. Es análogo a un análisis cladístico de parsimonia y que es conocido como análisis de parsimonia de endemismos (PAE). Posterior a esto Morrone (1994) propone modificaciones al método de Rosen y Smith estableciendo un sistema de cuadrículas que eran tratados como los taxones en el análisis y los taxones presentes en cada cuadrícula se consideraban como estados de caracteres.

Posterior a esto otros autores han desarrollado diferentes métodos a lo largo de los años para la identificación y delimitación de áreas de endemismo. Noguera-Urbano (2016), distingue tres categorías en las que se pueden clasificar los métodos desarrollados:

- Aquellos que generalizan la presencia de taxones a unidades geográficas operativas (celdas, ecosistemas, tipos de vegetación, entre otros) y posteriormente las comparan para identificar grupos medidos a partir de la alta congruencia espacial de los taxones, entre estos el Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE) (Rosen y Smith, 1988; Morrone, 1994). También está el Análisis de Endemicidad o Criterio de Optimización (AE) (Szumik, Cuezco, Goloboff, y Chalup, 2002; Szumik y Goloboff, 2004). Amorim y Santos (2017) propusieron una variante del PAE utilizando unidades topográficas, Análisis de Parsimonia de Unidades Topográficas (TUPA).

- Aquellos que toman como distribuciones de los taxones a las localidades en donde se ha determinado su presencia y por lo tanto la congruencia se mide a ese nivel, lo que incluye Método de Análisis de Redes (NAM) (Dos Santos *et al.*, 2008) y la Interpolación Geográfica del Endemismo (GIE) (Oliveira *et al.*, 2015).
- Los métodos que buscan probar la significancia matemática de la congruencia espacial, a partir de la evaluación de la no aleatoriedad de las áreas de endemismo. Entre estos métodos están el Reconocimiento de Áreas de Endemismo de Harold y Mooi (1994), el Criterio de Optimización para evaluar Métodos de Endemismo (Linder, 2001), el Análisis de Co-presencia Significante de Taxones (Sigcot) (Mast y Nyffeler, 2003), el Análisis de Endemismo de Áreas Anidadas (NAEA) (Deo y DeSalle, 2006) y Sigcot con PAE (Giokas y Sfenthourakis, 2008).

Áreas de endemismos y conservación

Los análisis biogeográficos además de permitir establecer hipótesis sobre la historia evolutiva de los taxones y áreas de endemismo determinadas también constituyen una herramienta para identificar áreas con una biota única. Sirven para la toma de decisiones para el desarrollo de estrategias viables para la conservación y aprovechamiento de los recursos (Posadas y Miranda-Esquivel, 1999). Combinar los resultados obtenidos por métodos como el PAE con otras herramientas, como cálculo de complementariedad, índices filogenéticos, entre otros, permiten la toma de decisiones más adecuadas, al tener una mejor base de datos optimizados acerca de

patrones de distribución, riqueza e información filogenética de los taxones (Colwell y Coddington, 1994).

Los análisis biogeográficos para la determinación de áreas de endemismo han sido empleados en distintas partes del mundo y con diversos taxones entre ellos se puede mencionar:

- En China se realizó un PAE para determinar áreas de endemismo con el objetivo de comprender mejor la evolución de la fauna aviar y el conocimiento sobre la conservación aviar (Huang *et al.*, 2010).
- En Chile utilizando especies de plantas endémicas se realizó un PAE para la determinación de áreas con concentraciones de endemismo dentro de la región de Coquimbo y para compararlas con el sistema de áreas silvestres de la región (Cavieres *et al.*, 2001).
- Se analizaron mediante PAE las plantas acuáticas estrictas del estado de Tamaulipas, México, para detectar áreas particularmente ricas en especies exclusivas que las diferenciaran como zonas particularmente interesantes (Mora-Olivo *et al.*, 2008).
- En Argentina, Sierras de Córdoba, se utilizó el PAE en la flora de helechos para establecer patrones biogeográficos y áreas prioritarias para la conservación; esto debido a que son un grupo indicador de calidad de los hábitats, además de que su falta de relaciones coevolutivas con vectores bióticos, su monofilia y estabilidad morfológica los hacen apropiados para los análisis de endemismo (Arana *et al.*, 2013).

- Empleando datos de distribución de arañas en Brasil, se delimitaron áreas de endemismo que son importantes para la biogeografía histórica y el establecimiento de áreas de conservación (Oliveira *et al.*, 2015).

Análisis de endemismo en Panamá

Los trabajos realizados mediante análisis biogeográficos para determinar áreas de endemismo en Panamá son escasos. Algunos estudios a nivel de la región Neotropical brindan información sobre las áreas de endemismo en el país. Entre estos estudios se pueden mencionar:

- Quijano-Abril, *et al.* (2006): utilizaron datos de distribución de especies del género *Piper*, en donde encontraron pequeñas áreas de endemismo en el territorio panameño.
- Goldani, Carvalho y Bicca-Marques (2006): Realizaron un estudio en la región neotropical, emplearon datos de distribución de primates y cuadrículas de 5° x 5°, como parte de sus resultados Panamá se ubicaba dentro de una de las áreas de endemismo determinadas.
- Sigrist y Carvalho (2008): emplearon cuadrículas 5° x 5° y datos de distribución de artrópodos, plantas y vertebrados de la región Neotropical y obtuvieron que Panamá estaba dentro de un área de Endemismo.
- Ouvernay, *et al.* (2018): En este estudio se emplearon especies de la familia Trochilidae en la región de los Andes y el Neotrópico. Se determinaron áreas de endemismo que incluían parte del territorio panameño.

Avifauna, importancia y uso como herramienta en la identificación de áreas de endemismo.

El grupo de las aves goza de la apreciación de una cantidad considerable de personas cuyos trabajos y observaciones hacen de éste, uno de los grupos con una base de datos de distribución más completas en comparación con otros organismos (Pelayo y Soriano, 2013).

Este grupo exhibe el rango más diverso de funciones ecológicas entre los vertebrados, cumpliendo con servicios reguladores como dispersión de semillas, polinización, control de plagas, así como también servicios secundarios como eliminación de residuos y cadáveres, deposición de nutrientes y modificación del ecosistema (Sekercioglu, 2006). Sin embargo, este grupo de vertebrados no escapa de las amenazas debido a que las aves por su llamativo plumaje y canto sufren por la caza ilegal, además de la destrucción de su hábitat (BirdLife International, 2022a). A nivel mundial, junto con mamíferos, son uno de los grupos cuyas especies son mayormente sugeridas como especies paraguas (Roberge y Angelstam, 2004).

Las aves han sido utilizadas en diversos estudios biogeográficos, mayormente para la región de México y Suramérica (Bertelli *et al.*, 2017; Jacinto-Flores *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017; Ouvernay *et al.*, 2018).

Avifauna en Panamá

Panamá posee una gran diversidad de aves con 1018 especies (Sociedad Audubon Panamá, 2022). Esta diversidad se debe en gran parte a la posición geográfica e historia geológica de Panamá, ya que funciona como un puente biológico natural que une Norte y Sur América (Peralta, 2007; Montañez y Angehr, 2007; Angehr y Robert,

2010). En Panamá muchas aves típicas de América del Norte alcanzan sus límites sur aquí, mientras que otras especies sudamericanas tiene sus límites de distribución norte en Panamá (Angehr y Robert, 2010). Las aves migratorias también utilizan muchas zonas del territorio panameño en sus rutas desde el norte al sur del continente, como es el caso de parte de la Bahía de Panamá, la cual es utilizada como sitio de escala para aves migratorias playeras (Angehr y Miró, 2009). De igual forma, en las costas de Panamá se pueden avistar especies de aves del Océano Atlántico (Angehr y Robert, 2010).

Algunas de las familias con mayor representatividad en el país son, Furnariidae, Thraupidae, Trochilidae, Tyrannidae.

Furnariidae:

Es una familia grande y diversa, que ocurre solo en el neotrópico (Camfield, 2004a). La mayoría son de colores monótonos, presentando con frecuencia plumajes de color marrón o rojizo, marcados con rayas y manchas más pálidas (Angehr y Robert, 2010). Son principalmente insectívoros, pero también se han documentado especies que se alimentan de frutos (Cataudela y Palacios, 2021).

Esta familia posee aproximadamente 315 especies (Gill *et al.*, 2022a). Para Panamá se reportan 41 especies (Sociedad Audubon Panamá, 2022).

La importancia de esta familia radica que controlan poblaciones de insectos y otros artrópodos. Además, los nidos de algunos furnáridos son utilizados por otros animales, como otras especies de aves (Delhey, 2018), artrópodos y mamíferos (Turienzo y Iorio, 2013).

Thraupidae:

Las especies de esta familia solo se encuentran en América y su diversidad es mayor en los trópicos. La mayoría de las tángaras se alimentan de frutas y complementan su dieta con pequeños artrópodos (Angehr y Robert, 2010). Algunas especies, como los mieleros, son nectarívoras (Angehr y Robert, 2010; Gonzales *et al.*, 2019). Esta familia posee aproximadamente 386 especies (Gill *et al.*, 2022b) y para Panamá se reportan 60 especies (Sociedad Audubon Panamá, 2022). Las especies de esta familia son importantes en la dispersión de semillas (Escribano-Avila *et al.*, 2018).

Trochilidae:

Los colibríes se encuentran solo en América y la mayor diversidad se da en los trópicos (Angehr y Robert, 2010). Los colibríes son sexualmente dimórficos, por lo que las hembras pueden ser más grandes que los machos, sin embargo, los machos suelen ser más coloridos, incluso pueden tener adornos adicionales (Camfield, 2004b). Mientras que las hembras tienen una coloración más críptica, por lo que son más difíciles de distinguir, en este caso se recomienda observar la forma y coloración de la cola y el patrón del rostro (Camfield, 2004b; Angehr y Robert, 2010).

Poseen picos largos y delgados para alimentarse del néctar de las flores, ya que son nectarívoros especializados. Esto hace que muchas especies estén ligadas a las plantas de las que se alimentan (Leimberger *et al.*, 2022; Angehr y Robert, 2010). Algunos complementan su dieta con insectos y otros invertebrados pequeños (Angehr y Robert, 2010).

Esta familia posee aproximadamente 362 especies (Gill *et al.*, 2022c), para Panamá se reportan 62 especies (Sociedad Audubon Panamá, 2022). Las especies de esta

familia son importantes por su rol en la polinización de muchas especies de plantas (Sargent y Sargent, 2001).

Tyrannidae:

Esta es la familia de aves más grande a nivel mundial. Solo se encuentra en América. La mayoría de los mosqueros son insectívoros, pero las especies grandes también capturan pequeños vertebrados y algunos se alimentan de frutas. En su mayoría son aves de color opaco (Angehr y Robert, 2010).

Esta familia posee aproximadamente 438 especies (Gill *et al.*, 2022d). Para Panamá se reportan 92 especies (Sociedad Audubon Panamá, 2022).

Parte de la importancia de esta familia radica en que consumen grandes cantidades de insectos, muchos de los cuales representan plagas para algunos cultivos (Romero-Díaz *et al.*, 2022). Además, aquellas especies que se alimentan de frutos cumplen un rol en la dispersión de semillas (Wescott y Graham, 2000).

Materiales y Métodos

Área de Estudio

Este estudio se realizó en la República de Panamá, ubicada en América Central entre los 7°12'07" y 9°38'46" de Latitud Norte y los 77°09'24" y 83°03'07" de Longitud Oeste. Limita al Norte con el Mar Caribe, al Este con la República de Colombia, al Sur con el Océano Pacífico y al Oeste con la República de Costa Rica. Posee una superficie total de 74,177.3 km² (INEC, 2022).



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Panamá presenta 12 zonas de vida de acuerdo con el sistema para la clasificación de climas de Holdridge (1978): bosque húmedo montano bajo, bosque húmedo premontano, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo montano, bosque muy húmedo montano bajo, bosque muy húmedo premontano, bosque muy húmedo tropical, bosque pluvial montano, bosque pluvial montano bajo, bosque pluvial premontano, bosque seco premontano, bosque seco tropical. Presenta cinco tipos de

climas: Clima tropical muy húmedo, clima tropical húmedo, clima tropical de sabana, clima templado muy húmedo y clima templado húmedo (Méndez, 1993).

Fuentes de datos y selección

Se elaboró una base de datos compuesta por 56,418 registros correspondientes a 99 especies pertenecientes a cuatro familias de aves (Furnariidae, Trochilidae, Thraupidae, Tyrannidae) y nueve especies endémicas de Panamá (BirdLife International, 2020).

La base de datos se compiló a partir de la información de colecta de los especímenes de la Colección de Aves del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), revisión bibliográfica (Miller *et al.*, 2015; Hruska *et al.*, 2016; Buitrago-Rosas *et al.*, 2019) y bases de datos en línea como eBirds y Global Biodiversity Information Facility (<https://ebird.org>; www.gbif.org). Se complementó esta información con mapas de distribución de las especies (Angehr y Robert, 2010; www.datazone.birdlife.org).

En cuanto a la información cartográfica, los datos para construir el mapa con la división política por provincias y comarcas, mapa de Áreas Protegidas, así como los mapas de Cobertura Boscosa y Uso de Suelos del año 2012 y el año 2021 fueron obtenidos del “GIS Data Portal” del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) (<https://stridata-si.opendata.arcgis.com/>).

Análisis de datos

Análisis de Parsimonia de Endemismo

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE) siguiendo los pasos expuestos por Morrone (1994):

1. Dibujar cuadrículas en el mapa del área a estudiar.
2. Construir una matriz de presencia-ausencia, con las especies en las columnas y las unidades geográfica operativas en las filas. Se agrega un área hipotética, en donde se consideran ausentes todos los taxa, con la finalidad de enraizar el árbol.
3. Aplicar un programa de parsimonia a la matriz de datos para obtener el cladograma correspondiente, luego obtener el árbol de consenso estricto.
4. Definir en el cladograma los grupos de cuadrículas que estén definidos por la presencia compartida de al menos dos especies en cada uno de los mismos.
5. Superponer las distribuciones de las especies que definen cada grupo de cuadrículas, con el fin de delinear los límites de cada área de endemismos.

Elaboración de mapas y cuadrículas

Se utilizó un mapa de Panamá en formato *shapfile* (.shp). En éste se ubicó un grupo de datos de distribución, introduciendo las coordenadas en archivos de texto delimitado por comas (.csv). Luego mediante el programa QGIS 3.14 Pi (QGIS Development Team, 2020), se usó la opción 'Añadir Capa de Texto Delimitado', para ubicar los puntos de colecta sobre el mapa. El otro conjunto de datos se introdujo mediante la extensión de GBIF instalada en el programa QGIS.

Los mapas de distribución de obtenidos del material bibliográfico de Angehr y Robert (2010), fueron escaneados y guardados en formato JPEG, para posteriormente ser georreferenciados. Los mapas de distribución de BirdLife International también fueron guardados y georreferenciados.

Utilizando el programa QGIS 3.14, se crearon, mediante la opción “Crear Cuadrícula”, cuadrículas de 0.30° de longitud por 0.30° de latitud, para ello, se colocó como punto mínimo de la extensión en X el valor de -77.100 (77°06’00” W) y como valor máximo -83.100 (83°06’00” W). Para la extensión en el eje Y se utilizó como valor mínimo 6.90 (6°54’00” N) y como valor máximo 9.90 (9°54’00” N). Después de obtenerse las cuadrículas se procedió a enumerar aquellas que estaban sobre el territorio panameño, obteniendo así, 121 cuadrantes (Figura 2).

Confección de la matriz

Se construyó una matriz de datos en donde las especies estaban representados en las columnas y las áreas (cuadrantes) estaban representadas en las filas, colocando “1” si el taxón estaba presente y “0” si estaba ausente. Las áreas sin registros fueron eliminadas quedando con solo 117 áreas informativas. Se agregó un área hipotética, en donde se consideraron ausentes todas los taxa, con la finalidad de enraizar el árbol.

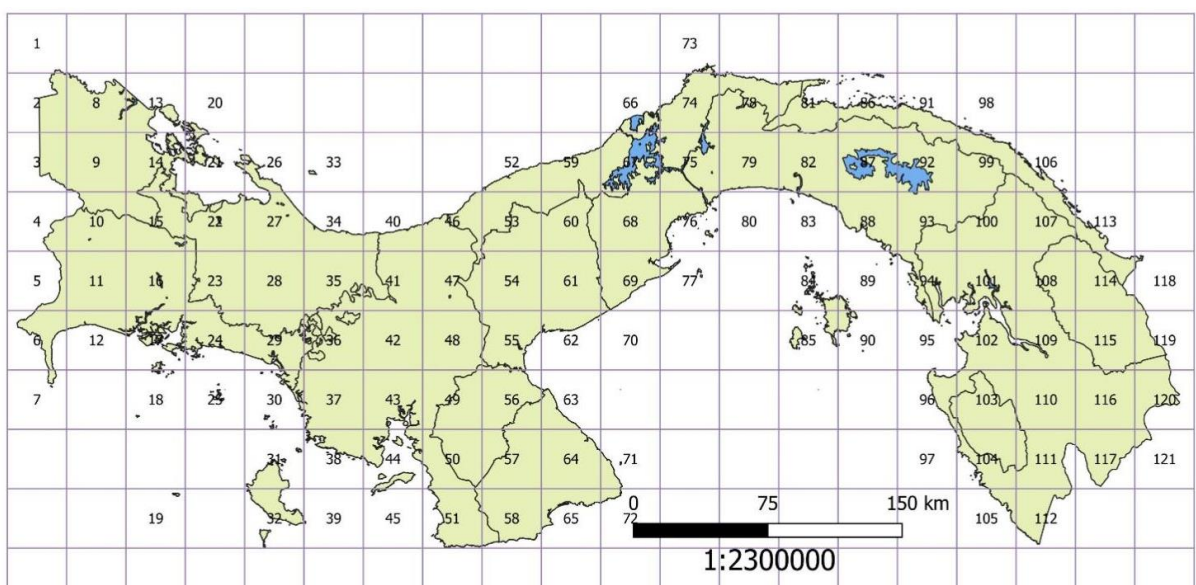


Figura 2. Cuadrícula sobre el mapa de Panamá, en donde se muestran enumeradas las 121 cuadrículas sobre el territorio panameño.

Análisis de la Matriz

Se llevó a cabo el análisis de parsimonia de la matriz de datos con los programas Winclada (Nixon, 2002) y TNT (Goloboff y Catalano, 2016).

De los cladogramas más parsimoniosos se obtuvo un cladograma de consenso estricto en el que se delimitó el grupo de cuadrantes definidos por al menos dos especies (sinapomorfías).

Obtención de Áreas de Endemismo

Mediante el programa QGIS 3.14 se crearon capas de tipo polígono en los cuadrantes determinados mediante el análisis de parsimonia. Posteriormente se utilizaron los datos de distribución (registros, mapas), de las especies que representaron sinapomorfías para crear otra capa de tipo polígono, para delimitar el área de endemismo.

Áreas de Endemismo, Áreas Protegidas e IBAs

Con el objetivo de conocer el estado de protección de las áreas de endemismo obtenidas se utilizó un mapa del Sistema de Áreas Protegidas (SINAP) de Panamá con el programa QGIS y luego, a este mapa se le agregaron la capa de polígonos con las áreas de endemismo obtenidas. Se realizó el mismo procedimiento con un mapa de las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (IBA, por sus siglas en inglés).

Cobertura boscosa y uso de suelos en las áreas de endemismo

Se utilizó la herramienta vectorial “Cortar” para recortar los segmentos de las áreas de endemismo en los mapas de cobertura boscosa y uso de suelos de 2012 y 2021 de la

República de Panamá en el programa QGIS. Una vez obtenidas las extensiones recortadas se procedió a comparar las categorías de cobertura boscosa y usos de suelos en cada área.

Resultados

Áreas de Endemismo Obtenidas

Los resultados del PAE a partir de datos de distribución de 99 especies de aves, generaron 100 cladogramas. De estos se obtuvo una cladograma de consenso estricto (Fig. 3). En el cladograma de consenso estricto se identificaron dos áreas de endemismo en un patrón anidado, ambas definidas por tres taxones. El Área de Endemismo A está sustentada por tres sinapomorfías (Fig. 4 Cuadro 1), esta área contiene una de menor tamaño, Área de endemismo B, sustentada por tres sinapomorfías (Fig. 5 Cuadro 1).

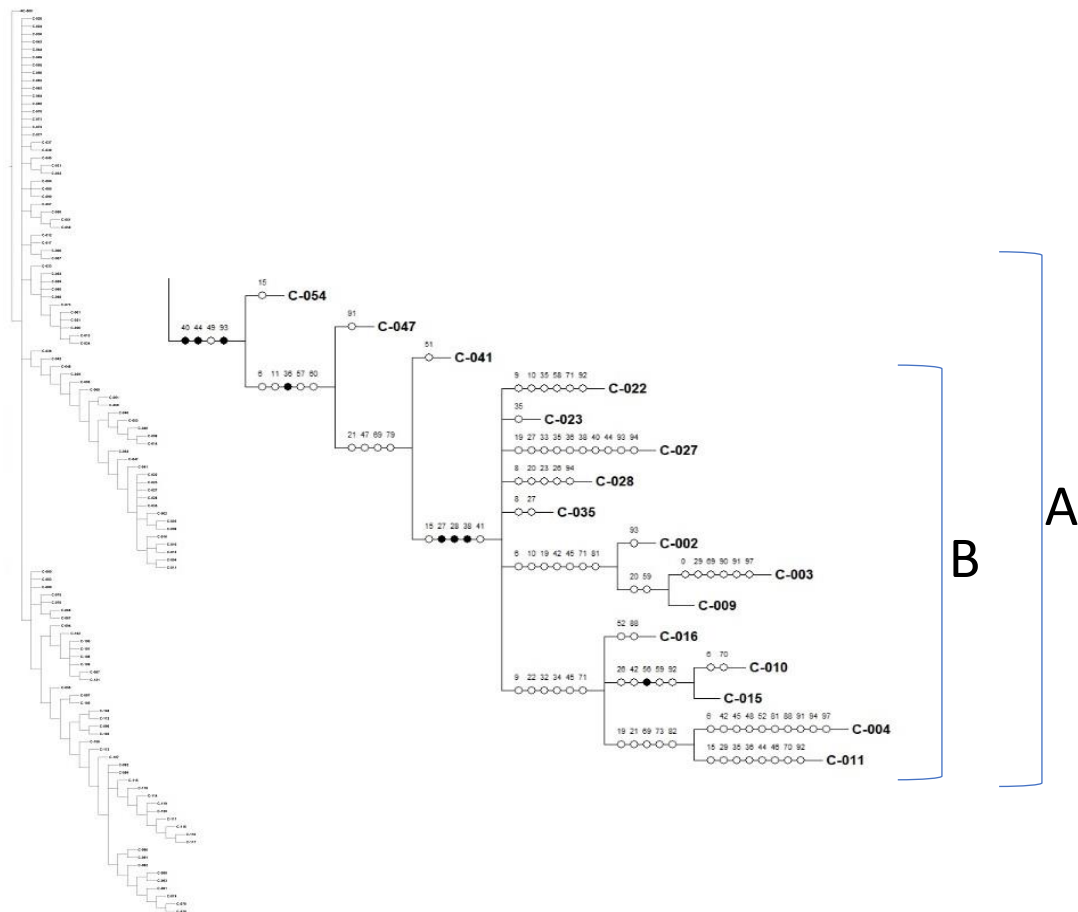


Figura 3. Cladograma de consenso estricto mostrando las áreas de endemismo para el análisis con 99 especies de aves.

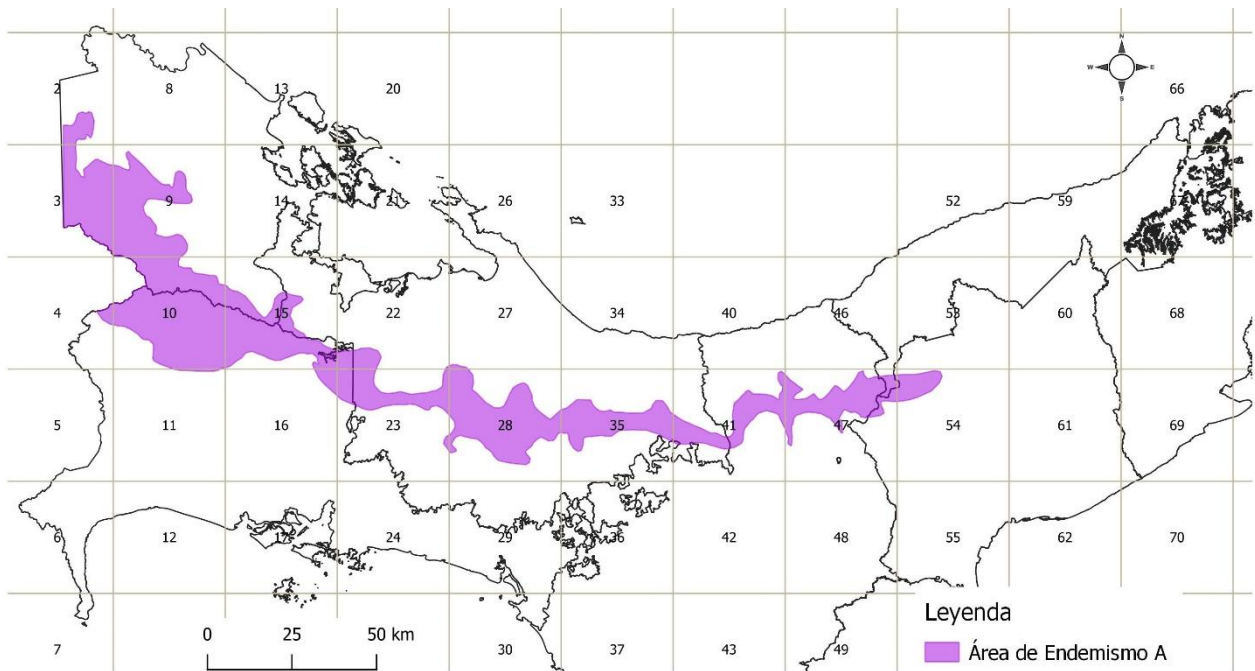


Figura 4. Área de endemismo A, obtenidas después de trazar un polígono sobre las áreas en donde se superpone la distribución de las tres especies que definen el área de endemismo.

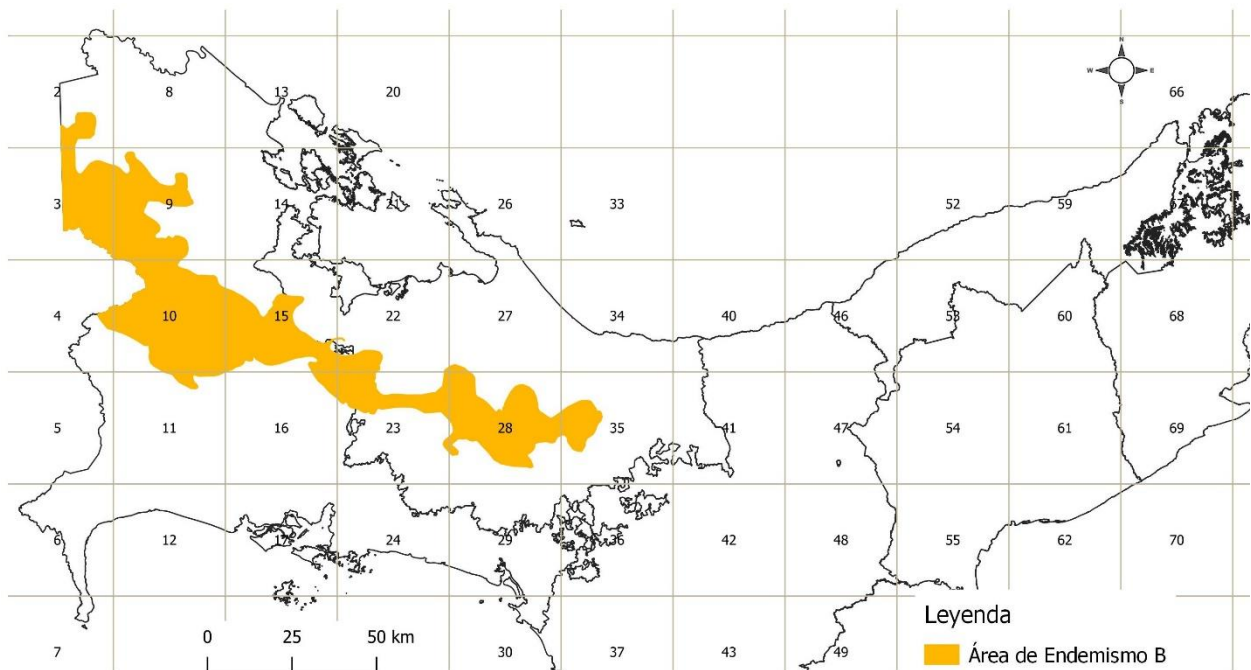


Figura 5. Área de endemismo B, obtenidas después de trazar un polígono sobre las áreas en donde se superpone la distribución de las tres especies que definen el área de endemismo.

Cuadro 1. Área de endemismo determinada mediante el Análisis de Parsimonia de Endemismo y las especies que las sustentan (sinapomorfías).

Áreas de Endemismo	Cuadrantes	Especies (sinapomorfías)
A	C-054, C-047, C-041, C-035, C-027, C-023, C-022, C-028, C-003, C-002, C-009, C-016, C-010, C-015, C-004, C-011	<i>Margarornis rubiginosus</i> Lawrence, 1865 (40)
		<i>Pseudocolaptes lawrencii</i> Ridgway, 1878 (44)
		<i>Tangara dowii</i> (Salvin, 1863) (93)
B	C-002, C-003, C-004, C-009, C-010, C-011, C-015, C-016, C-022, C-023, C-027, C-028, C-035	<i>Selasphorus scintilla</i> (Gould, 1851) (27)
		<i>Anabacerthia variegaticeps</i> (P. L. Sclater, 1857) (28)
		<i>Lepidocolaptes affinis</i> (Lafresnaye, 1839) (38)

Área de Endemismo, Áreas Protegidas del SINAP e IBAs

Al ser comparada el área de endemismo A con mapas de las áreas protegidas del SINAP, se pudo observar que parte de la superficie del área de endemismo se traslapa con ocho áreas protegidas. La mayor parte de las áreas protegidas corresponde a aquellas localizadas al extremo oeste del país. (Figura 6, Cuadro 2). Por otro lado, el área de endemismo B, tiene parte de su superficie en cinco áreas protegidas del SINAP (Figura 7, Cuadro 2).

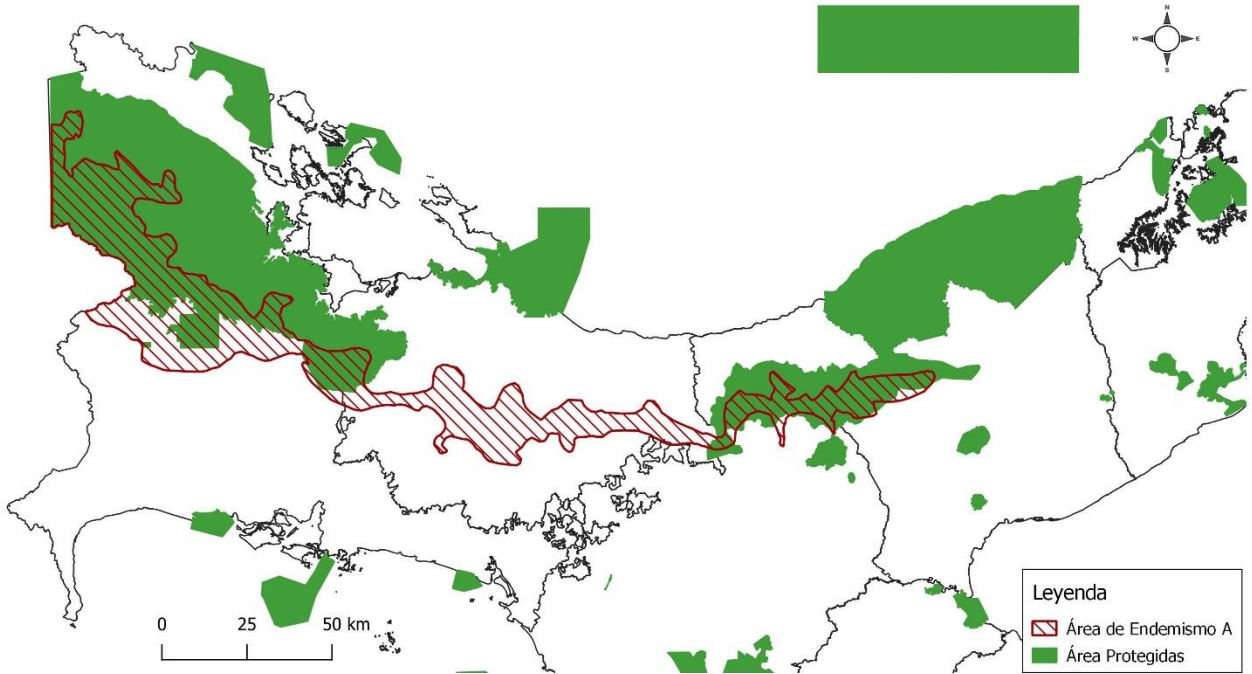


Figura 6. Área de endemismo A y las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

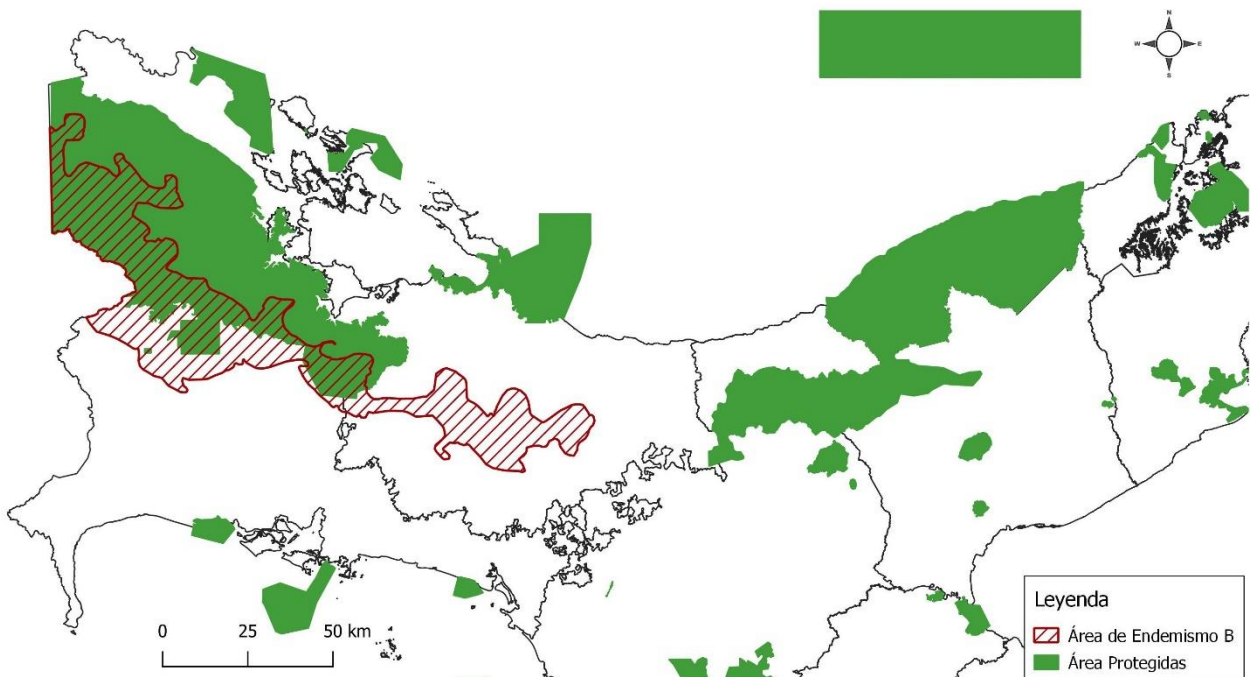


Figura 7. Área de endemismo B y las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

Al comparar las áreas de endemismo con las áreas importantes para la conservación de las aves (IBAs), se obtuvo que parte del área de endemismo A se encuentra dentro de ocho de estas IBAs (Fig. 8, Cuadro 2), mientras que parte del área de endemismo B, se localiza dentro de seis IBAs (Fig. 9, Cuadro 2).

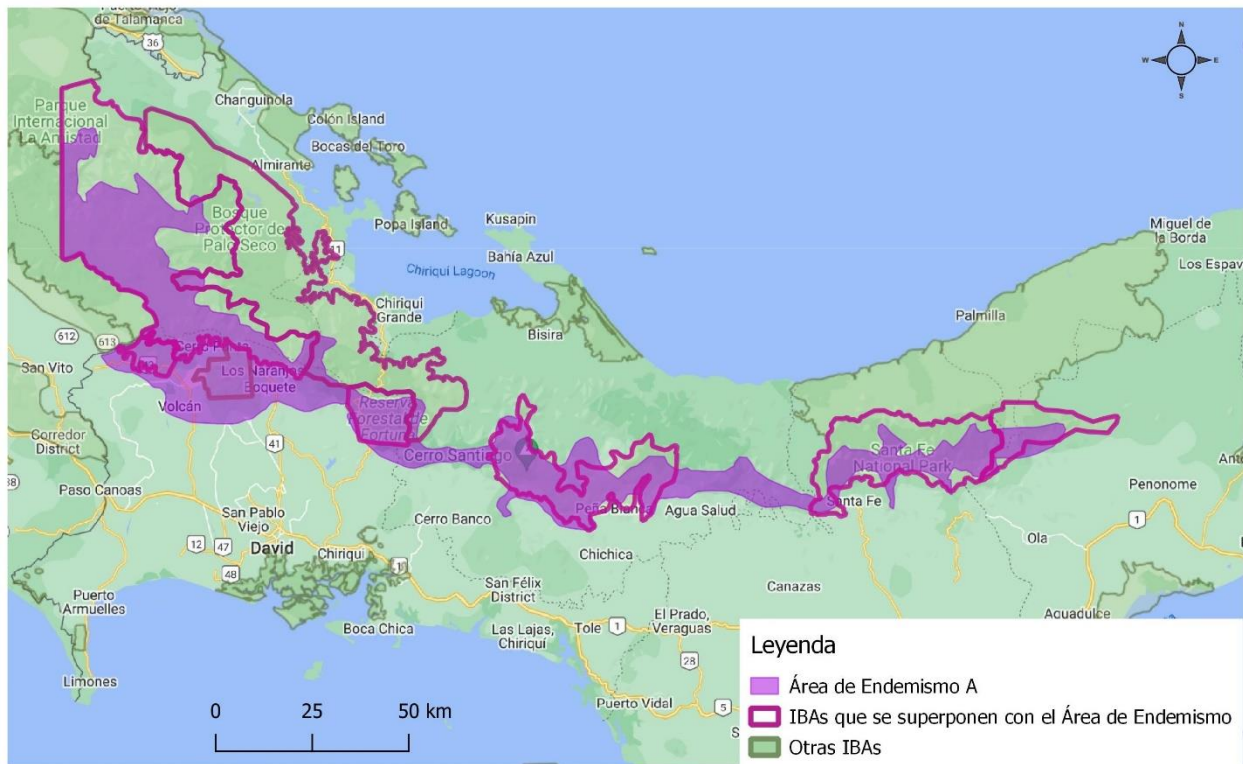


Figura 8. Área de endemismo A determinadas, al compararla con el mapa de IBAs en Panamá establecidos por Birdlife International. (Fuente: BirdLife International, 2022b)

La mayoría de las áreas protegidas del SINAP, también son consideradas como IBAs. Sin embargo, algunas zonas de las áreas de endemismo A y B son consideradas como IBA (Santa Clara, Cerro Santiago), pero éstas no están protegidas como parte del SINAP. Otras zonas de las áreas de endemismo no pertenecen ni al SINAP ni son consideradas como IBA.

Cuadro 2. Áreas protegidas del SINAP e IBAs localizadas en las áreas endemismo determinadas.

Nombre del Area	Áreas de Endemismo		Categoría	
	A	B	IBA	SINAP
Parque Internacional La Amistad	✓	✓	✓	✓
Bosque Protector Palo Seco	✓	✓	✓	✓
Santa Clara	✓	✓	✓	–
Parque Nacional Volcán Barú	✓	✓	✓	✓
Reserva Forestal Fortuna	✓	✓	✓	✓
Cerro Santiago	✓	✓	✓	–
Parque Nacional Santa Fe	✓	–	✓	✓
Laguna de Volcán	✓	✓	–	✓
Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera	✓	–	✓	✓

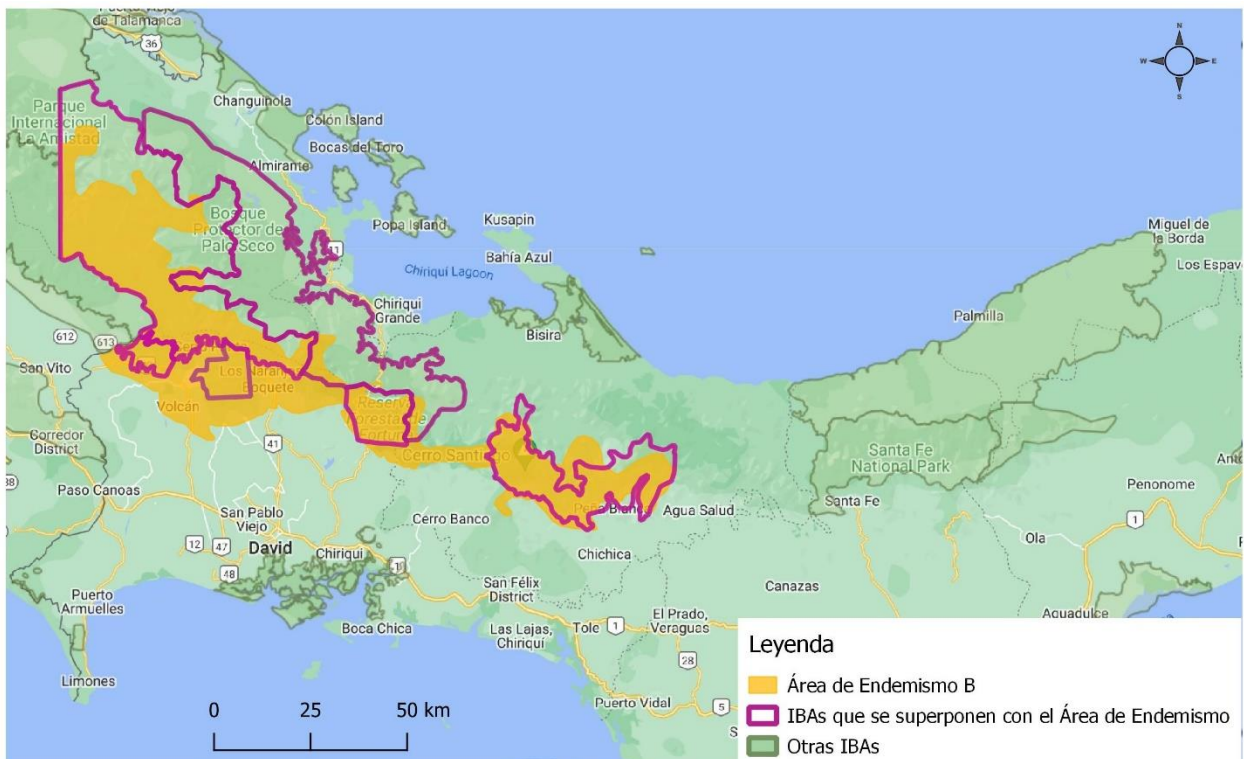


Figura 9. Área de endemismo B determinadas, al compararla con el mapa de IBAs en Panamá establecidos por Birdlife International. (Fuente: BirdLife International, 2022b).

Cobertura boscosa y Uso del Suelo en las Áreas de Endemismo

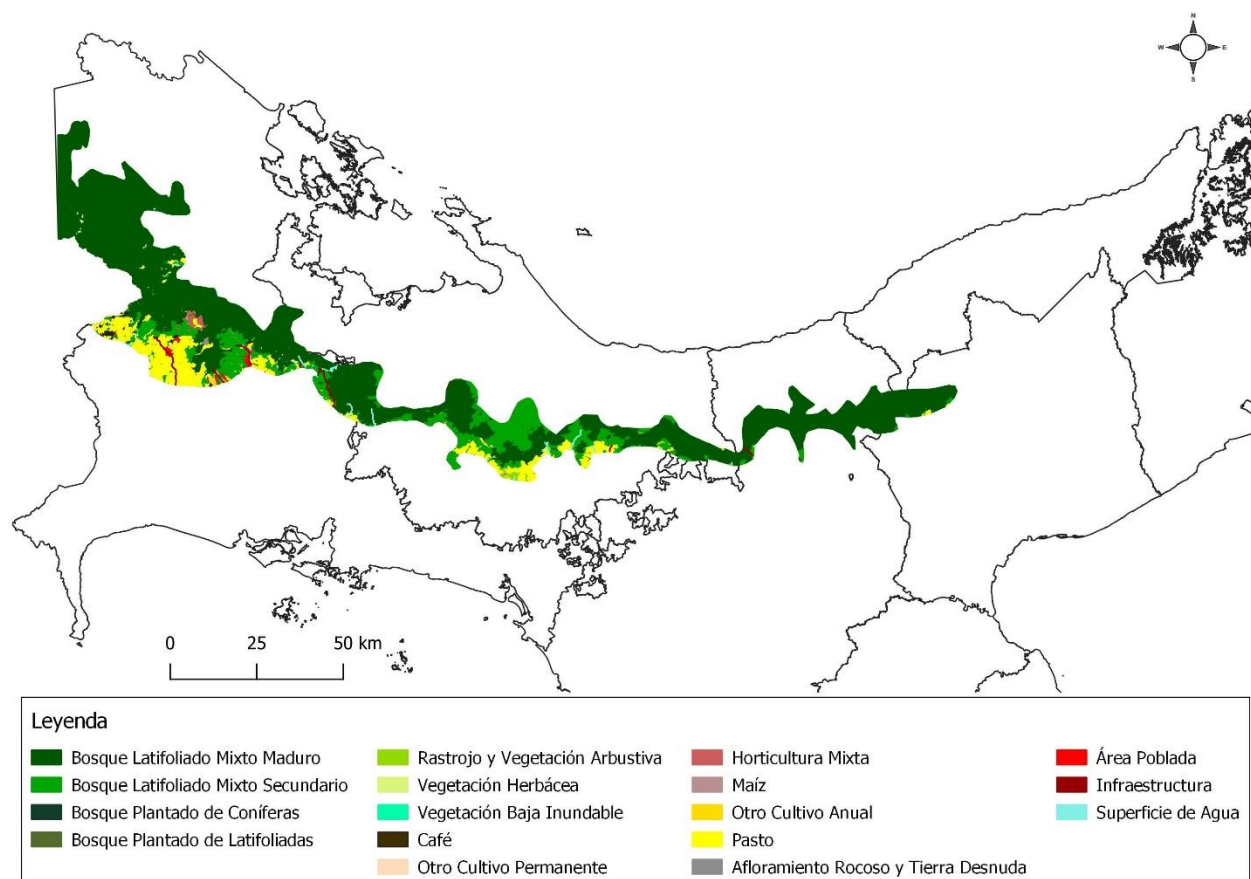


Figura 10. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2012 en el área de endemismo A.

Al superponer el mapa de Cobertura Boscosa y Uso de la tierra en la República de Panamá de 2012 con el área de endemismo A, se observa que existen 17 categorías de cobertura y uso de suelo (Fig. 10, Cuadro 3). Al realizar esta superposición con el Área B se observa la existencia de 18 categorías (Fig. 12, Cuadro 3). El área de endemismo A y B coinciden en 17 de las categorías salvo por una categoría, correspondiente a la zona de cultivo de cítricos en el Área de Endemismo B.

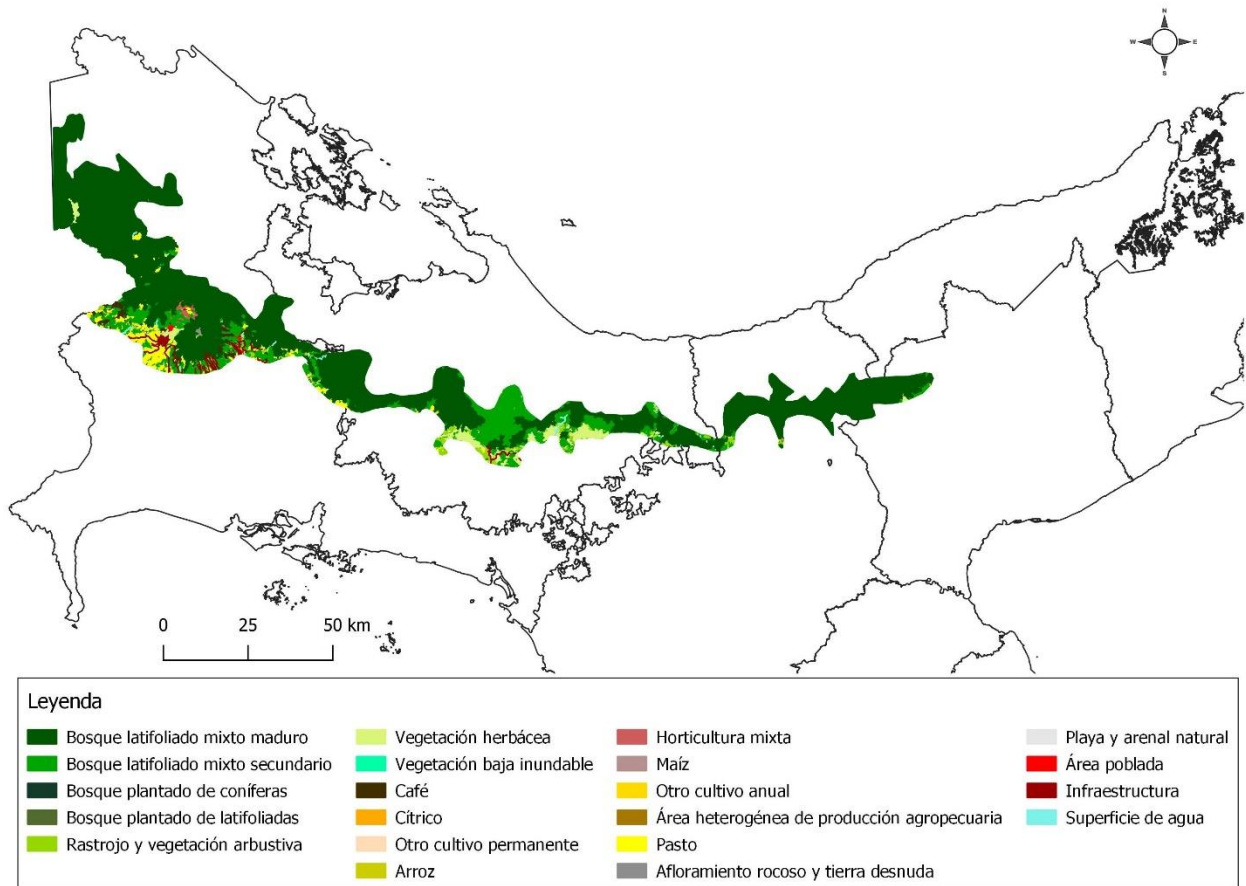


Figura 11. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2021 en el área de endemismo A

Se realizó la misma superposición entre las áreas de endemismo y el mapa de Cobertura Boscosa y Uso de la tierra en la República de Panamá de 2021. En este caso en el área de endemismo A se presentó 21 categorías de cobertura boscosa y uso de suelos (Fig. 11, Cuadro 3). En el área B también se observan 21 categorías (Fig. 13, Cuadro 3). Las tres nuevas categorías en ambas áreas corresponden a zonas de cultivo de arroz, área heterogénea de producción agropecuaria y playa y arenal natural.

En ambas áreas, tanto para el año 2012, como para 2021 se puede observar gran parte de las áreas con cobertura boscosa, sin embargo, también se observan zonas amplias de uso cultural y agropecuario.

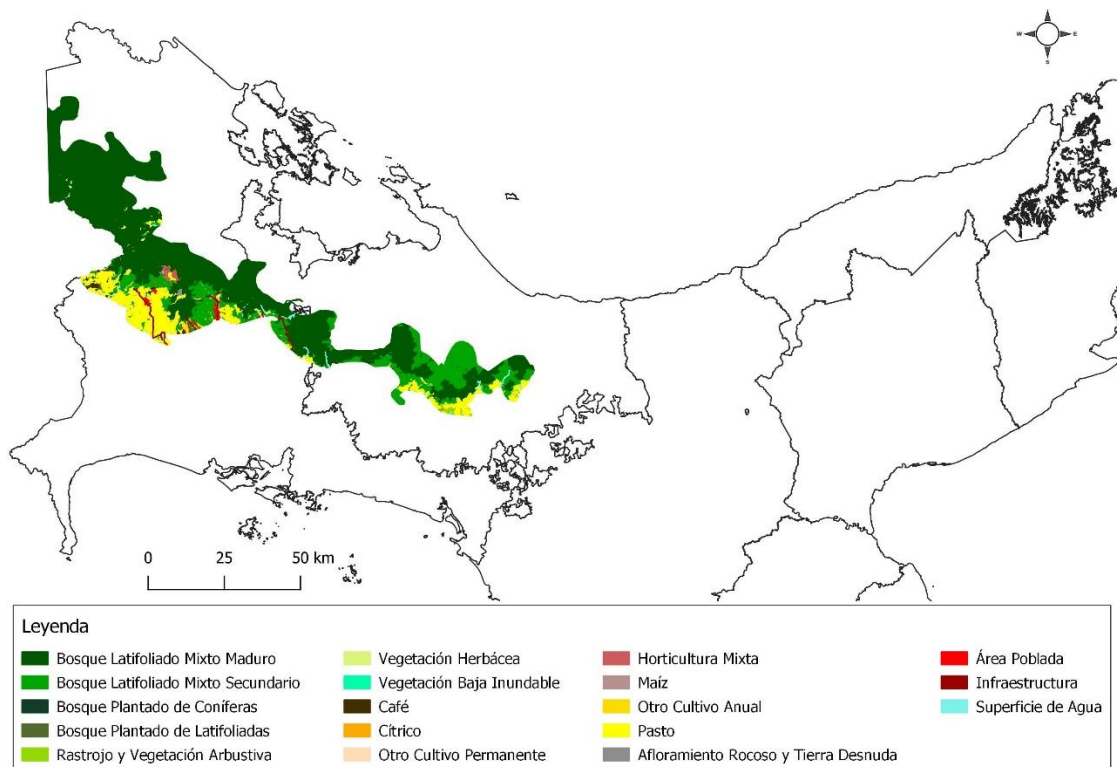


Figura 12. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2012 en el área de endemismo B.

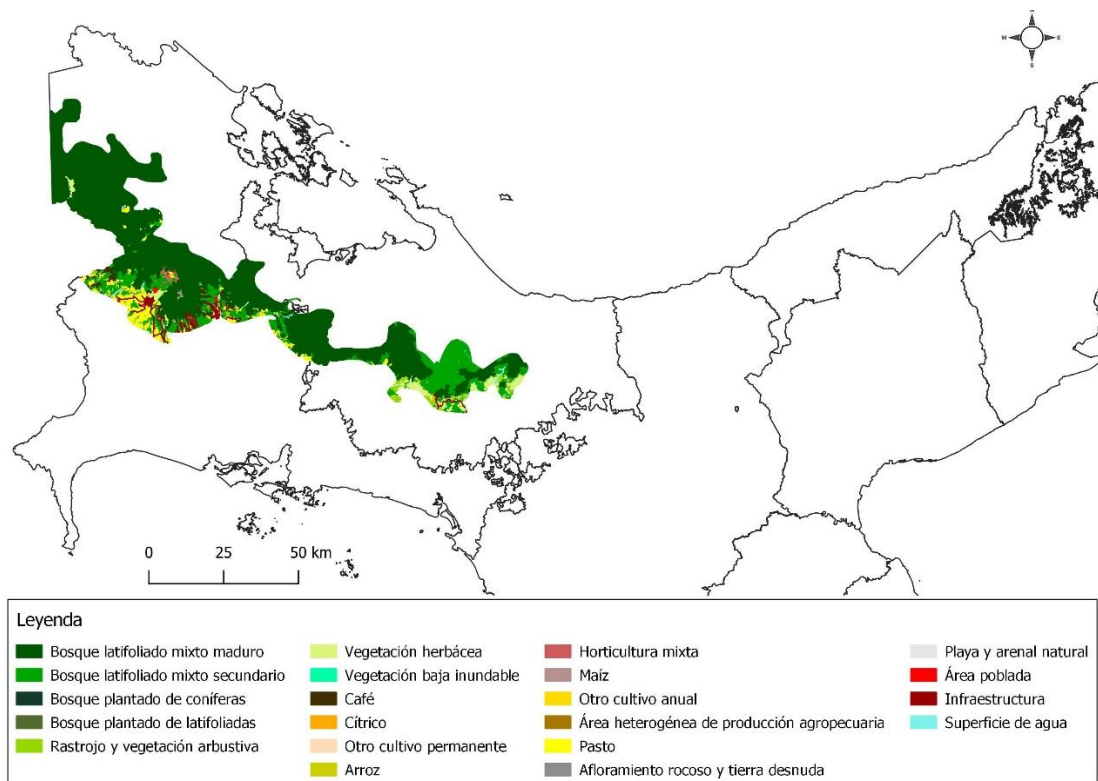


Figura 13. Cobertura boscosa y uso de suelos del 2021 en el área de endemismo B.

Cuadro 3. Categorías de cobertura boscosa y usos del suelo, para los años 2012 y 2021, presentes en las áreas de endemismo A y B.

Categorías	Cobertura Boscosa Área A		Cobertura Boscosa Área B	
	2012	2021	2012	2021
Bosque				
Bosque latifoliado mixto maduro	✓	✓	✓	✓
Bosque latifoliado mixto secundario	✓	✓	✓	✓
Bosque plantado de coníferas	✓	✓	✓	✓
Bosque plantado de latifoliadas	✓	✓	✓	✓
Vegetación Arbustiva y Herbáceas				
Rastrojo y vegetación arbustiva	✓	✓	✓	✓
Vegetación herbácea	✓	✓	✓	✓
Vegetación baja inundable	✓	✓	✓	✓
Agropecuario				
Café	✓	✓	✓	✓
Cítrico	–	✓	✓	✓
Otro cultivo permanente	✓	✓	✓	✓
Arroz	–	✓	–	✓
Horticultura mixta	✓	✓	✓	✓
Maíz	✓	✓	✓	✓
Otro cultivo anual	✓	✓	✓	✓
Área heterogénea de producción agropecuaria	–	✓	–	✓
Pasto	✓	✓	✓	✓
Área abierta sin o con poca vegetación				
Afloramiento rocoso y tierra desnuda	✓	✓	✓	✓
Playa y arenal natural	–	✓	–	✓
Área cultural				
Área poblada	✓	✓	✓	✓
Infraestructura	✓	✓	✓	✓
Superficie de Agua				
Superficie de agua	✓	✓	✓	✓

Discusión

Áreas de endemismo obtenidas con el PAE

Estudios previos realizados con algunos anfibios, colúbridos, artrópodos, plantas y primates determinaron que Panamá pertenece a una de las áreas de endemismo (Goldani *et al.*, 2006; Sigrist y Carvalho, 2008), sin embargo, el tamaño de los cuadrantes que emplearon fue de 5° x 5°, mayor al utilizado en este estudio, por lo que no se pueden comparar las áreas. Por otro lado, en el estudio realizado con especies del género *Piper* (Quijano-Abril *et al.*, 2006), se emplearon cuadrículas de 1° x 1° y obtuvieron áreas de endemismo de menor tamaño en las provincias de Chiriquí, Bocas del Toro, Veraguas y la Comarca Ngäbe-Buglé, que coinciden con algunas partes de las áreas de endemismo A y B de este estudio.

Las áreas de endemismo A y B (Fig. 4 y 5), se localizan en la sección de la cordillera de Talamanca que finaliza al oeste de Panamá. Estas áreas también abarcan parte de la Cordillera Central. Ambas cordilleras son reconocidas como parte de una de las ecorregiones de importancia global que presenta un estado de conservación relativamente estable, pero que se ve amenazada por actividades agrícolas (ANAM, 2010). Muchas especies dependen de los bosques de esta ecorregión, como el quetzal resplandeciente (*Pharomachrus mocinno*), el campanero tricarunculado (*Procnias tricarunculatus*) y el ave sombrilla cuellinuda (*Cephalopterus glabricollis*). Además, más de la mitad de las aves de las tierras altas de Costa Rica y Panamá son endémicas de esta región (Schipper, n.d.).

Las tres especies que sustentan el área de endemismo A tienen un rango de distribución restringido (Panamá y Costa Rica). Sin embargo, su estado de conservación es considerado de preocupación menor (IUCN, 2022). Estas especies presentan una dependencia al bosque que va desde nivel medio hasta alto en el caso de *M. rubiginosus* (BirdLife International, 2022c).

En el caso del área de endemismo B (Fig. 5), las tres especies que sustentan esta área poseen rangos de distribución variados: *L. affinis* y *A. variegaticeps* tienen un rango de distribución amplio, mientras que *S. scintilla*, se distribuye solo en Costa Rica y Panamá. La dependencia al bosque de estas especies también es variables entre ellas: para *S. scintilla* es bajo, en *L. affinis* es media y para *A. variegaticeps* es alta (BirdLife International, 2022c). Estas tres especies están bajo la categoría de preocupación menor (IUCN, 2022)

Áreas de Endemismo y Áreas Protegidas del SINAP e IBAs

La comparación de la superficie de las Área de Endemismo A y B con las áreas protegidas indica que parte de su superficie está protegida por el SINAP, sobre todo aquellas zonas ubicadas más al oeste del país (Fig. 6 y 7, Cuadro 2).

Las áreas de endemismo igualmente coinciden con varias IBAs establecidas en Panamá, ocho en el caso del área de endemismo A (Fig. 8, Cuadro 2) y seis en el área de endemismo B (Fig. 7, Cuadro 2). En su gran mayoría las IBAs establecidas en Panamá coinciden con áreas protegidas del SINAP. Esto ocurre debido a que en países que tienen colaboradores con BirdLife Internacional sus IBA tienen un

porcentaje significativamente mayor de protección por áreas protegidas que aquellos que no (Waliczky et al., 2019).

La gran mayoría de las IBAs también son consideradas como Áreas Clave para la biodiversidad (KBA, por sus siglas en inglés). Las KBAs, son lugares de importancia internacional, cuya identificación se hace en base a criterios estandarizados simples. Tanto la metodología como el enfoque, de las KBAs y las IBAs, es similar. La diferencia entre estas áreas radica en que en las KBAs se incluyen otros taxones, además de las aves (MiAmbiente, 2017b). De las KBA determinadas para Panamá, 13 tienen cobertura total, 28 tienen cobertura parcial y 13 no tienen ninguna cobertura o protección bajo las Áreas Protegidas del SINAP y otras medidas efectivas de conservación basadas en áreas (MiAmbiente, 2022a). En las áreas de endemismo determinadas en este estudio resultan de interés dos IBAs, Santa Clara, que posee un estado de protección parcial, y Cerro Santiago, que no posee ningún estado de protección.

Santa Clara: es un área adyacente al Parque Internacional La Amistad (PILA), se compone de tierras agrícolas y parches remanentes de bosque montano y montano alto. Un pequeño segmento de esta área (2%) está dentro del Parque Internacional La Amistad. Debido a que la mayor parte del área es de propiedad privada y está bajo cultivo, la protección formal a gran escala no es posible. Por lo tanto, el área debe manejarse como una zona de amortiguamiento para el Parque Internacional La Amistad (BirdLife International, 2022d). Las zonas de amortiguamiento ofrecen a los propietarios de tierras oportunidades económicas y sociales como la obtención de áreas para la recreación y turismo. Los beneficios para la conservación incluyen

proteger los recursos del suelo, mejorar la calidad del aire y del agua, mejorar el hábitat de la vida silvestre en general, también embellecer el paisaje (Bentrup, 2008).

La avifauna presente en esta área incluye, amazilia hermosa (*Polyerata decora*), coqueta crestiblanca (*Lophornis adorabilis*), periquito frentirrojo (*Touit costaricensis*), el campanero tricarunculado (*P. tricarunculatus*), cotinga turquesa (*Cotinga ridgwayi*) (BirdLife International, 2022d), estas dos últimas especies están listadas como vulnerables (IUCN, 2022).

Otras especies reportadas para esta IBA son: zorro de agua (*Chironectes minimus*), puercoespín mexicano arborícola (*Sphiggurus mexicanus*) (BirdLife International, 2022d), *Bolitoglossa lignicolor* (Hertz et al., 2013), *Pristimantis taeniatus*, *Bothriechis supraciliaris* (Batista et al., 2020).

Cerro Santiago: Esta IBA incluye los picos más altos del centro de la Serranía de Tabasará. Posee una superficie de aproximadamente 63,000 ha, que abarcan el área por encima de los 1,200 msnm alrededor de Cerro Santiago, Cerro Sagui y otros picos cercanos. La vegetación natural consiste en bosques montanos y submontanos (BirdLife International, 2022e). El IBA Cerro Santiago, no está protegido bajo ningún área protegida del SINAP (ANAM, 2014; MiAmbiente, 2022a). Esta área se enfrenta a problemas como la deforestación, principalmente debido a la agricultura y la ganadería de subsistencia (BirdLife International, 2022e).

La avifauna presente en esta área incluye: estrella garganta ardiente (*Selasphorus ardens*), matorralero verdiamarillo (*Atlapetes luteoviridis*), tangara azulidorada (*Bangsia arcaei*) y ave sombrilla cuellinuda (*Cephalopterus glabricollis*) (BirdLife International, 2022e).

En esta área también se han observado algunas especies de anfibios (Hertz *et al.*, 2012; Morales-Flores *et al.*, 2021). En general, la fauna de Cerro Santiago no es tan conocida como la de otras IBAs, pero es probable que en esta área estén presentes algunas de las especies registradas en algunas áreas protegidas cercanas como la Reserva Forestal Fortuna y el Parque Nacional Santa Fe (BirdLife International, 2022e).

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo en las Áreas de Endemismo

La primera estimación de la cobertura Boscosa de Panamá fue realizada en 1947 por Garver, quien clasificó la superficie terrestre del país en dos categorías (boscoso y sin cobertura boscosa), el mapa fue elaborado a partir de información que obtuvo durante sobrevuelos y giras de campo (MiAmbiente, 2017a). La metodología empleada para elaborar los mapas mejoró en los siguientes años. Los mapas de 1992 y de 2000, se realizaron a través del análisis digital de las imágenes de satélite georreferenciadas por provincia y distrito. Ambos mapas fueron elaborados a escala 1:250,000 y contaban con 16 clases temáticas (ANAM, 2003; ANAM, 2010).

El mapa de cobertura y uso de la tierra en Panamá de 2012 fue elaborado con imágenes RapidEye de 2012 a una escala de 1: 50,000. Este mapa contiene 32 categorías (MiAmbiente, 2017a), mientras que el mapa de 2021 se elaboró a una escala de 1:25,000 y utilizó datos de la constelación Sentinel 2-A del proyecto de la Unión Europea, Copérnico. Este mapa tiene 33 categorías (MiAmbiente, 2022b).

Los mapas de 2012 y 2021 fueron realizados siguiendo metodologías similares por lo que son técnicamente viables para efectuar comparaciones (MiAmbiente, 2022b). Las

comparaciones realizadas por el Ministerio de Ambiente, reflejan que el porcentaje de bosques en el mapa de 2012 era de 60.4% (4,526,313 ha), mientras que el de 2021 es de 61.4%. (4,626, 670.20 ha). Para ambas áreas el porcentaje de bosques y otras tierras boscosas del país es de 68% cuando se incluyen los rastrojos (MiAmbiente, 2017a; MiAmbiente, 2022b).

En cuanto a lo relacionado a las áreas de endemismo A y B determinadas en este estudio, se observa que los segmentos de las áreas de endemismo que se localizan dentro de las Áreas Protegidas poseen un gran porcentaje de cobertura boscosa. En Panamá las áreas protegidas cuentan con 21,691.7 km² en bosques (28% de bosques dentro de las áreas protegidas), lo que indica que las Áreas Protegidas aportan un 47% de los Bosques al territorio nacional (MiAmbiente, 2022b).

Otros segmentos de la superficie de las áreas de Endemismo A y B (como el que corresponde al área de Cerro Santiago), con gran porcentaje de cobertura boscosa se localizan en la Comarca Ngäbe-Buglé. Esta es una de las regiones que más pérdida de cobertura boscosa tuvo entre los años 2012 a 2021. Esto se debe en parte a algunas prácticas realizadas por los pueblos indígenas, por ejemplo, el uso de quemas como método de preparación de los suelos para la siembra (Jaén, 2009; MiAmbiente, 2022a). El promedio de uso de esta práctica es de 38% a nivel nacional. Sin embargo, al revisar el porcentaje de uso por provincias y comarcas el porcentaje de utilización de las quemas aumenta hasta un 82% en las regiones indígenas. La quema es una práctica que agota progresivamente el suelo y destruye su actividad microbiana (MiAmbiente, 2022a). A pesar de que esta región ha perdido cobertura boscosa, es considerada una de las regiones con mayor cantidad de bosques en el país con el 10% de la cobertura boscosa total (MiAmbiente, 2022b).

El resto de la superficie de las áreas de Endemismo A y B, posee parches de bosques y rastrojos; también están presentes zonas pobladas y de uso agropecuario. La comparación de la cobertura boscosa y uso de suelos para las áreas de endemismo entre los mapas de 2012 y 2021 muestran un aumento en la variedad de las zonas de cultivo ya que ahora está presente una zona de cultivo de arroz. También se presentan áreas heterogéneas de producción agropecuaria. El aumento en las zonas de cultivo también se da en la extensión y cantidad de áreas empleadas para cultivos.

Áreas de Endemismo y su conservación

Las áreas de endemismo propuestas con el PAE albergan especies con distribución local y restringida, lo que las convierte en áreas únicas e insustituibles. Este es un criterio importante para definición de zonas prioritarias para la conservación (Méndez-Larios *et al.*, 2005; Zamora-Manzur *et al.*, 2011). Sin embargo, los recursos financieros son limitados y deben establecerse prioridades para lograr la conservación de la diversidad biológica (Castaño-Villa, 2005). En este sentido, las áreas de endemismo determinadas exhiben un patrón anidado. Cuando se obtiene este tipo de patrón se toman como prioritarias las áreas que conforman el menor nivel, ya que estas contienen no solo las especies endémicas de dicha área, sino también las de las áreas de nivel mayor (Posadas & Miranda-Esquivel, 1999). Tomando en consideración lo anterior, se toma como prioritaria para la conservación el Área de Endemismo B.

El área de endemismo B, tiene parte de su superficie en áreas protegidas. Otras partes son usadas para diversas actividades humanas. También hay una parte de esta área, mayormente en la Comarca Ngäbe-Buglé, con grandes extensiones boscosas, que no

poseen ningún tipo de protección y en donde se ubica Cerro Santiago (considerado como un IBA y KBA). En las partes más usadas para las actividades humanas se ven algunos cambios en los usos del suelo para esta área en el 2012 y 2021. En este período de tiempo también ocurrieron cambios en la población del país. La población de Panamá según el censo de 2010 era de 3,405,813 personas (Ministerio de Economía y Finanzas, 2013). De acuerdo con la estimación realizada para julio de 2020 esta cifra aumentó y se estimó la población panameña en 4,278,500 (INEC, 2022). Los cambios en la población generan presión tanto en los bosques como en las zonas de usos agrícolas. Esto puede ser una amenaza sobre los servicios ecosistémicos ofrecidos debido a los cambios que ocurren en estas zonas. Algunos de estos cambios se relacionan con los tipos de cultivos que se realizan y el tamaño de las áreas empleadas para los cultivos (Molina-Rico et al., 2019).

Un aspecto positivo en esta área es que, aunque algunas zonas no están protegidas por Áreas del SINAP, si cuentan con otras iniciativas de conservación como la existencia de Reservas Naturales Privadas (RNP). Esto se da mayormente en la zona de la provincia de Chiriquí, en donde las RNP, constituyen una oportunidad no solo para la protección ambiental, sino también para el crecimiento económico, pues combinan la conservación con actividades que les generan ingresos, como la agricultura y el ecoturismo (Sepulveda, 2002).

En cada segmento del área de endemismo las medidas a tomar deben ser analizadas cuidadosamente, pues en zonas como la del IBA Santa Clara, que está compuesta por propiedades privadas y zonas de cultivo, la protección formal a gran escala no es posible en cambio debe manejarse como un área de amortiguamiento (BirdLife International, 2022d). Para la zona boscosa ubicada en la Comarca Ngäbe-Buglé, las

medidas que se pretendan adoptar, deben tomar en consideración e involucrar a los pueblos indígenas, ya que en Panamá algunas áreas protegidas están incluidas en tierras, territorios y recursos que pertenecieron a estos grupos. El establecimiento de estas áreas, en muchos casos, afectó los derechos, intereses y medios de subsistencia de los pueblos indígenas (Masardule, 2012; Mach y Vahradian, 2019; FAO/FILAC, 2021).

Conclusiones

Al finalizar este trabajo se puede concluir lo siguiente:

- En Panamá se determinaron dos áreas de endemismo ubicada en parte de las provincias de Chiriquí, Bocas del Toro, Veraguas, Coclé y parte de la Comarca Ngäbe Buglé a partir de datos de distribución de 99 especies de aves.
- Las áreas de endemismo determinadas están protegidas parcialmente, ya que parte de su superficie se encuentra dentro de varias áreas protegidas como el Parque Internacional la Amistad, Reserva Forestal Fortuna, Parque Nacional Volcán Barú, Parque Nacional Santa Fe, Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera.
- Dentro de las áreas de endemismo determinadas existen zonas en las que se deben dirigir medidas para la conservación de su biodiversidad. Cerro Santiago y Santa Clara poseen gran importancia debido a que son áreas importantes para la biodiversidad y las aves (IBA), mientras que los segmentos de las áreas de endemismo que se extienden desde BP Palo Seco y RF Fortuna hasta Cerro Santiago, y desde Cerro Santiago hasta PN Santa Fe y PN General de División Omar Torrijos, son de importancia por su cobertura boscosa y la biodiversidad que contienen.
- Las medidas que se deben tomar para la conservación de la biodiversidad en cada una de las zonas de las áreas de endemismo difieren de acuerdo con las características del lugar.

- Santa Clara por estar compuesta por áreas privadas debe ser empleada como una zona de amortiguamiento para el Parque Internacional La Amistad.
- En el área que corresponde a Cerro Santiago deben dirigirse medidas de conservación que no afecten los derechos, intereses y medios de subsistencia de los pueblos indígenas de la zona.
- En el segmento de las áreas de endemismo que está dentro de la comarca Ngäbe Buglé deben realizarse estudios que ayuden a conocer la biodiversidad de esta zona, para posteriormente tomar medidas de conservación.

Recomendaciones

Los resultados encontrados en este estudio permiten señalar algunas recomendaciones que serán de ayuda para otros estudios en un futuro cercano. Es debido a esto que proponemos lo siguiente:

- Fomentar actividades que permitan la obtención de información de distribución de otros grupos taxonómicos, que a diferencia de las aves no resultan tan atractivos. Esto llevaría a la determinación de áreas de endemismo para otras especies.
- Procurar que los registros de las especies sean lo más precisos posibles, pues un error en las coordenadas puede conllevar a que se cometan otros errores durante los análisis, sobre todo cuando se manejan bases de datos muy amplias.

Bibliografía

- Amorim, D. S., & Santos, C. M. (2017). Flies, endemism, and the Atlantic Forest: a biogeographical study using topographic units of analysis. *Australian Systematic Botany*, 30(6), 439-469.
- ANAM. (2003). *Informe Final de Resultados de la Cobertura Boscosa y Uso del Suelo de la República de Panamá: 1992 - 2000*. Panamá: Autoridad Nacional del Ambiente.
- ANAM. (2010). *Atlas Ambiental*. Editora Novo Art, S.A.
- ANAM. (2014). *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Panamá ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Panamá.
- Angehr, G. R., & Miró, R. (2009). Panamá. En C. Devenish, D. F. Díaz Fernandez, R. P. Clay, I. Davidson, Í. Yépez Zabala, & A. Pérez-Leroux (Edits.), *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation* (págs. 289-298). Quito, Ecuador: BirdLife International.
- Angehr, G. R., & Robert, D. (2010). *The Birds of Panamá: A field Guide*. Comstock Pub. Associates.
- Arana, M. D., Ponce, M., Morrone, J. J., & Oggero, A. J. (2013). Patrones biogeográficos de los helechos de las Sierras de Córdoba (Argentina) y sus implicancias en la conservación. *Gayana Bótanica*, 70(2), 357-376.
- Batista, A., Hertz, A., Ponce, M., & Lotzkat, S. (2020). Notes on amphibians and reptiles from western Panama. *Herpetology Notes*, 13, 219-229.
- Bentrup, G. (2008). *Zonas de amortiguamiento para conservación. Lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes. Informe Técnico Gral*. Asheville, NC: SRS-109. Departamento de Agricultura.

- Bertelli, S., Szumik, C., Goloboff, P. A., Giannini, N. P., Navarro-Sigüenza, A. G., Peterson, A. T., & Cracraft, J. (2017). Mexican land birds reveal complexity in fine-scale patterns of endemism. *Journal of Biogeography*, *44*(8), 1836-1846.
- BirdLife International. (2020). *BirdLife International*. Obtenido el 7 de Junio de 2020, de BirdLife. Disponible en: <http://www.birdlife.org/datazone/country/panama>
- BirdLife International. (2022a). *State of the World's Birds 2022: Insights and solutions for the biodiversity crisis*. Cambridge, UK: BirdLife International.
- BirdLife International. (2022b). *Country profile: Panama*. Obtenido el 6 de Octubre de 2022, de BirdLife. Disponible en: <http://www.birdlife.org/datazone/country/panama>
- BirdLife International. (2022c). *IUCN Red List for birds*. Obtenido el 7 de 10 de 2022, de BirdLife. Disponible en: <http://www.birdlife.org>
- BirdLife International. (2022d). *Important Bird Areas factsheet: Santa Clara*. Obtenido el 14 de Agosto de 2022, de BirdLife. Disponible en: <http://www.birdlife.org>
- BirdLife International. (2022e). *Important Bird Areas factsheet: Cerro Santiago*. Obtenido el 19 de Enero de 2022, de BirdLife. Disponible en: <http://www.birdlife.org>
- Bueno, A., & Llorente, B. (2000). Una visión histórica de la biogeografía dispersionista con críticas a sus fundamentos. *Caldasia*, *22*(2), 161-184.
- Buitrago-Rosas, D., Medina, J. L., Castillo-Caballero, P. L., Ortega, J., Garzón, J. L., & Falk, J. J. (2019). Highland avian surveys in Cerro Hoya National Park (Azüero, Panamá) reveal new range extensions, including a rare hummingbird (*Selasphorus* sp.). *Ornitología Neotropical*, *30*, 89-97.

- Camfield, A. (2004a). *Furnariidae*. Obtenido el 20 de Diciembre de 2021, de Animal Diversity Web. Disponible en: <https://animaldiversity.org/accounts/Furnariidae/>
- Camfield, A. (2004b). *Trochilidae*. Obtenido el 4 de Enero de 2022, de Animal Diversity Web. Disponible en: <https://animaldiversity.org/accounts/Trochilidae/>
- Castaño-Villa, G. J. (2005). Áreas protegidas, criterios para su selección y problemática en su conservación. *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 10, 79-102.
- Castillo, G. A. (2010). Bosques para la vida: Causas ocultas de Deforestación de los bosques en las Comarcas Kunas. *Revista Cultural Lotería*(493), 105-124.
- Cataudela, J. F., & Palacios, F. X. (2021). Habitat and phylogeny, but not morphology, are linked to fruit consumption in the most ecologically diverse bird family, the Furnariidae. *Emu - Austral Ornithology*, 121(4), 340-347.
- Cavieres, L. A., Mihoc, M., Marticorena, A., Marticorena, C., Oscar, M., & Squeo, F. A. (2001). Determinación de áreas prioritarias para la conservación: análisis de parsimonia de endemismo(PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo. En F. A. Squeo, G. Arancio, & J. R. Gutiérrez (Edits.), *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo* (págs. 159-170). La Serena, Chile.: Ediciones Universidad de la Serena.
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 345(1311), 101-118.
- Delhey, K. (2018). Nest webs beyond woodpeckers: the ecological role of the nest builders. *Ecology*, 99(4), 985-988.

- Deo, A. J., & DeSalle, R. (2006). Nested areas of endemism analysis. *Journal of Biogeography*, 33, 1511-1526.
- Dos Santos, D. A., Fernández, H. R., Cuezco, M. G., & Domínguez, E. (2008). Sympatry Inference and Network Analysis in Biogeography. *Systematic Biology*, 57(3), 432-448.
- Escribano-Avila, G., Lara-Romero, C., Heleno, R., & Traveset, A. (2018). Tropical Seed Dispersal Networks: Emerging Patterns, Biases, and Keystone Species Traits. En W. Dáttilo, & V. Rico-Gray (Edits.), *Ecological Networks in the Tropics* (págs. 93-110). Springer, Cam.
- FAO/FILAC. (2021). *Los pueblos indígenas y tribales y la gobernanza de los bosques. Una oportunidad para la acción climática en América Latina y el Caribe*.
- Gill, F., Donsker, D., & Rasmussen, P. (2022a). *IOC World Bird List v12.2*. Obtenido el 17 de Octubre de 2022. Disponible en:
<https://www.worldbirdnames.org/new/bow/ovenbirds/>
- Gill, F., Donsker, D., & Rasmussen, P. (2022b). *IOC World Bird List v12.2*. Obtenido el 17 de Octubre de 2022. Disponible en:
<https://www.worldbirdnames.org/new/bow/tanagers/>
- Gill, F., Donsker, D., & Rasmussen, P. (2022c). *IOC World Bird List v12.2*. Obtenido el 17 de Octubre de 2022. Disponible en
<https://www.worldbirdnames.org/new/bow/hummingbirds/>
- Gill, F., Donsker, D., & Rasmussen, P. (2022d). *IOC World Bird List v12.2*. Obtenido el 17 de Octubre de 2022. Disponible en:
<https://www.worldbirdnames.org/new/bow/flycatchers/>

- Giokas, S., & Sfenthourakis. (2008). An improved method for identification of areas of endemism using species co-occurrences. *Journal of Biogeography*, 35, 893-902.
- Goldani, A., Carvalho, G. S., & Bicca-Marques, J. (2006). Distribution patterns of Neotropical primates (Platyrrhini) based on Parsimony analysis of endemism. *Brazilian Journal of Biology*, 66, 61-74.
- Goloboff, P., & Catalano, S. (2016). TNT version 1.5, including a full implementation of phylogenetic morphometrics. *Cladistics*, DOI 10.1111/cla.12160.
- Gonzales, O., Díaz, C., & Britto, B. (2019). Ensamble de aves nectarívoras y sus recursos florales en un bosque achaparrado de los Andes Centrales Peruanos. *Ecología Aplicada*, 18(1), 21-35.
- Gregory, R. D., & van Strien, A. (2010). Wild bird indicators: using composite population trends of birds as measures of environmental health. *Ornithological Science*, 9(1), 3-22.
- Harold, A. S., & Mooi, R. D. (1994). Areas of endemism: definition and recognition criteria. *Systematic Biology*, 43(1), 411-438.
- Hertz, A., Lotzkat, S., & Köhler, G. (2013). New distribution records and variation of the two common lowland salamanders *Bolitoglossa colonnea* (Dunn, 1924) and *B. lignicolor* (Peters, 1873) in Panama (Amphibia: Caudata: Plethodontidae). *Check List*, 9(1), 83-91.
- Hertz, A., Lotzkat, S., Carrizo, A., Ponce, M., Köhler, G., & Streit, B. (2012). Field notes on findings of threatened amphibian species in the central mountain range of western Panama. *Amphibian & Reptile Conservation*, 6(2), 9-30.
- Holdridge, L. (1978). *Ecología basadas en las zonas de vida*. Costa Rica: IICA.

- Hruska, J. P., Dzielski, S. A., Van Doren, B. M., & Hite, J. M. (2016). Notes on the avifauna of the northern Serranía de Pirre, Panama. *Bulletin of the British Ornithologist' Club*(136), 224-242.
- Huang, X.-L., Qiao, G.-X., & Lei, F.-M. (2010). Use of Parsimony Analysis to Identify Areas of Endemism of Chinese Birds: Implications for Conservation and Biogeography. *International Journal of Molecular Science*, 11(5), 2097-2108.
- INEC. (2022). *Panamá en Cifras. Años 2016 - 20*. Panamá: Contraloría General de la República.
- IUCN. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-1*. Retrieved 7 de Octubre de 2022, from The IUCN Red List: <https://www.iucnredlist.org/>
- Jacinto-Flores, N. E., Sánchez-González, L. A., & Almazán-Núñez, R. C. (2017). Patrones de distribución y zonas prioritarias para la conservación de la avifauna de la costa del Pacífico de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 960-977.
- Jaén, B. E. (2009). *Informe Final de Consultoría para la Facilitación de Talleres de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) y Participación de los Pueblos Indígenas de Panamá en REDD. Fondo BM No 7150870*.
- Leimberger, K. G., Dalsgaard, B., Tobias, J. A., Wolf, C., & Betts, M. G. (2022). The evolution, ecology, and conservation of hummingbirds and their interactions with flowering plants. *Biological Reviews*.
- Linder, H. P. (2001). On areas of endemism, with an example from the African Restionaceae. *Systematic Biology*, 50, 892-912.

- Llorente, J., & Morrone, J. J. (Edits.). (2003). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. México: UNAM.
- Mach, L., & Vahradian, D. (2019). Tourists want to be spooked, not schooled: sustaining indigenous tourism in the Bastimentos Island National Marine Park, Bocas del Toro, Panama. *Journal of Ecotourism*, 1-15.
- Masardule, O. (2012). Reconocimiento y Apoyo a las ICCAs en Panamá. *CBD Secretariat Technical Series No 64*.
- Mast, A. R., & Nyffeler, R. (2003). Using a null model to recognize significant co-occurrence prior to identifying candidate areas of endemism. *Systematic Biology*, 52, 271-280.
- Méndez, E. (1993). *Los roedores de Panamá* (Novena ed.). Panamá.
- Méndez-Larios, I., Villaseñoor, J. L., Lira, R., Morrone, .. J., Dávila, P., & Ortiz, E. (2005). Toward the identification of a core zone in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico, based on parsimony analysis of endemism of flowering plant species. *Interciencia*, 267-274.
- MiAmbiente. (2017a). *Informe Final del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra 2012*. Panamá.
- MiAmbiente. (2017b). *Plan Estratégico, Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Panamá*. Panamá.
- MiAmbiente. (2019). *GEO Panamá 2019: Informe del estado del ambiente*. Panamá: Editora Novo Art, S.A.
- MiAmbiente. (2022a). *Principales Problemas Ambientales de Panamá*. Panamá: Oficina de Relaciones Públicas - DIRCOM MIAMBIENTE.

- MiAmbiente. (2022b). *Informe Ejecutivo del Mapa de Cobertura Boscosa y Uso de Suelo 2021*. Panamá.
- Miller, M. J., Angehr, G. R., Ridgely, R. S., Klicka, J., López. Ch, O. G., Arauz, J., Campos, E., & Buitrago-Rosas, D. (2015). Annotated checklist of the birds (Aves) of Cerro Hoya National Park, Azuero Peninsula, Panamá. *Check List*, 11(2), 1585.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2013). *Atlas Social de Panamá*.
- Molina-Rico, L. J., Correa-Valencia, J. A., & Feijoo-Martínez, A. (2019). Transformaciones Territoriales, Mudanzas y Cambios en Servicios Ecosistémicos, Armenia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 10(1).
- Montañez, D., & Angehr, G. R. (2007). Important birds areas of the neotropics: Panama. *Neotropical Birding*, 2, 12-19.
- Morales-Flores, R. A., Muñoz-Arosemena, K., Pérez, R. X., & Medina-Madrid, J. L. (2021). primer reporte de anoftalmia en *Isthmohyla graceae* (myers & duellman, 1982) (anura: hylidae) en la serranía de tabasará, comarca ngäbe-buglé, panamá. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 4(2), 165-172.
- Mora-Olivo, A., Villaseñor, J. L., Luna-Vega, I., & Morrone, J. J. (2008). Patrones de distribución de la flora vascular acuática estricta en el estado de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 435-448.
- Morrone, J. J. (1994). On the Identification of Areas of Endemism. *Systematic Biology*, 43(1), 438-441.

- Morrone, J. J. (2014). Biogeografía Evolutiva: Un enfoque integrativo. En R. Ruiz, M. Á. Puig-Samper, & G. Zamudio (Edits.), *Darwinismo, Biología y Sociedad* (págs. 137-144). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nelson, G. (1985). A decade of challenge the future of biogeography. *Journal of the History of Earth Sciences Society*, 4, 187-196.
- Nelson, G., & Platnick, N. I. (1981). *Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance*. New York: Columbia University Press.
- Nixon, K. C. (2002). Winclada, version 1.00.08.
- Noguera-Urbano, E. A. (2016). El Endemismo: Diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana*, 33(1), 80-107.
- Oliveira, U., Brescovit, A. D., & Santos, A. (2015). Delimiting Areas of Endemism through Kernel Interpolation. *PLoS ONE*, 10(1).
- Oliveira, U., Soares-Filho, B. S., Paglia, A., Brescovit, A. D., De Carvalho, C. J., Silva, D. P., Rezende, D. T., Leite, F. S., Batista, J. A., Barbosa, J. P., Stehmann, J. R., Ascher, J. S., Ferreira, M., De Marcos, P., Löwenberg-Neto, P., Gianluppi, V., & Santos, A. J. (2017). Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Scientific reports*, 7(9141). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08707-2>
- Ouvernay, D., Ferreira, I., & Morrone, J. J. (2018). Areas of endemism of hummingbirds (Aves: Apodiformes: Trochilidae) in the Andean and Neotropical regions. *Zoología*, 35.
- Pelayo, R. d., & Soriano, P. J. (2013). Áreas prioritarias para la conservación de las aves en las cuencas altas de tres ríos andinos. En F. Cuesta, J. Sevink, L. D. Llambí, B. De Bièvre, & J. Posner (Edits.), *Avances en Investigación para la*

- Conservación en los Páramos Andinos* (págs. 88-104). Quito, Ecuador: Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN).
- Peralta, D. F. (2007). Anotaciones sobre la historia natural de aves frugívoras y nectarívoras en la región de Boquete, Panamá. *Zeledonia*, 11(1).
- Posadas, P., & Miranda-Esquivel, D. (1999). El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72, 539-546.
- QGIS Development Team. (2020). QGIS 3.14. Open Source Geospatial Foundation. Disponible en : <http://qgis.org/es/site/>
- Quijano-Abril, M. A., Callejas-Posada, R., & Miranda-Esquivel, D. R. (2006). Areas of endemism and distribution patterns for Neotropical Piper species (Piperaceae). *Journal of Biogeography*, 33, 1266-1278.
- Roberge, J.-M., & Angelstam, P. (2004). Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. *Conservation Biology*, 18(1), 76-85.
- Romero-Díaz, C., Ugalde-Lezama, S., Valdez-Hernández, J., Tarango-Arámbula, L., Olmos-Oropeza, G., & García-Núñez, R. (2022). Ecología trófica de aves insectívoras en sistemas agroforestales y Bosque Mesófilo de Montaña. *Abanico Veterinario*, 1-17.
- Rosen, B., & Smith, A. B. (1988). From fossils to earth history: Applied historical biogeography. En: A. A. Myers & P. Giller (editores). *Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions*, Chapman and Hall: Londres, págs. 437-481.

- Sanmartin, I. (2012). Biogeografía. En P. Vargas, & R. Zardoya (Edits.), *El Árbol de la Vida. Sistemática y Evolución de los seres vivos* (págs. 457-474).
- Sargent, R., & Sargent, M. (2001). Hummingbirds. En N. A. Society, C. Elphick, D. J., & D. Sibley (Edits.), *The Sibley guide to bird life and behavior*. New York.
- Schipper, J. (s.f.). *Talamancan Montane Forests*. Obtenido el 18 de 8 de 2022, de One earth. Disponible en: <https://www.oneearth.org/ecoregions/talamancan-montane-forests/>
- Sekercioglu, C. H. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(8), 467-471.
- Sepulveda, C. (2002). Áreas privadas protegidas y territorio, la conectividad que falta. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 8(2-3-4), 119-124.
- Sigrist, M. S., & Carvalho, C. J. (2008). Detection of areas of endemism on two spatial scales using Parsimony Analysis of Endemicity (PAE): the Neotropical region and the Atlantic Forest. *Biota Neotropical*, 8(4).
- Sociedad Audubon Panamá. (2022). *Lista de las aves de Panamá 2022*.
- Stantona, R., Morrisey, C., & Clark, R. (2018). Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 254, 244-254.
- Szumik, C., & Goloboff, P. (2004). Areas of Endemism. An Improved optimal criterion. *Systematic Biology*, 53, 968-877.
- Szumik, C., Casagrande, D., & Roig Juñent, S. (2006). Manual de NDM/VNDM: Programas para la identificación de áreas de endemismo. *Instituto Argentino de Estudios Filogenéticos*, 3.

- Szumik, C., Cuezco, F., Goloboff, P., & Chalup, A. (2002). An optimality criteria to determine areas of endemism. *Syst. Biol.*, *51*, 806-816.
- Turienzo, P., & Iorio, O. D. (2013). Insectos en nidos de aves de la Argentina: *Asthenes dorbignyi* (Reichenbach, 1853) [Aves: Furnariidae]. *IDESIA*, *31*(4), 87-94.
- Van Swaay, C., Dennis, E., Schmucki, R., Sevilleja, C., Balalaikins, M., Botham, M., Bourn, N., Brereton, T., Cancela, J., Carlisle, B., Chambers, P., Collins, S., Dopagne, C., Escobés, R., Feldmann, R., Fernández-García, J. M., & Fontaine, B. (2019). *The EU Butterfly Indicator for Grassland species: 1990-2017: Technical Report*. Butterfly Conservation Europe.
- Venter, O., Sanderson, E., Magrath, A., Allan, J. R., Beher, J., Jones, K. R., Possingham, H. P., Laurance, G. F., Madera, P., Fekete, B., Levy, M. A., & Watson, J. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature Communications*, *7*(2558).
- Waliczky, Z., Fishpool, L. D., Butchart, S. H., David Thomas, Melanie F. Heath, Hazin, C., Donald, P. F., Kowalska, A., Días, M. P., & Allinson, T. S. (2019). Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs): their impact on conservation policy, advocacy and action. *Bird Conservation International*, *29*(2), 199-215.
- Wescott, A. D., & Graham, D. L. (2000). Patterns of movement and seed dispersal of a tropical frugivore. *Oecología*, *22*, 249-257.
- Zamora-Manzur, C., Parra, L. E., & Jaque, E. (2011). Patrones de distribución de los geométridos de la región del Biobío, Chile: una aproximación para su conservación. *Revista Chilena de Historia Natural*, *84*, 465-480.

Anexos

Cuadro 4. Listado de especies de aves utilizadas en el Análisis de Parsimonia de Endemismo

Num.	Especie	Num.	Especie
0	<i>Chlorospingus flavigularis hypophaeus</i> P. L. Sclater & Salvin, 1868	50	<i>Xenerpestes minlosi</i> Berlepsch, 1886
1	<i>Cranioleuca vulpina dissita</i> (Wetmore, 1957)	51	<i>Xenops rutilans</i> Temminck, 1821
2	<i>Leptotila battyi</i> Rothschild, 1901	52	<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i> (Lesson, 1840)
3	<i>Margarornis bellulus</i> Nelson, 1912	53	<i>Xiphorhynchus erythropygius</i> (P. L. Sclater, 1860)
4	<i>Phylloscartes flavovirens</i> (Lawrence, 1862)	54	<i>Aphanotriccus audax</i> (Nelson, 1912)
5	<i>Piculus callopterus</i> (Lawrence, 1862)	55	<i>Contopus lugubris</i> Lawrence, 1865
6	<i>Atlapetes luteoviridis</i> (Griscom, 1924)	56	<i>Contopus ochraceus</i> P. L. Sclater & Salvin, 1869
7	<i>Pyrrhura eisenmanni</i> Delgado, 1985	57	<i>Elaenia frantzii</i> Lawrence, 1865
8	<i>Selasphorus ardens</i> Salvin, 1870	58	<i>Empidonax albigularis</i> P. L. Sclater & Salvin, 1859
9	<i>Polyerata decora</i> Salvin, 1891	59	<i>Empidonax atriceps</i> Salvin, 1870
10	<i>Anthracothorax veraguensis</i> Reichenbach, 1855	60	<i>Empidonax flavescens</i> Lawrence, 1865
11	<i>Calliphlox bryantae</i> (Lawrence, 1867)	61	<i>Fluvicola pica</i> (Boddaert, 1783)
12	<i>Calliphlox mitchellii</i> (Bourcier, 1847)	62	<i>Leptopogon superciliaris</i> Tschudi, 1844
13	<i>Campylopterus hemileucurus</i> (Deppe, 1830)	63	<i>Lophotriccus pileatus</i> (Tschudi, 1844)
14	<i>Microchera chionura</i> (Gould, 1851)	64	<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)
15	<i>Eupherusa nigriventris</i> Lawrence, 1868	65	<i>Mitrephanes phaeocercus</i> (P. L. Sclater, 1859)
16	<i>Goldmania bella</i> (Nelson, 1912)	66	<i>Myiodynastes chrysocephalus</i> (Tschudi, 1844)

17	<i>Goldmania violiceps</i> Nelson, 1911	67	<i>Myiodynastes hemichrysus</i> (Cabanis, 1861)
18	<i>Chrysuronia humboldtii</i> (Bourcier & Mulsant, 1852)	68	<i>Myiopagis caniceps</i> (Swainson, 1835)
19	<i>Lampornis calolaemus</i> (Salvin, 1865)	69	<i>Oncostoma cinereigulare</i> (P. L. Sclater, 1857)
20	<i>Lampornis castaneoventris</i> (Gould, 1851)	70	<i>Ornithion semiflavum</i> (P. L. Sclater & Salvin, 1860)
21	<i>Lampornis hemileucus</i> (Salvin, 1865)	71	<i>Phyllomyias burmeisteri</i> Cabanis & Heine, 1859
22	<i>Lophornis adorabilis</i> Salvin, 1870	72	<i>Phyllomyias griseiceps</i> (P. L. Sclater & Salvin, 1871)
23	<i>Panterpe insignis</i> Cabanis & Heine, 1860	73	<i>Phylloscartes superciliaris</i> (P. L. Sclater & Salvin, 1868)
24	<i>Phaethornis anthophilus</i> (Bourcier, 1843)	74	<i>Piprites griseiceps</i> Salvin, 1865
25	<i>Phaethornis yaruqui</i> (Bourcier, 1851)	75	<i>Platyrrinchus cancrominus</i> P. L. Sclater & Salvin, 1860
26	<i>Selasphorus flammula</i> Salvin, 1865	76	<i>Platyrrinchus mystaceus</i> Vieillot, 1818
27	<i>Selasphorus scintilla</i> (Gould, 1851)	77	<i>Pseudotriccus pelzelni</i> Taczanowski & Berlepsch, 1885
28	<i>Anabacerthia variegaticeps</i> (P. L. Sclater, 1857)	78	<i>Rhynchocyclus brevirostris</i> (Cabanis, 1847)
29	<i>Automolus subulatus</i> (Spix, 1824)	79	<i>Serpophaga cinerea</i> (Tschudi, 1844)
30	<i>Campylorhamphus pusillus</i> (P. L. Sclater, 1860)	80	<i>Tolmomyias flaviventris</i> (Wied-Neuwied, 1831)
31	<i>Campylorhamphus trochilirostris</i> (Lichtenstein, 1820)	81	<i>Bangsia arcaei</i> (P. L. Sclater & Salvin, 1869)
32	<i>Clibanornis rubiginosus</i> (P.L. Sclater, 1857)	82	<i>Chrysothlypis chrysomelas</i> (P. L. Sclater & Salvin, 1869)
33	<i>Cranioleuca erythropis</i> (P. L. Sclater, 1860)	83	<i>Conirostrum leucogenys</i> (Lafresnaye, 1852)
34	<i>Dendrocincla anabatina</i> P. L. Sclater, 1859	84	<i>Cyanerpes caeruleus</i> (Linnaeus, 1758)
35	<i>Dendrocincla homochroa</i> (P. L. Sclater, 1860)	85	<i>Dacnis viguieri</i> Oustalet, 1883

36	<i>Dendrocolaptes picumnus</i> Lichtenstein, 1820	86	<i>Heterospingus xanthopygius</i> (P. L. Sclater, 1855)
37	<i>Dendroplex picus</i> (Gmelin, 1788)	87	<i>Ixothraupis guttata</i> (Cabanis, 1851)
38	<i>Lepidocolaptes affinis</i> (Lafresnaye, 1839)	88	<i>Lanio leucothorax</i> Salvin, 1865
39	<i>Lochmias nematura</i> (Lichtenstein, 1823)	89	<i>Poecilostreptus palmeri</i> (Hellmayr, 1909)
40	<i>Margarornis rubiginosus</i> Lawrence, 1865	90	<i>Ramphocelus sanguinolentus</i> (R. Lesson, 1831)
41	<i>Philydor fuscipenne</i> Salvin, 1866	91	<i>Saltator atriceps</i> (R. Lesson, 1832)
42	<i>Philydor rufum</i> (Vieillot, 1818)	92	<i>Saltator coerulescens</i> Vieillot, 1817
43	<i>Premnoplex brunnescens</i> (P. L. Sclater, 1856)	93	<i>Tangara dowii</i> (Salvin, 1863)
44	<i>Pseudocolaptes lawrencii</i> Ridgway, 1878	94	<i>Tangara florida</i> (P. L. Sclater & Salvin, 1869)
45	<i>Sclerurus albigularis</i> P. L. Sclater & Salvin, 1869	95	<i>Tangara fucosa</i> Nelson, 1912
46	<i>Sclerurus mexicanus</i> P. L. Sclater, 1857	96	<i>Tangara icterocephala</i> (Bonaparte, 1851)
47	<i>Synallaxis brachyura</i> Lafresnaye, 1843	97	<i>Tangara lavinia</i> (Cassin, 1858)
48	<i>Syndactyla subalaris</i> (P. L. Sclater, 1859)	98	<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811)
49	<i>Thripadectes rufobrunneus</i> (Lawrence, 1865)		

Cuadro 5. Matriz utilizada en el Análisis de Parsimonia de Endemismo

Table with 10 columns for Areas (Área) and 9 columns for Species (Especies). The data is binary (0/1) and organized into a grid. The species columns are labeled 0-9, and the area columns are labeled C-000 to C-121.

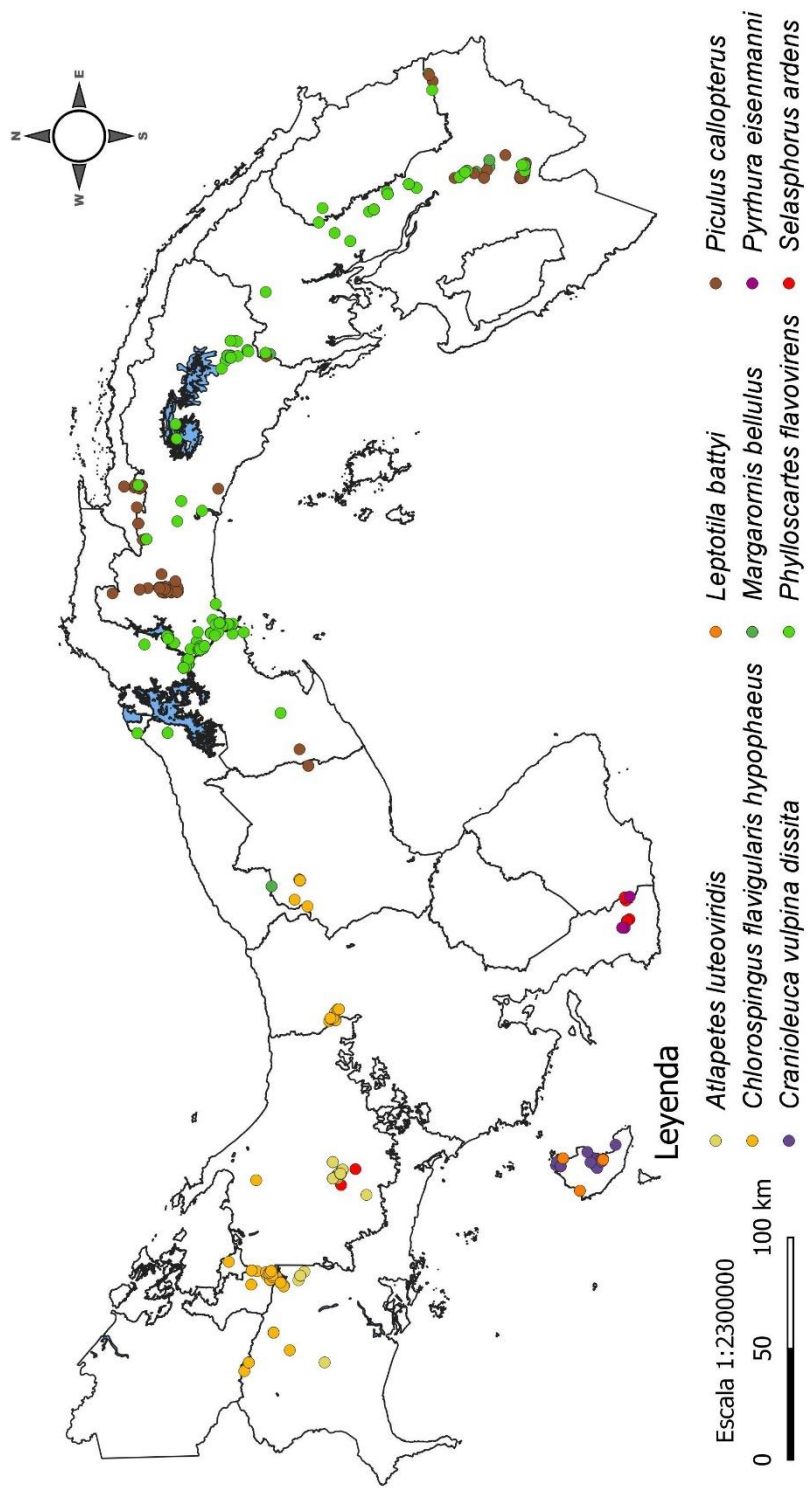


Figura 14. Mapa con los registros de las nueve especies de aves endémicas de Panamá utilizadas en el PAE.

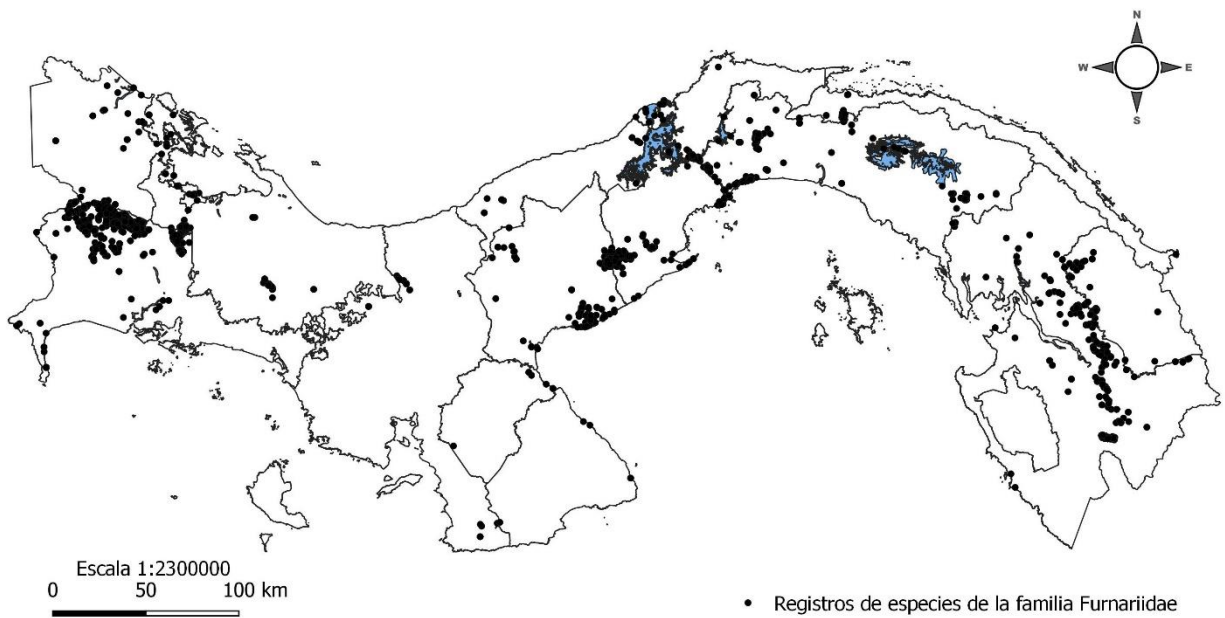


Figura 15. Mapa con los registros obtenidos de las especies de la familia Furnariidae utilizadas en este estudio.

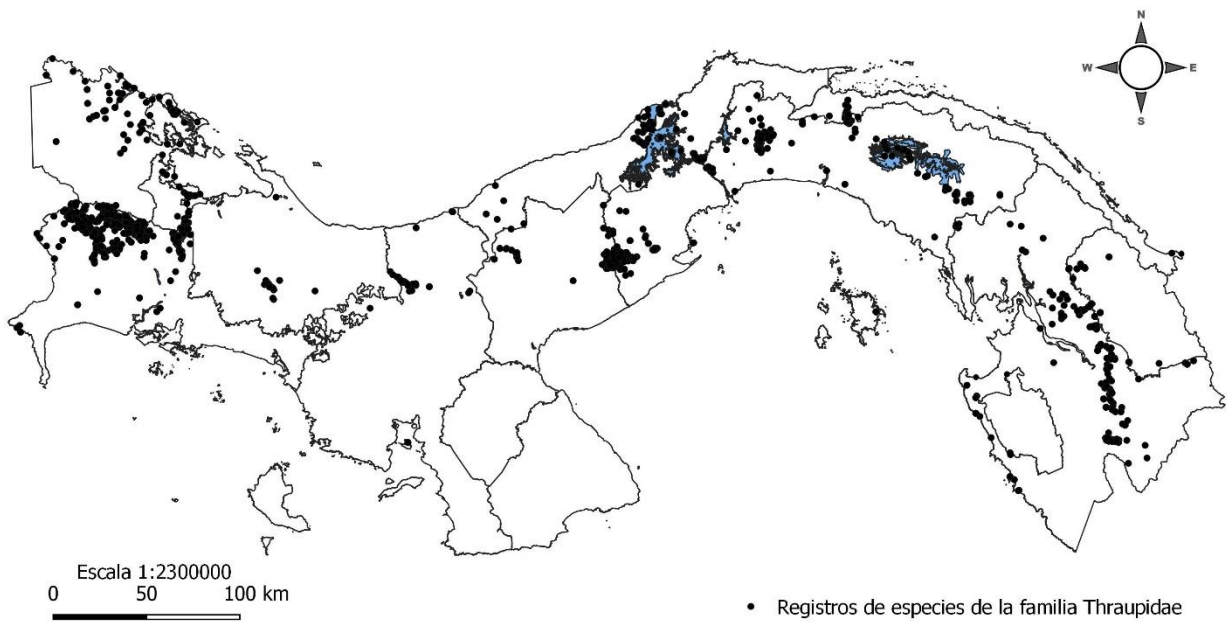


Figura 16. Mapa con los registros obtenidos de las especies de la familia Thraupidae utilizadas en este estudio.

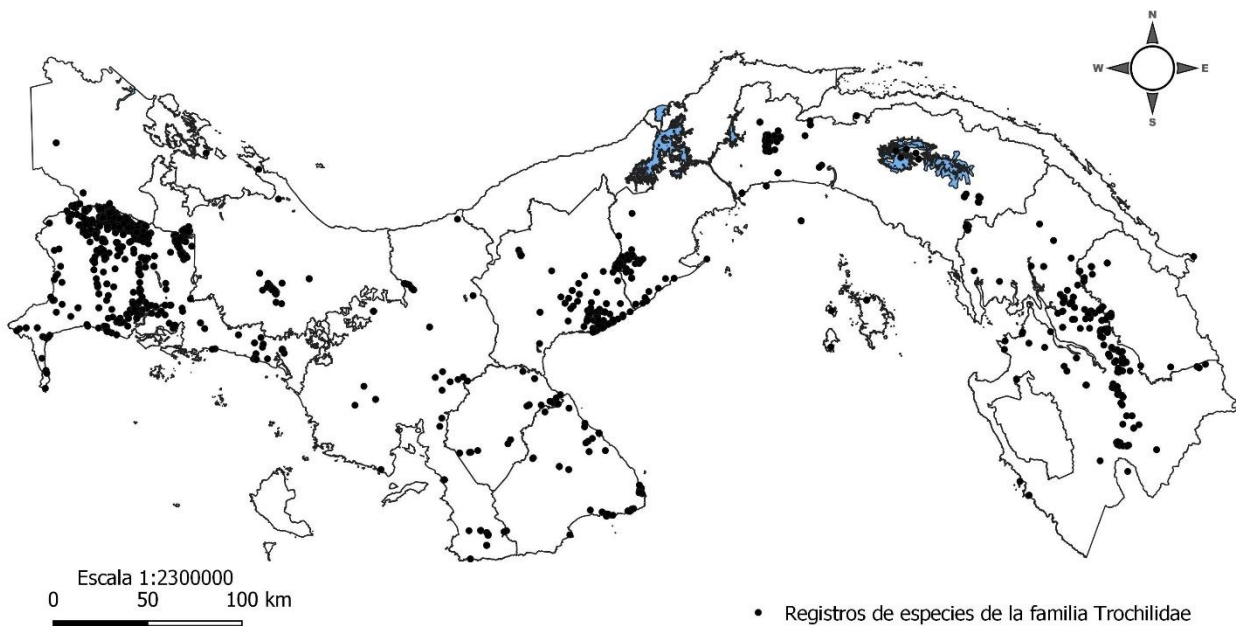


Figura 17. Mapa con los registros de las especies de la familia Trochilidae utilizadas en este estudio.

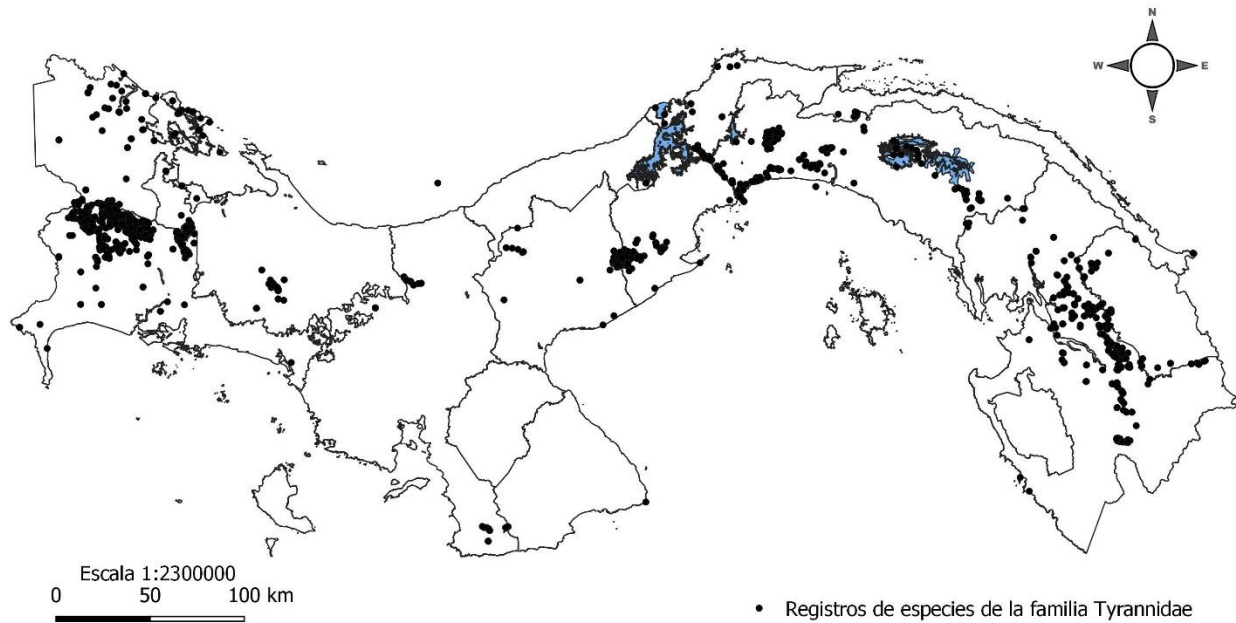


Figura 18. Mapa con registros de las especies de la familia Tyrannidae utilizados en este estudio.

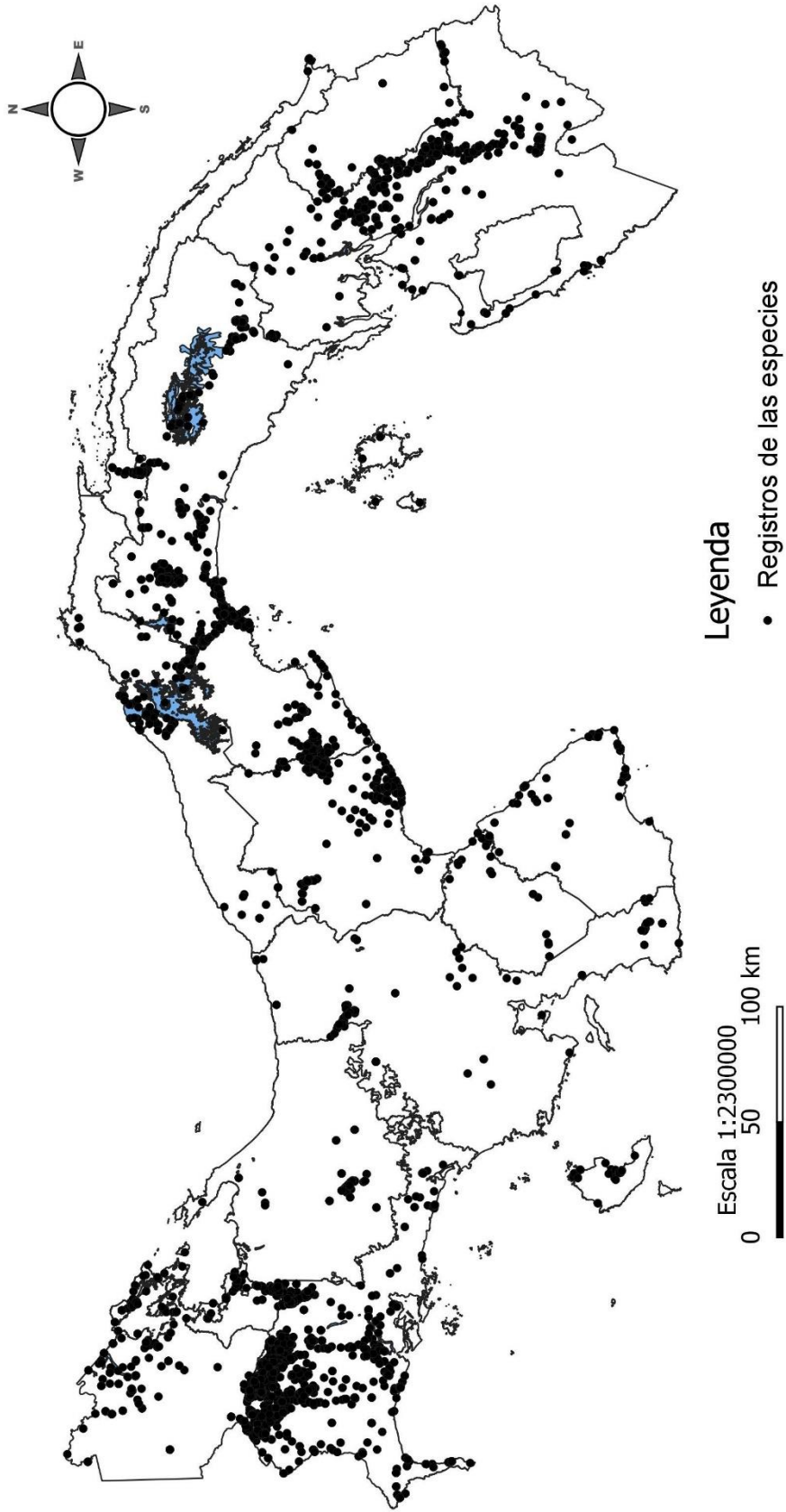


Figura 19. Mapa con los registros obtenidos para 99 especies utilizadas en el PAE.