

Aplicación de herramientas SIG en la evaluación de la cobertura de AICAs bajo criterios bioclimáticos: caso Thraupidae

Application of GIS tools in evaluation of IBAs coverage using bioclimatic criteria: Thraupidae case

Mónica Patricia Castillo Bautista¹
monica.castillo03@usc.edu.co

Diego Fernando Cabezas²
diego.cabezas00@usc.edu.co

Jonathan Pelegrín Ramírez³
jonathan.pelegrin00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Especialización en Sistemas de Información Geográfica (1)
Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería (2)
Universidad Santiago de Cali, Grupo de Investigación en Ecología y Conservación de la Biodiversidad, Facultad de Ciencias Básicas y Educación (3)

Resumen

El uso de herramientas de los sistemas de información geográfica - SIG facilita el desarrollo de estudios biogeográficos y es útil en la planeación y toma de decisiones para la conservación de la biodiversidad. Unas áreas críticas para ello son las áreas de interés para la conservación de aves - AICAs que se constituyen basándose en diferentes criterios ecológicos y geográficos. La familia de aves Thraupidae es la segunda con más especies de aves, con distribución exclusiva de la zona del neotrópico, sin embargo, alrededor del 20% de sus especies se encuentran con algún grado de amenaza de extinción. La especialización biótica, es un criterio que puede ser usado en la planificación de las áreas de conservación ya que permite detectar zonas geográficas con gran cantidad de especies especialistas que podrían ser más sensibles al cambio climático actual. En este trabajo se evalúa por medio de herramientas SIG la concentración de especies Thraupidae que presentan especialización biótica y el porcentaje de su área dentro de las AICAs existentes.

El área de estudio se tomó a escala continental entre las coordenadas 30°W a 119°W y 30°N a 60°S, usando el sistema de referencia WGS-84. Se georeferenció el mapa de biomas a partir de una imagen, usando una transformación de tipo polinomial de tercer grado y posteriormente se digitalizó manualmente. Posteriormente se generó una cuadrícula que intersecara con la distribución de las especies para determinar la concentración de especies. Con respecto a la caracterización bioclimática de las especies se tomó como criterio que la especie ocupara al menos el 15% del área de un bioma y/o si al menos un 50% del área de un bioma estaba ocupado por la especie. Se encontró que las especies de Thraupidae están mayormente en los biomas de bosque húmedo y bosque seco tropical, en donde también se encuentran la mayor cantidad de especies especialistas de bioma. En donde las regiones con mayor concentración de especies especialistas son el cerrado brasileño, la parte alta de la cuenca del río Amazonas y las islas Galápagos. El uso de herramientas SIG en conjunto con la evaluación de criterios como la especialización ecológica de tipo bioclimática y las categorías de amenaza permitió identificar áreas geográficas relevantes para la conservación de la familia Thraupidae, establecer la comparación entre el rango de distribución de las especies especialistas y amenazadas de la familia y las áreas que abarcan las AICAs, evidenciándose una poca representación de las AICAs en el cerrado brasileño, el cual se propone como una zona de especial atención para la planeación de áreas de interés para la conservación de aves.

Palabras Clave: bioma, índice de especialización bioclimática, neotrópico, especies amenazadas, concentración de especies

Abstract

The use of geographic information systems - GIS tools facilitate the development of biogeographic studies and are useful in planning and decision making regarding the conservation of biodiversity. Critical areas for this are the important bird areas - IBAs that are constituted based on different ecological and geographical criteria. The bird family Thraupidae is the second with the most bird species, with exclusive distribution in the neotropics, however, about 20% of its species are with some category of extinction threat. Bioclimatic specialization is a criterion that can be used in the planning of conservation areas since it allows the detection of geographic zones with a large number of specialist species that could be more sensitive to current climate change. In this work, the concentration of Thraupidae species that show biotic specialization and the percentage of their area within the existing IBAs is evaluated using GIS tools.

The study area was taken at a continental scale between coordinates 30°W to 119°W and 30°N to 60°S, using the WGS-84 reference system. The biome map was georeferenced from an image, using a third-degree polynomial transformation and then digitized manually. A grid was then generated to intersect with the species distribution to determine the species concentration. The criteria to bioclimatic characterization of the species were that the species occupied at least 15% of the area of a biome and/or at least 50% of the area of a

biome was occupied by the species. It was found that Thraupidae species are mostly found in the rainforest and tropical dry forest biomes, where the greatest number of biome specialist species are also found. The region with the highest concentration of specialist species are in the cerrado brasileño, the upper Amazon River basin and the Galapagos Islands. The use of GIS tools together with the evaluation of criteria such as bioclimatic ecological specialization and threat categories allowed the identification of relevant geographic areas for the conservation of the Thraupidae family, establishing a comparison between the range of distribution of specialist and threatened species of the family and the areas covered by the IBAs, showing a low representation of IBAs in the cerrado brasileño, which is proposed as an area of special attention for the planning of areas of interest for the conservation of birds.

Keywords: biome, bioclimatic specialization index, neotropics area, endangered species, species concentration

1. INTRODUCCIÓN

El uso de herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG) posibilita realizar análisis y estudios biogeográficos a diferentes escalas biológicas, permitiendo integrar variables bióticas y abióticas en análisis geográficos que resultan de gran utilidad en la planificación y la toma de decisiones en relación al manejo y diseño de planes de conservación para el mantenimiento de la biodiversidad (Brito et al., 2009; Vale et al., 2016).

Las áreas importantes para la conservación de aves – AICAS son una herramienta internacional que establece zonas valiosas para el sostenimiento a largo plazo de las poblaciones de aves, se constituyen basándose en criterios como la presencia de especies de aves amenazadas, endémicas o poblaciones congregatorias que permitan la identificación de sitios críticos en donde sea necesario realizar acciones pertinentes para la conservación de la biodiversidad de aves, sin embargo, aún existen brechas en la cobertura de estas áreas, no solo en cobertura espacial sino también a nivel taxonómico y ecológico (BirdLife, 2014; Sritharan & Burgess, 2012)

La familia de aves Thraupidae es exclusiva del neotrópico, siendo la segunda familia con más especies de aves (Burns et al., 2014; Title & Burns, 2015). Tiene un amplio rango de distribución geográfica en la región neotropical (comprendida desde Centroamérica hasta Suramérica), habitando una gran variedad de ambientes que abarcan desde zonas costeras hasta tierras altas andinas a más de 3000m (Burns et al., 2014). No obstante, alrededor del 20% de las especies de esta familia presentan algún grado de amenaza de extinción según la lista roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) por lo cual se hace importante tomar acciones que permitan la conservación de este grupo.

Las distintas especies de la familia Thraupidas presentan variaciones en sus rangos de distribución como consecuencia de diferencias en su capacidad para habitar los distintos tipos de ecosistemas y también en su respuesta al cambio climático. Así las especies que tienen un espectro estrecho de uso de recursos y una alta especialización ecológica, se hacen más vulnerables a los cambios ambientales y, por tanto, a la extinción (Devictor et al., 2010; Morelli et al., 2021). Adicionalmente, aquellas especies que tienen un rango de distribución restringido o confinado geográficamente producto de procesos evolutivos históricos de adaptación bioclimática, pueden ser más sensibles a los cambios en las condiciones climáticas (Vrba, 1987; 1992). Estos factores hacen importante la identificación de las especies que puedan presentar dicha vulnerabilidad para poder tratarlos como objetos de interés para los esfuerzos de conservación (Clavel et al., 2011; Guitérrez & Trejo, 2014; Thomas, 2010).

La especialización ecológica puede ser evaluada mediante análisis bioclimáticos y geográficos (Hernández Fernández, 2001). Esta se define a partir de las zonas bioclimáticas (biomas) que puede ocupar una determinada especie, producto de la evolución de su nicho climático, pudiéndose catalogar especies especialistas o generalistas de bioma. A través de la comprensión de la influencia de los cambios climáticos en los patrones macroevolutivos se puede entender como ha sido la respuesta de las especies a cambios ambientales pasados y esto a su vez permite modelar a futuro la respuesta que podrían tener las especies (Pelegrin et al., 2023). El Índice de Especialización Bioclimática (BSI) mide la capacidad que tiene una especie para habitar en uno o más tipos de biomas, reflejando la evolución que ha tenido la especie al adaptarse a las condiciones climáticas y la influencia de los biomas y su historia en las dinámicas de diversidad de los linajes, por lo tanto este es un criterio que tiene un componente tanto evolutivo como ecológico (Devictor et al., 2010; Gamboa et al., 2022; Hernández Fernández et al., 2022) Pelegrin et al., 2023).

Los criterios bioclimáticos pueden ser aplicado en la toma de decisiones para la conservación de la biodiversidad, ya que el detectar especies con alta especialización bioclimática (especialistas) podría predecir una alta vulnerabilidad a los cambios

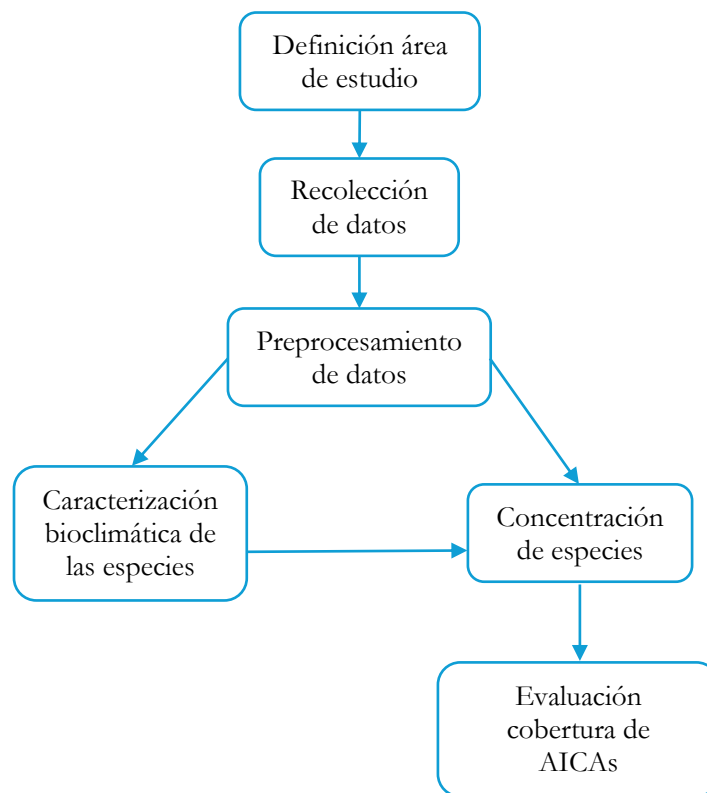
ambientales proporcionando información relevante para el manejo y conservación de las especies. Asimismo, estos análisis pueden detectar grupos taxonómicos o zonas geográficas con gran cantidad de especies especialistas amenazadas las cuales podrían ser más sensibles al cambio climático actual (Gil y Carbó, 2017; Morelli et al., 2021) surgiendo la necesidad de implementar estudios de especializaciones ecológicas en la planificación de las áreas de conservación, dado que basarse principalmente en criterios de riqueza de especies ocasiona que no se estén protegiendo adecuadamente las especies con especializaciones que podrían ser más vulnerables (Morelli et al., 2021).

En este trabajo se evalúa por medio del uso de herramientas de sistemas de información geográfica, la existencia de áreas de concentración de especies de aves de la familia Thraupidae que presentan especialización bioclimática, especialistas amenazadas y el porcentaje de su área cubierta dentro de las AICA existentes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

Este estudio se realizó usando una metodología de tipo mixta, en donde se evaluaron las variables cualitativas de tipos de biomas y criterios de amenaza, y las variables de cuantitativas de tamaño de áreas de distribución y número de especies, siguiendo el flujo de trabajo mostrado en el siguiente esquema:

Figura 1. Esquema del flujo de trabajo usado el estudio



2.1 Área de estudio, preprocesamiento y fuentes de datos

El estudio se realizó en la región neotropical que comprende Centroamérica, Suramérica, las islas del caribe y llega hasta la parte sur de Norteamérica en México. Específicamente se tomó el área comprendida entre las coordenadas 30°W a 119°W y 30°N a 60°S. Para todo el proyecto se usó el sistema de referencia WGS-84. En la Tabla 1 se muestran la información geográfica de los datos usados.

Tabla 1. Información geográfica de los datos

Datos	Tipo	Proyección	Unidades	CRS	Extensión datos crudos	Recorte extensión	Fuente
Distribución especies de aves del mundo	Polígono	Coordenadas geográficas (latitud/longitud)	Grados decimales	WGS84 EPSG:4326	Xmin: -180 Xmax: 180 Ymin: -85.58 Ymax: 84.96	Xmin: -110.63 Xmax: -34.79 Ymin: -55.98 Ymax: 29.40	(BirdLife, 2022)
Limites globales de AICAs	Polígono	Coordenadas geográficas (latitud/longitud)	Grados decimales	WGS84 EPSG:4326	Xmin: -179.9 Xmax: 180 Ymin: -79.21 Ymax: 81.37	Xmin: -115.86 Xmax: -31.51 Ymin: -57.90 Ymax: 32.36	(BirdLife, 2024)
Modelo digital de elevación GMTED2010	Ráster 16 bits por pixel	Coordenadas geográficas (latitud/longitud)	Grados decimales Resolución: 0.002083 -0.002083	WGS84 EPSG:4326	Xmin: -120 Xmax: 0.0 Ymin: -70.0 Ymax: 29.99	Xmin: -118.38 Xmax: 32.37 Ymin: -56.0 Ymax: 29.64	(USGS, 2011)
Biomás	Polígono Digitalizado manualmente	Coordenadas geográficas (latitud/longitud)	Grados decimales	WGS84 EPSG:4326	Xmin: -116.28 Xmax: -34.57 Ymin: -55.88 Ymax: 31.16	Xmin: -116.28 Xmax: -34.57 Ymin: -55.88 Ymax: 31.16	(Gamboa et al., 2022)

Los datos de las áreas de interés para la conservación de aves y la distribución geográfica de las aves, se obtuvieron en formato geodatabase de archivos ESRI (v10), proporcionadas por “BirdLife internacional” (BirdLife, 2022, 2024), que contenía información de todas las especies de aves y AICA a nivel mundial. Se filtraron los datos para obtener solo las especies pertenecientes a la familia Thraupidae y las AICAs en el área de estudio. Por lo cual para el estudio se analizaron 391 especies y 1941 AICAs.

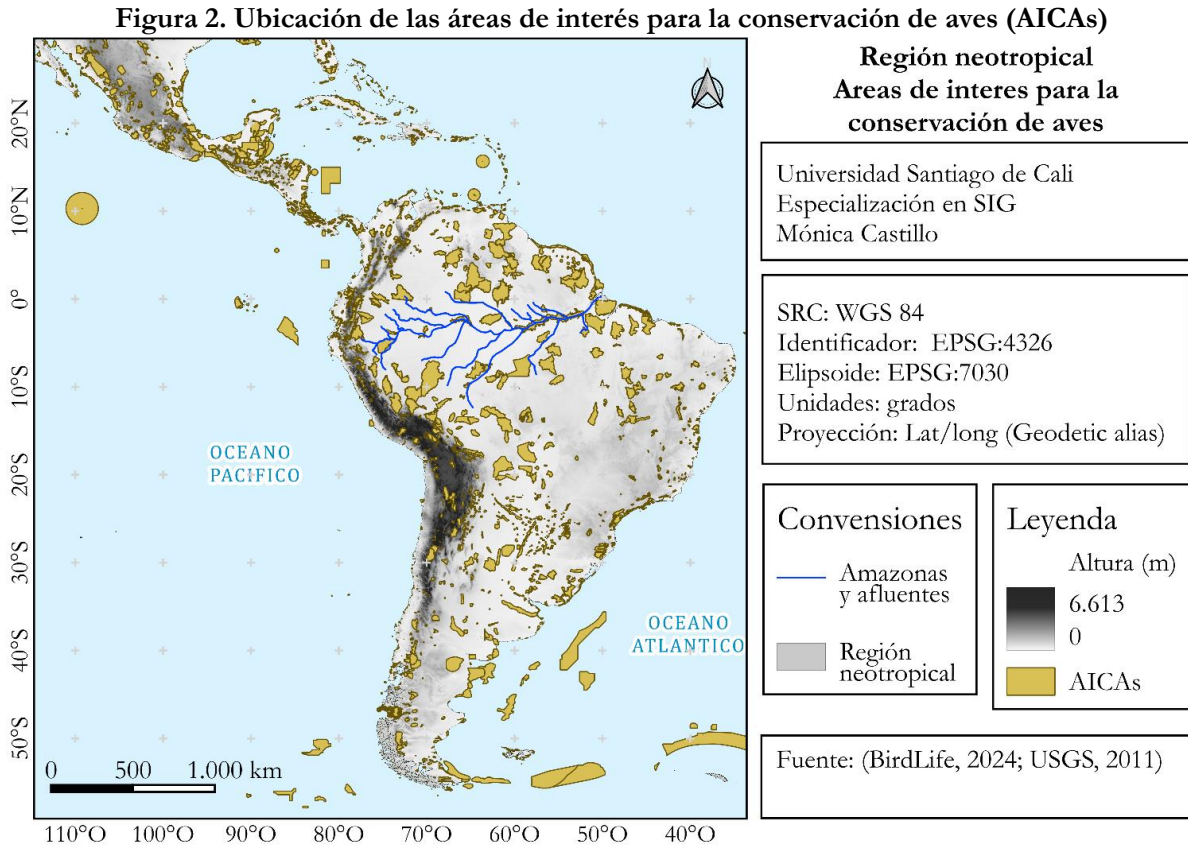
Para seleccionar solo los datos de las especies de la familia Thraupidae, primero se realizó una unión de tablas entre la capa tipo vector de los polígonos de las distribuciones y una tabla con la taxonomía de las especies, por medio del campo de nombre científico. Seguidamente se realizó una selección por atributos para filtrar todos los objetos que contienen la familia Thraupidae, y exportar la selección en una nueva capa. Luego, se seleccionaron y eliminaron los polígonos pertenecientes a la distribución de las especies en zonas donde han sido introducidas o son de origen incierto. Posteriormente se realizó la corrección de las geometrías no validas usando el método de reparación de estructura y por último con la herramienta disolver se realizó la unión de los polígonos pertenecientes a una, obteniendo 391 polígonos. En el caso de las AICA, se tomaron en cuenta solo los polígonos que estaban entre dentro del área de estudio, para lo cual se realizó un polígono con extensión X de -30 a -119 y Y de 30 a -60, posteriormente con la herramienta de selección por localización se seleccionaron los polígonos de la capa de AICA que intersecan con el polígono del área de estudio, obteniendo así 1941 polígonos los cuales se exportaron a una nueva capa (Figura 2).

Para la distribución geográfica de los biomas en el neotrópico se usó la clasificación de Walter (1970), modificada por (Hernández Fernández, 2001). Dicha categorización establece diez tipos de biomas basados en datos de precipitación y temperatura. Así mismo, como se muestra en la tabla 2, se consideró la distribución de biomas asociado al gradiente altitudinal en zonas de montaña (Hernández Fernández et al., 2022)

Tabla 2. Pisos altitudinales de cambio de bioma

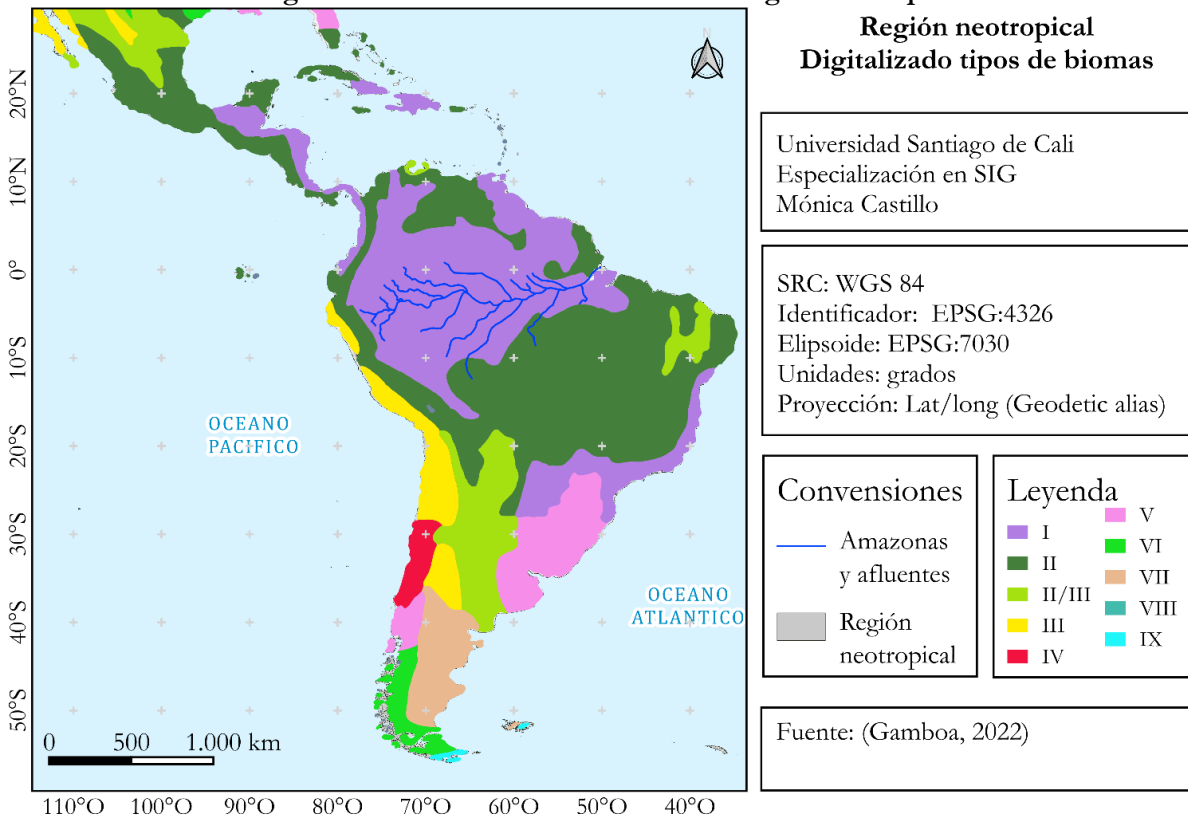
Piso basal	Altitud	Bioma reclasificado
	1500	V
I, II y II/III	2400	VI
	3150	VII
	1000	VI
III, IV y V	1350	VII
	1750	VIII
VI y VII	200	VIII
	550	IX

A partir del mapa de la distribución de los biomas mundiales presentado por (Gamboa et al., 2022), se recortó la imagen de tipo .JPG a la extensión del área de estudio y se realizó la georreferenciación de esta en el sistema de referencia WGS-84. Para esto fue necesario poner hasta 60 puntos de control para reducir el error medio cuadrático y se usó una transformación de tipo polinomial de tercer grado con método de muestreo del vecino mas cercano. Posteriormente se creó una capa de tipo vectorial para hacer la digitalización de la imagen, dibujando manualmente los polígonos de cada uno de los biomas presentes en la imagen, disponiendo de la ayuda de las herramientas de auto-ensamblado y evitar-solapamiento para no generar geometrías inválidas que pudieran generar algún inconveniente más adelante. Adicionalmente por medio de la simbología se le asignó un color diferente para cada tipo de bioma (Figura 3).



Los datos de elevación usados para hacer la modificación de los biomas por gradiente altitudinal, se obtuvieron del modelo digital de elevación GMTED2010 (USGS, 2011) el cual es de formato ráster. Se reclasificó el modelo en las tres clases que se muestran en la tabla 2 y a cada una de estas clases se le asignaron los rangos de los pisos altitudinales anteriormente mencionados. Posteriormente cada uno de los ráster obtenido de las tres reclasificaciones se vectorizo y se realizó intersección con el polígono de bioma que correspondía según el piso basal que se muestra en la tabla 2, obteniendo la distribución de los biomas en las zonas con variación altitudinal.

Figura 3. Distribución de biomas en la región neotropical



I: Bosque húmedo tropical, **II:** Bosque seco tropical, **II/III:** Sabana, **III:** Desierto subtropical, **IV:** Bosques y matorrales esclerófilos, **V:** Bosque húmedo templado, **VI:** Bosque caducifolio de hoja ancha, **VII:** Estepa/desierto frío, **VIII:** Taiga, **IX:** Tundra. **Fuente:** Adaptado de: Gamboa et al. (2022).

2.2 Caracterización bioclimática de las especies

Para determinar en qué biomas habita cada una de las especies, se realizó la intersección entre la capa de distribución de los biomas obtenida en el paso anterior y la capa de distribución de las especies. Se tomó en cuenta los criterios planteados por (Hernández Fernández et al., 2022), para considera una especie presente en un bioma, en donde el 15% del área de distribución de la especie debe ocupar un bioma o al menos un 50% del área de un bioma debe estar ocupado por la especie. Para ello se calculó por medio de la calculadora de campos el área total de la distribución de cada especie, el área de la distribución de cada bioma y las áreas resultado de las intersecciones, con esto posteriormente se calculó el porcentaje que representa las áreas de intersección y se registró en un matiz con valor de 1 cuando se cumplía el criterio de presencia y valor de 0 cuando no se cumplía el criterio o estaba completamente ausente.

Por último, con los datos de la matriz se calculó el índice de especialización biómica (BSI) que indica el número de biomas ocupados por una especie, en donde un valor igual a 1 indica que es una especie especialista de bioma, valores entre 1 y 5 es una especie semi generalista de bioma y un valor igual o mayor de 5 indica que es una especie generalista extrema (Gamboa et al., 2022). De este resultado se filtraron las especies que presentaron BSI=1 (especialistas climáticos) para los posteriores análisis

2.3 Concentración de especies y evaluación de la cobertura de las AICAs

Se evaluó geográficamente la concentración de especies en cuatro escenarios: el total de especies de la familia Thraupidae, las especies especialistas bioclimáticas, las especies con categoría de amenaza y las especies especialistas con amenaza. En donde para esto se realizó una cuadrícula de 5 minutos de arco (10 x 10 km) la cual se intersectó con la capa de distribución de las especies. Seguidamente se generó una tabla de conteo del número de especies en cada uno de los cuadros de la cuadrícula, para posteriormente realizar una unión de tablas entre la tabla de conteo y la capa de la cuadrícula,

por medio del campo de “id”. Finalmente se asignaron categorías que permitieron visualizar las categorías de concentración de especies alta, media o baja.

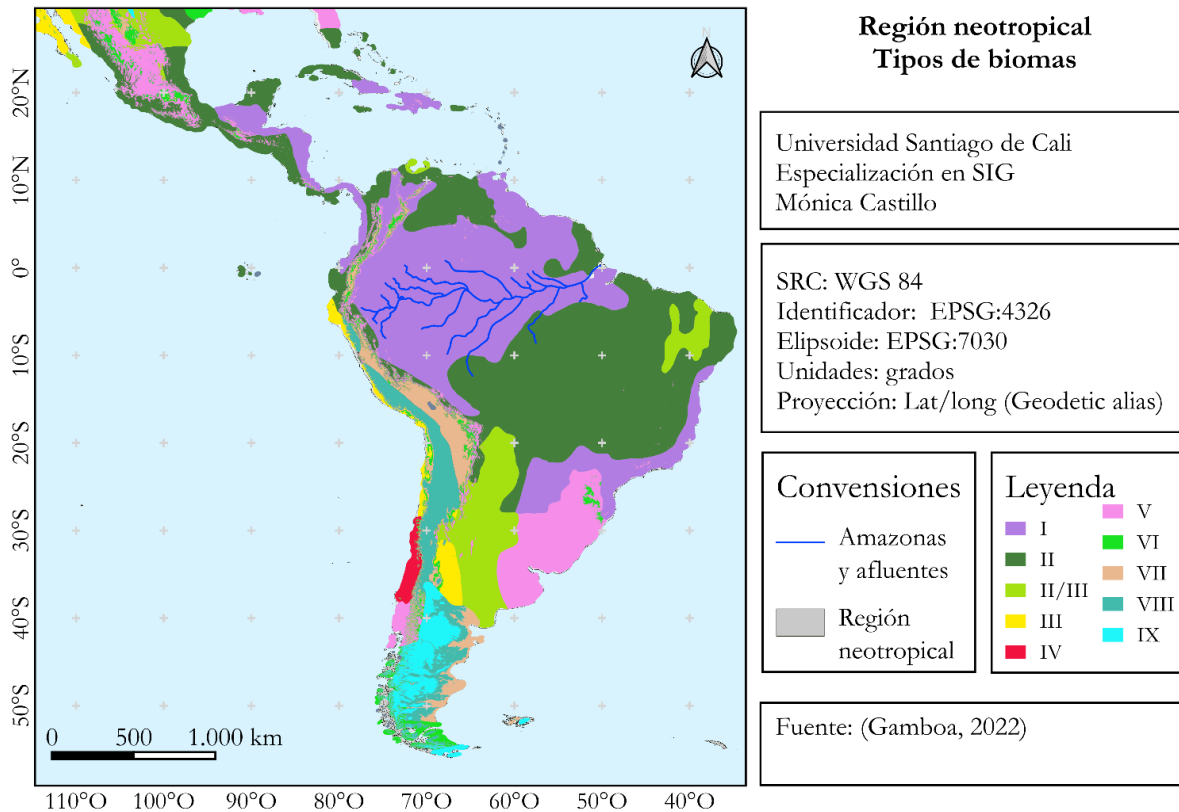
Para la evaluación de la representación de las especies de la familia Thraupidae dentro de las AICAs establecidas hasta la fecha se realizó por medio de la intersección entre la capa de la distribución de las especies y la capa de las áreas establecidas como AICA. Posteriormente con la calculadora de campo se realizó el cálculo del área de los polígonos de cada una de las AICA, el área total de distribución de cada especie y el área de los polígonos generados por la intersección, para finalmente calcular el porcentaje que representan las áreas de intersección para la familia de aves. Con esto se determinó el porcentaje de especies presentes en las AICA, y el porcentaje de representación de las distribuciones de las especies especialistas bioclimáticas, especies amenazadas y especies especialistas amenazadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización bioclimática de las especies

El uso de herramientas SIG permitió hacer una diferenciación más detallada de los biomas en el área de estudio al adicionarle variables geográficas como en este caso la altura. En la Figura 4 se observa que se detectó una subdivisión y diferenciación de los biomas, que aparecen en zonas de altura, como es el caso de las cordilleras que atraviesa todo el continente sudamericano y la altiplanicie mexicana

Figura 4. Distribución de biomas en la región neotropical modificado según rangos altitudinales



I: Bosque húmedo tropical, **II:** Bosque seco tropical, **II/III:** Sabana, **III:** Desierto subtropical, **IV:** Bosques y matorrales esclerófilos, **V:** Bosque húmedo templado, **VI:** Bosque caducifolio de hoja ancha, **VII:** Estepa/desierto frío, **VIII:** Taiga, **IX:** Tundra. **Fuente:** Adaptado de: Gamboa et al. (2022).

Teniendo en cuenta los criterios establecidos para determinar la presencia de una especie en un bioma, se encontró que en general las especies de aves de la familia Thraupidae se distribuye en 9 de los 10 biomas evaluados (Tabla 3), mostrando mayor presencia en los biomas de bosque húmedo tropical (I) y bosque seco tropical (II).

Tabla 3. Número de especies por bioma

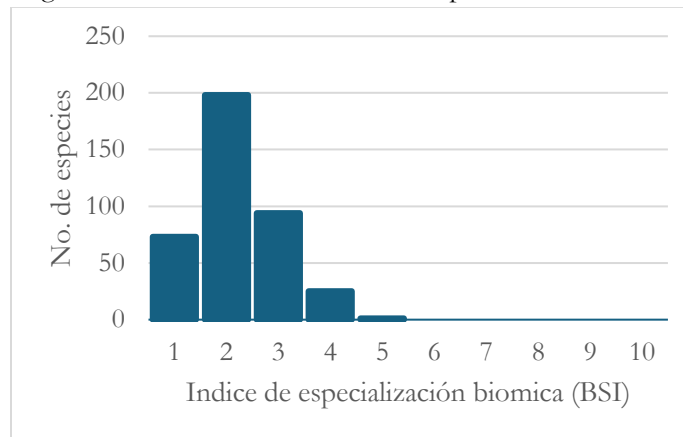
Bioma	No. especies	No. especies BSI=1	No. especies BSI=2
	I	200	29
II	222	35	138
II/III	26	2	11
III	13	2	8
IV	0	0	0
V	149	0	38
VI	92	1	14
VII	105	0	32
VIII	42	2	26
IX	7	2	2

I: Bosque húmedo tropical, **II:** Bosque seco tropical, **II/III:** Sabana, **III:** Desierto subtropical, **IV:** Bosques y matorrales esclerófilos, **V:** Bosque húmedo templado, **VI:** Bosque caducifolio de hoja ancha, **VII:** Estepa/desierto frío, **VIII:** Taiga, **IX:** Tundra

El uso de herramientas SIG permite desarrollar análisis como el presentado en este estudio, en donde por medio de la combinación de variables con componente geográfico, provenientes de diferentes conjuntos de datos como las variables climáticas y la distribución de especies, se puede establecer su relación espacial encontrando patrones que ayuden a entender el comportamiento de un fenómeno biológico (Stigall & Lieberman, 2006; Title & Burns, 2015), en este caso identificar la presencia y número de especies en diferentes tipos de bioma.

Se encontró que 73 de las especies, tienen BSI=1 lo que indica que su área de distribución se da en uno solo de los 7 tipos de biomas donde se encontró que estas están distribuidas (Tabla 3), indicando que son especialistas de bioma. Las demás 324 especies tienen sus áreas de distribución en más de un tipo de bioma, resultando con valores de BSI mayores a 1 y menores a 5, indicando que son de tipo semi generalistas, con solo una especie de BSI=5, mientras que no se obtuvo ninguna especie con un BSI mayor a 5 que indicaría especies generalistas extremos (Figura 5)

Figura 5. Distribución del índice de especialización biómica



Se encontró que 61 de las especies evaluadas de la familia Thraupidae se encuentran con alguna categoría de amenaza establecida por la unión internacional para la conservación de la naturaleza - UICN, siendo el 15,6% de las especies evaluadas. En la tabla 4 se muestra el porcentaje de especies en cada criterio de amenaza con respecto a la categoría del BSI, en donde se puede notar que las especies especialistas (BSI=1) presentan especies en estado de peligro crítico y una mayor proporción de especies con criterio de amenaza.

Tabla 4. Porcentaje de especies con criterio de amenaza en cada BSI

	BSI				
	1	2	3	4	5
LC	72.6	83.8	91.5	92.0	100
NT	11.0	6.6	4.3	0.0	0.0
VU	12.3	5.6	3.2	4.0	0.0
EN	1.4	3.5	1.1	4.0	0.0
CR	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0

NT: Casi amenazado, **VU:** Vulnerable, **EN:** En peligro, **CR:** En peligro crítico

A partir de lo encontrado, se puede evidenciar que las especies de la familia thraupidae tienen una mayor tendencia a ser semigeneralistas y a ocupar dos tipos de bioma, lo que difiere con lo encontrado para otros grupos taxonómicos como los mamíferos y los falcónidos que presentan mayor cantidad de especies especialistas (Fargallo et al., 2022; Hernández Fernández et al., 2022). Esto podría sugerir que la familia thraupidae posee un amplio rango de capacidad para habitar en distintos biomas, sin embargo, se puede ver una tendencia de mayor ocupación especialmente para los biomas I y II, tanto para los especialistas, como para los semigeneralistas, que sumado con la clasificación en categoría de amenaza a la extinción, la cual tiene mayor porcentaje de incidencia en los especialistas, muestra la importancia de estos dos biomas para la diversidad de la familia Thraupidae. Lo que puede llevar a que en situaciones de un cambio climático significativo, estas especies podrían tener menor probabilidad de desplazarse a un nuevo tipo de bioma, volviéndose más susceptibles al riesgo de extinción (Title & Burns, 2015).

3.2 Concentración de especies y evaluación de la cobertura de las AICAs

Como se observa en la figura 6a la distribución de las especies de Thraupidae se encuentra extendida por toda la región neotropical, presentando alta concentración de sus especies entre las latitudes 30° S y 10°N y unas regiones más puntuales de mayor concentración de especies en la zona oriental de la cordillera de los andes, donde se presentan transiciones entre los biomas tipo II, V y VI. Las especies especialistas de bioma por su parte se distribuyen entre las latitudes 40° S y 20°N con tres áreas de mayor concentración ubicadas en, la ecorregión del cerrado brasileño, la parte alta de la cuenca del río Amazonas y en las islas Galápagos (Figura 6b), que a su vez están en los biomas tipo I y II. En el caso de las especies con algún criterio de amenaza y las especialistas de bioma con criterio de amenaza, se concentran principalmente hacia la región del cerrado brasileño (Figura 6c y 6d).

El total de las 391 especies de aves evaluadas se encontró que están dentro alguna AICA, estando el 14,4% del área de distribución de toda la familia Thraupidae dentro de las AICAs. Asimismo, el 12,6% de la distribución de las especies especialistas está el dentro de las AICAs, el 9,2% del área de las especies con criterio de amenaza y el 8,5% del área de las especies especialistas con criterio de amenaza.

En la figura 7 se aprecia que la zona donde convergen la mayor concentración de especies con criterio de amenaza y la mayor concentración de especies especialistas de bioma se encuentra en la parte sur de la ecorregión del cerrado brasileño, en donde adicionalmente se aprecia que las AICAs son escasas en esta zona.

Aunque se encontró que el patrón de distribución de las aves thraupidae se encuentran dentro de las AICAs, se evidencia que existen brechas en la cobertura de las AICAs, especialmente en la mitad sur del cerrado brasileño la cual es donde se da la convergencia entre especies especialistas de bioma y especies con criterio de amenaza, pero se encuentra escasamente cubierta por las AICAs. La zona del cerrado brasileño presenta una problemática de deforestación bastante marcada que se presenta tanto fuera como dentro de las áreas protegidas lo que muestra que se debe realizar no solo esfuerzos de conservación sino también de restauración (Françoso et al., 2015) y al detectar las brechas en la cobertura de las AICAs permite definir donde se necesitan acciones adicionales que lleven a una mejor conservación de la biodiversidad (Guisan et al., 2013; Sritharan & Burgess, 2012).

Figura 6 . Mapas de concentración de aves de la familia Thraupidae

A) Concentración total de especies de la familia Thraupidae. **B)** Concentración de especies especialistas de bioma. **C)** concentración de especies de Thraupidae amenazadas. **D)** Concentración de especies especialistas amenazadas

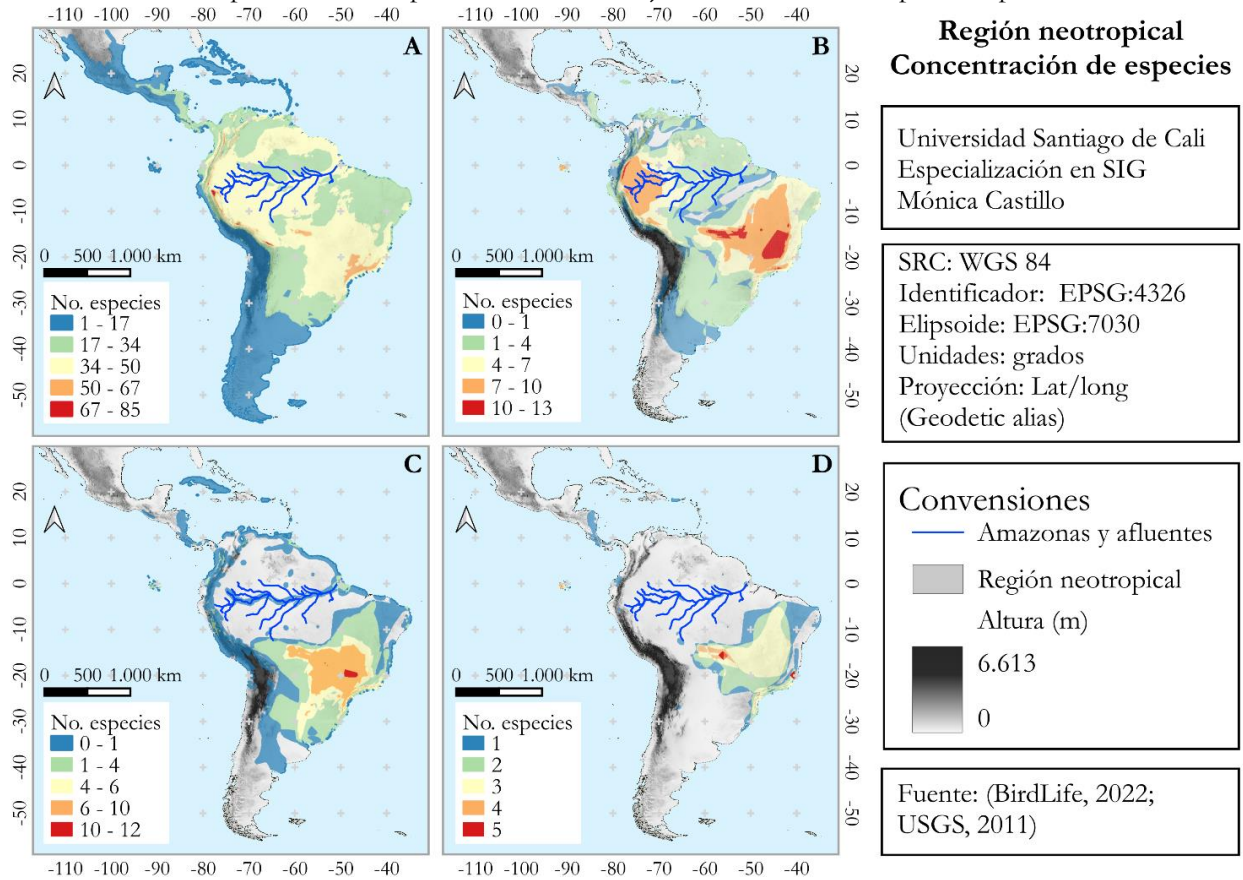
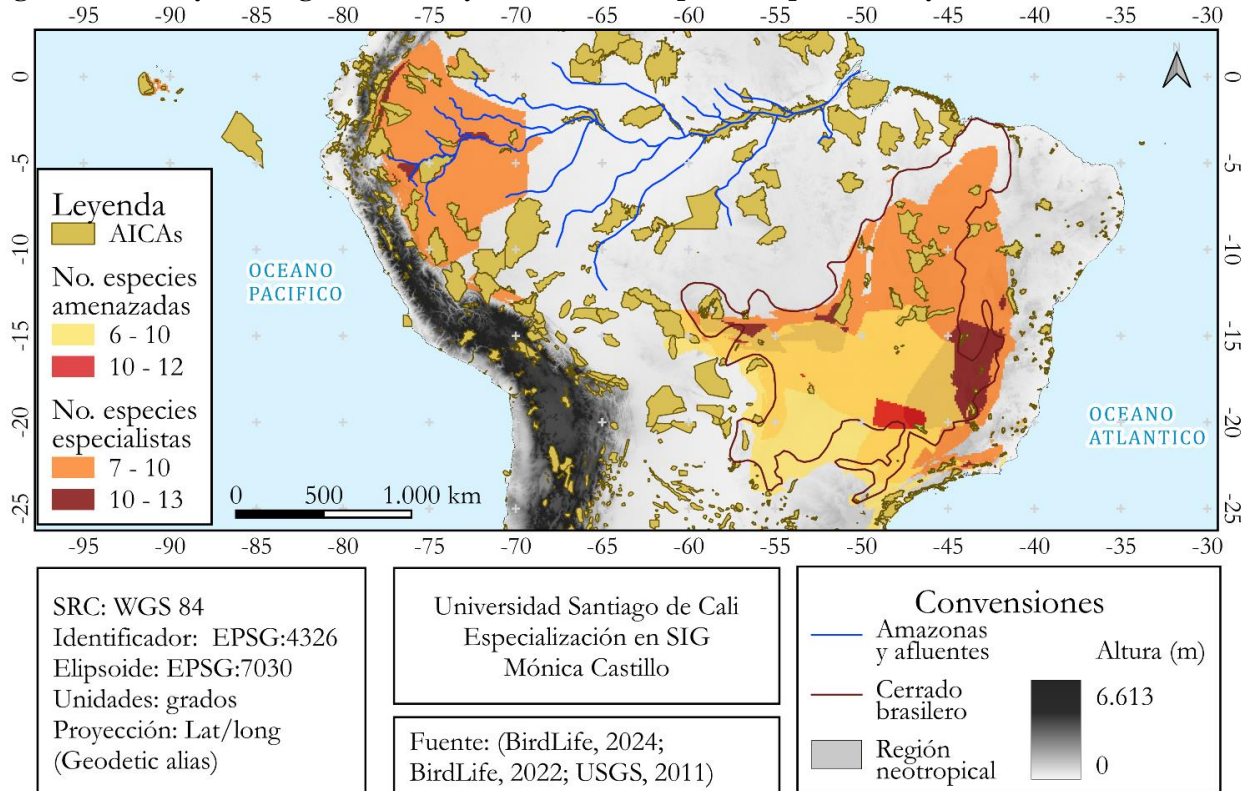


Figura 7. AICAs y convergencia de mayor número de especies especialistas y con criterio de amenaza



4. CONCLUSIONES

El uso de herramientas SIG en este proyecto el cual tiene un sentido biológico, permitió hacer una evaluación mas detallada de las variables, permitiendo identificar espacialmente regiones que pueden ser relevantes para la conservación de la familia Thraupidae, posibilitando el hacer un monitoreo más preciso al tener en cuenta variables ambientales, biológicas y espaciales. Así mismo por medio de las herramientas SIG se logró hacer un análisis que permita inferir patrones a partir de un conjunto de datos, como lo fue la concentración de especies según los criterios tenidos en cuenta de especies amenazadas y especies especialistas de bioma

Mediante el uso de herramientas SIG y evaluando en conjunto criterios como la especialización ecológica de tipo bioclimática y las categorías de amenaza permitió identificar áreas geográficas relevantes para la conservación de la familia Thraupidae, y aporta un criterio que puede ser de utilidad en la toma de decisiones con respecto al establecimiento de áreas hacia donde aún se deben dirigir esfuerzos que permitan el manejo y la conservación del grupo, lo que podría ser de utilidad en análisis similares para otros grupos biológicos.

Con las herramientas de SIG se pudo establecer la comparación entre el rango de distribución de las especies especialistas y amenazadas de la familia Thraupidae y las áreas que abarcan las AICAs, evidenciándose una poca representación de las AICAs en el cerrado brasileiro, donde esta uno de los puntos críticos de concentración de especies amenazadas y especies especialistas de bioma.

Se propone como una zona de especial atención para la planeación de áreas de interés para la conservación de aves la zona geográfica comprendida entre las latitudes -15 a -25 y longitudes -45 a -55 en la ecorregión del Cerrado brasileiro, donde se detectó una brecha en la cobertura de estas en una zona importante para la familia Thraupidae.

REFERENCIAS

- BirdLife. (2014). Important bird and biodiversity areas. A global network for conserving nature and benefiting people.
- BirdLife. (2022). Bird species distribution maps of the world. Version 2022.2. BirdLife International and Handbook of the Birds of the World. <http://datazone.birdlife.org/species/requestdis>
- BirdLife. (2024). Important Bird and Biodiversity Area (IBA) digital boundaries: March 2024 version. BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/site/requestgis>
- Brito, J. C., Acosta, A. L., Álvares, F., & Cuzin, F. (2009). Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological-niche based models and GIS to North-African canids. *Biological Conservation*, 142(12), 3020–3029. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2009.08.001>
- Burns, K. J., Shultz, A. J., Tittle, P. O., Mason, N. A., Barker, F. K., Klicka, J., Lanyon, S. M., & Lovette, I. J. (2014). Phylogenetics and diversification of tanagers (Passeriformes: Thraupidae), the largest radiation of Neotropical songbirds. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 75(1), 41–77. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.02.006>
- Clavel, J., Julliard, R., & Devictor, V. (2011). Worldwide decline of specialist species: Toward a global functional homogenization? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(4), 222–228. <https://doi.org/10.1890/080216>
- Devictor, V., Clavel, J., Julliard, R., Lavergne, S., Mouillot, D., Thuiller, W., Venail, P., Villéger, S., & Mouquet, N. (2010). Defining and measuring ecological specialization. *Journal of Applied Ecology*, 47(1), 15–25. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01744.x>
- Fargallo, J. A., Navarro-López, J., Cantalapiedra, J. L., Pelegrin, J. S., & Hernández Fernández, M. (2022). Trophic Niche Breadth of Falconidae Species Predicts Biomic Specialisation but Not Range Size. *Biology*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/biology11040522>

- Françoso, R. D., Brandão, R., Nogueira, C. C., Salmona, Y. B., Machado, R. B., & Colli, G. R. (2015). Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Natureza e Conservacao*, 13(1), 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.04.001>
- Gamboa, S., Condamine, F. L., Cantalapiedra, J. L., Varela, S., Pelegrín, J. S., Menéndez, I., Blanco, F., & Hernández Fernández, M. (2022). A phylogenetic study to assess the link between biome specialization and diversification in swallowtail butterflies. *Global Change Biology*, 28(20), 5901–5913. <https://doi.org/10.1111/gcb.16344>
- Gil y Carbó, G. E. (2017). Modelos de distribución y su aplicación en la conservación de mamíferos terrestres sudamericanos [Tesis Doctoral]. Universidad Autónoma de Madrid.
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I. T., Regan, T. J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T. G., Rhodes, J. R., Maggini, R., Setterfield, S. A., Elith, J., Schwartz, M. W., Wintle, B. A., Broennimann, O., Austin, M., ... Buckley, Y. M. (2013). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters*, 16(12), 1424–1435. <https://doi.org/10.1111/ele.12189>
- Guitérrez, E., & Trejo, I. (2014). Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 179–188. <https://doi.org/10.7550/rmb.37737>
- Hernández Fernández, M. (2001). Bioclimatic discriminant capacity of terrestrial mammal faunas. *Global Ecology and Biogeography*, 10(2), 189–204. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2001.00218.x>
- Hernández Fernández, M., Pelegrin, J. S., Gómez Cano, A. R., García Yelo, B. A., Moreno-Bofarull, A., Sánchez-Fontela, N., Rodríguez-Ruiz, C., Ramiro Camacho, A., Domingo, L., Menéndez, I., Martín-Perea, D. M., Bazán, C. M., Alcalde, G. M., Domingo, M. S., Luna, B., Peinado Cortés, M. del M., Arias, A., González Couturier, G., Márquez Villena, A., ... Cantalapiedra, J. L. (2022). Macroevolution and climate changes: a global multi-family test supports the resource-use hypothesis in terrestrial mammals. *Historical Biology*, 34(8), 1471–1479. <https://doi.org/10.1080/08912963.2022.2042807>
- Morelli, F., Benedetti, Y., Hanson, J. O., & Fuller, R. A. (2021). Global distribution and conservation of avian diet specialization. *Conservation Letters*, 14(4). <https://doi.org/10.1111/conl.12795>
- Sritharan, S., & Burgess, N. D. (2012). Protected area gap analysis of important bird areas in Tanzania. *African Journal of Ecology*, 50(1), 66–76. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2011.01295.x>
- Stigall, A. L., & Lieberman, B. S. (2006). Quantitative palaeobiogeography: GIS, phylogenetic biogeographical analysis, and conservation insights. *Journal of Biogeography*, 33(12), 2051–2060. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01585.x>
- Thomas, C. D. (2010). Climate, climate change and range boundaries. *Diversity and Distributions*, 16(3), 488–495. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00642.x>
- Title, P. O., & Burns, K. J. (2015). Rates of climatic niche evolution are correlated with species richness in a large and ecologically diverse radiation of songbirds. *Ecology Letters*, 18(5), 433–440. <https://doi.org/10.1111/ele.12422>
- USGS. (2011). GMTED2010. U.S. Geological Survey (USGS) Earth Resources Observation & Science (EROS) Center . <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Vale, C. G., Campos, J. C., Silva, T. L., Gonçalves, D. V., Sow, A. S., Martínez-Freiría, F., Boratyński, Z., & Brito, J. C. (2016). Biogeography and conservation of mammals from the west sahara-sahel: An application of ecological niche-based models and gis. *Hystrix*, 27(1). <https://doi.org/10.4404/hystrix-27.1-11659>