

Mapeando el futuro de la biodiversidad en Colombia: una herramienta didáctica para la conservación del Cucarachero de Pantano y el Doradito Oliváceo

Daniela Robayo López

Cód.: 2018110068

Universidad Pedagógica Nacional

Licenciatura en Biología

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Biología

Bogotá D.C., Colombia

2023

**Mapeando el futuro de la biodiversidad: una herramienta didáctica para la conservación
del Cucarachero de Pantano y el Doradito Oliváceo**

Daniela Robayo López

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Licenciada en Biología

Director (a):

MsC. Ibeth Paola Delgadillo Rodríguez

Línea de Investigación:

La Ecología en la Educación Colombiana

Grupo de Investigación:

CASCADA

Universidad Pedagógica Nacional

Licenciatura en Biología

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Biología

Bogotá D.C., Colombia

2023

1 Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dedicar un profundo agradecimiento a mi abuela Consuelo. Su amor incondicional y su constante apoyo durante estos últimos años han sido una fuente de inspiración y fortaleza para mí. Su sabiduría y aliento han sido fundamentales en los momentos difíciles, y siempre estaré agradecida por su inquebrantable apoyo.

No puedo pasar por alto agradecer a mi mamá, Andrea, una mujer extraordinaria y luchadora incansable. Su dedicación y fuerza para llevarme hasta este punto de mi vida han sido ejemplares. A pesar de los desafíos y obstáculos, ella siempre ha estado a mi lado, brindándome su amor, aliento y motivación constante. Gracias, mamá, por ser mi inspiración y por nunca dejar de creer en mí.

Mi agradecimiento también se extiende a mi novio Carlos, quien ha sido uno de los pilares más sólidos en este proceso. Su paciencia, dedicación y apoyo incondicional han sido fundamentales para superar los desafíos académicos y personales que he enfrentado. Carlos, gracias por ser mi compañero de vida y por estar siempre dispuesto a ayudarme a salir adelante.

No puedo olvidar mencionar a mi tía Sonia, quien ha estado a mi lado en cada paso del camino. Su presencia constante, sus palabras de aliento y su apoyo incondicional han significado el mundo para mí. Agradezco su amor inquebrantable y su disposición para brindarme su apoyo en todo momento.

Finalmente, me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a mi directora de tesis, Ibeth. Su confianza en mí y su guía experta han sido fundamentales en el desarrollo de mi investigación. Agradezco su paciencia, dedicación y sabiduría, que han sido un faro en este proceso académico. Su mentoría y apoyo han sido invaluable, y estoy profundamente agradecida por la oportunidad de trabajar bajo su dirección.

2 Contenido

5	Introducción	9
6	Planteamiento del problema	11
7	Justificación.....	14
8	Objetivos	16
8.1	Objetivo General.....	16
8.2	Objetivos específicos	16
9	Antecedentes	17
9.1	Internacionales	17
9.2	Nacionales.....	19
9.3	Locales	21
10	Marco teórico.....	23
10.1	Biología de la conservación	23
10.2	Cucarachero de Pantano (<i>Cistothorus apolinari</i>).....	26
10.3	Doradito Oliváceo (<i>Pseudocolopteryx acutipennis</i>).....	29
10.4	Herramienta didáctica	31
10.5	Distribución espacial	33
11	Metodología.....	37
11.1	Datos de ocurrencia de las especies	39
11.2	Variables bioclimáticas	40
11.3	Elaboración de los modelos de distribución con MaxEnt	41
11.4	Construcción del Story Map.....	44
12	Discusión de resultados	46

12.1	Distribución actual y futura del <i>Cistothorus apolinari</i> (Cucarachero de Pantano)...	46
12.2	Distribución actual y futura del <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i> (Doradito oliváceo)	50
12.3	Áreas de distribución actual y futura para el <i>Cistothorus apolinari</i> y el <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i>	54
12.4	Análisis de los efectos del cambio climático para el <i>Cistothorus apolinari</i>	55
12.5	Análisis de los efectos del cambio climático para el <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i>	57
12.6	Resultados del StoryMap y análisis como herramienta didáctica	59
13	Conclusiones y recomendaciones	67
13.1	Conclusiones	67
13.2	Recomendaciones.....	69
14	Referencias bibliográficas	71

3 Lista de figuras

Figura 1. Cucarachero de Pantano. Fuente: (Martinez, 2013)	26
Figura 2. Nido del <i>Cistothorus apolinari</i> . Fuente: (Morales-Rozo, 2005)	27
Figura 3. <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i> . Fuente: (Arango, 2018)	29
Figura 4. Componentes de un sistema de información geográfica. Fuente: (Olaya, 2014)	33
Figura 5. Flujo de trabajo para la elaboración de un modelo de distribución. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 6. Test de Jackknife para el AUC del <i>Cistothorus apolinari</i> (Cucarachero de Pantano) arrojado por Maxent. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 7. Test de Jackknife para el AUC del <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i> (Doradito Oliváceo) arrojado por Maxent. Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 8. Panel inicial para la creación de un StoryMap. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 9. Puntos de ocurrencia de <i>Cistothorus apolinari</i> . Fuente: Elaboración propia	44
Figura 10. Mapas de distribución potencial actual y potencial futura (Bajo el escenario SSP3-7.0 para el año 2050) del <i>Cistothorus apolinari</i> (Cucarachero de Pantano). Fuente: Elaboración propia.	45
Figura 11. Mapa de área de idoneidad de hábitat actual para el <i>Cistothorus apolinari</i> (Cucarachero de Pantano). Fuente: Elaboración propia.	46
Figura 12. Mapa de áreas de idoneidad de hábitat futura para el <i>Cistothorus apolinari</i> (Cucarachero de pantano). Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 13. Puntos de ocurrencia del <i>Pseudocolpteryx acutipennis</i> (Doradito oliváceo). Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 14. Mapas de distribución potencial actual y potencial futura (Bajo el escenario SSP3-7.0 para el año 2050) del <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i> (Doradito Oliváceo). Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 15. Mapa de idoneidad actual del Doradito Oliváceo. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 16. Mapa de idoneidad futura del Doradito Oliváceo. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 17. Gráfico de áreas de idoneidad actual y futuro, para el Cucarachero de Pantano y Doradito Oliváceo. Fuente: Elaboración propia.	53

Figura 18 Mapa de estabilidad, ganancia y pérdida de hábitat del <i>Cistothorus apolinari</i> (Cucarachero de Pantano). Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 19. Mapa de estabilidad, ganancia y pérdida de hábitat del <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i> (Doradito Oliváceo). Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 20 Portada y título del StoryMap. Fuente: Elaboración propia	58
Figura 21 Sidecar con la información relevante de las especies. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 22. Slide del mapa de los puntos de observación. Fuente: Elaboración propia.	60
Figura 23 Slide con el mosaico de las variables bioclimáticas utilizadas en los modelos de distribución de especies. Fuente: Elaboración propia	61
Figura 24 . Slide con el Modelo de Distribución Potencial Actual para el Cucarachero de Pantano. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 25. Swipe con la incidencia del cambio climático a la distribución, bajo el escenario de cambio climático SSP3-7.0 al año 2050. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 26. Swipe con las áreas de idoneidad de hábitat para las especies. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 27. Mapa interactivo de estabilidad, pérdida y ganancia. Fuente: Elaboración propia	65

4 Lista de tablas

Tabla 1. Variables bioclimáticas. Fuente: (López-Rocha et al., 2018)	34
Tabla 2. Relación de áreas de estabilidad, perdida y ganancia de acuerdo con el escenario SSP3-7.0 para el <i>Cistothorus apolinari</i> . Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 3. Relación de áreas de estabilidad, perdida y ganancia de acuerdo a el escenario SSP3-7.0 para el <i>Pseudocolopteryx acutipennis</i> . Fuente: Elaboración propia.....	56

5 Introducción

El cambio climático ha sido pieza clave en las afectaciones a la biodiversidad global, cambios que han proliferado en los últimos años y que según las proyecciones futuras seguirán en aumento, cambios que se han enmarcado en las poblaciones y su distribución, así como en los ecosistemas; específicamente en las aves, ha de reducir la distribución en zonas de montaña, costas, y bosques, aves con bajas o limitada adaptabilidad a cambios en los rangos altitudinales de distribución aumentarán su riesgo de extinción debido a la alzas de temperaturas y cambios de precipitación (Botero, 2015)

Con el fin de establecer programas de conservación o alternativas de preservación de esas especies afectadas, se han de implementar metodologías que permitan identificar o determinar las áreas de distribución de una especie, por ello y dentro de la Biogeografía que nace como una parte de la biología que se encarga del estudio de la distribución geográfica de las especies (Contreras-Medina, 2006) se encuentran los Modelos de Distribución de Especies y su aplicabilidad junto con los Sistemas de Información Geográfica, que permiten obtener, a partir de los datos de observación y presencia de una especie, y las variables bioclimáticas, una representación cartográfica de las áreas de distribución potencial de una especie.

Además, para el docente en formación es necesario la implementación de nuevas alternativas de educación y que frente a los auges tecnológicos no se queden atrás; la validación de estas nuevas herramientas que se presentan en la web, ha de otorgar al docente de otros medios para poder establecer y brindar al estudiante, conocimientos, contenido multimedia, y recursos interactivos que mejoren el panorama del aula de clases.

En específico para esta investigación, se construyó un StoryMap, en donde se consolidan los resultados del modelamiento de la distribución espacial potencial actual y futura bajo los efectos de cambio climático en el escenario SSP3-7.0, para las especies Cucarachero de Pantano (*Cistothorus apolinari*) y Doradito Oliváceo (*Pseudocolopteryx acutipennis*). El Cucarachero de Pantano es un ave pequeña que pertenece al orden taxonómico de los Passeriformes. Habita en

humedales y zonas pantanosas ubicadas en la cordillera oriental. Es reconocido por su plumaje de tono marrón oscuro y su canto melodioso. Además, está categorizado como una especie en Peligro Crítico a nivel nacional. (Renjifo et al., 2017). Por otro lado, el Doradito Oliváceo es un ave que habita sobre la cordillera de los Andes, desde Argentina hasta Colombia. Pertenece al orden de Passeriformes y se caracteriza por su color verde oliva. Además, es conocido como uno de los atrapamoscas pequeños dentro de Colombia. Es importante destacar que se encuentra en nivel de Peligro crítico a nivel nacional, pero a nivel global se considera una preocupación menor (Hilty et al., 2001).

Ambas especies son aves que dependen de hábitats específicos y su distribución geográfica está influenciada por las condiciones climáticas. Mediante el uso del StoryMap y el modelamiento de la distribución espacial, se busca comprender cómo el cambio climático, en el escenario SSP3-7.0, podría afectar la distribución futura de estas dos especies y proporcionar información relevante para su conservación y manejo adecuado. El StoryMap, permitirá tener en una sola herramienta didáctica la información completa de cada una de las especies, junto con mapas interactivos, imágenes y demás recursos webs, que ayuden en la determinación de los niveles de afectación del cambio climático, así como de las áreas de idoneidad de hábitat; lo cual servirá como insumo clave en la educación ambiental, así como en procesos de conservación y preservación de dichas especies, que influyan en la disminución del riesgo y de la categoría de amenaza de ambas especies.

6 Planteamiento del problema

Entre el grupo de países megadiversos se encuentra Colombia, albergando uno de los mayores índices de biodiversidad de todo el planeta; la ubicación geográfica en donde se encuentra Colombia permite una variación en las condiciones ambientales, el cual representa un gran número de ecosistemas específicamente 98 tipos entre naturales y transformados (Rangel, 2005). El país tiene registro de 56.724 especies que incluyen Aves, mamíferos, reptiles y plantas, siendo el inventario de las aves uno de los más altos, con un número de 1966 especies aproximadamente entre aves residentes, migratorias australes, migratorias boreales, erráticas e introducidas (Echeverry et al., 2022)

En los últimos años se ha visto gravemente afectada la diversidad de aves en Colombia, puesto que los índices de deforestación han aumentado considerablemente, causado por los acontecimientos que se han generado en la explotación minera. Alrededor de 550 especies son dependientes del bosque y se estima que aproximadamente el 35% de estas especies ya perdió el 35% de su hábitat, lo que representa la amenaza de extinción de las mismas. Se proyecta que para el año 2040 más de la mitad de especies de aves endémicas pierdan la mitad de su hábitat (Espectador, 2021). En esta medida, las presiones y actividades humanas han acelerado el riesgo de la biodiversidad y con ello de los servicios ecosistémicos, a causa de la pérdida y degradación del hábitat que como consecuencia conlleva a la fragmentación, deforestación y extinción de las especies; el estudio de la Huella Humana permite evidenciar los lugares en donde las presiones antropogénicas han disminuido o por el contrario, donde se encuentran puntos críticos como los son: Ecosistemas secos de la región Andina, los bosque húmedos tropicales de la región del Orinoco y los humedales de la región Andina centro-oriental (Correa Ayram et al., 2020)

Bogotá es catalogada como una de las capitales del mundo con mayor diversidad de aves, son alrededor de 160 especies, de las cuales cuatro especies y una sub especie son endémicas. No obstante, la caza ilegal y el envenenamiento indirecto con el uso de pesticidas y raticidas que

realizan consciente o inconscientemente la comunidad aledaña a lugares que son catalogados como posibles hábitats para las especies, implica una amenaza hacia la distribución y supervivencia de las aves. Bogotá como zona de importancia biogeográfica debido a su alto nivel de endemismo se ha visto gravemente afectada a causa del aumento de la contaminación y presencia de especies invasoras, así como cambio climático y su gran importancia en el aumento de la temperatura en la ciudad que amenaza las zonas rurales y con ello a las especies; dentro de las especies endémicas y amenazadas se encuentra la Tingua Bogotana (*Rallus semiplumbeus*) y el Cucarachero de Pantano (*Cistothorus apolinari*) (Asociación Bogotana de Ornitología & CAR, 2000)

Al mismo tiempo, se ha evidenciado un decrecimiento de la avifauna debido a la disminución del hábitat de las especies y la contaminación, sobre todo en los cuerpos de agua de los parques distritales y humedales, de igual forma la presencia de perros. Bogotá es una zona que presenta un alto nivel de endemismo respecto a aves y por ello se considera como una zona de importancia biogeográfica, estas especies están siendo comprometidas y amenazadas por la presencia de especies invasoras; además, la temperatura en la ciudad ha aumentado, haciendo referencia al efecto del cambio climático (Calderón, 2008)

Dentro de las especies catalogadas respecto a su nivel de amenaza, se encuentra en estado En peligro (EN) el *Cistothorus apolinari* más conocido como el Cucarachero de Pantano, el cual está en peligro debido a la disminución de cuerpos de agua por causas como la sequía; de igual forma, la contaminación del recurso hídrico conlleva a la disminución de macroinvertebrados de los cuales el Cucarachero de Pantano se alimenta. También la pérdida de juncales dentro de los cuerpos de agua ha provocado que la especie se desplace a otros lugares; una de las amenazas es la presencia del chamón (*Molothrus bonariensis*), conocida como una especie parásito reproductiva que depende de los hospederos para incubar a sus huevos y criar los polluelos, hospederos como el Cucarachero de Pantano (CAR, 2018b).

En el caso del Doradito Oliváceo (*Pseudocolopteryx acutipennis*) se encuentra sometido a presiones antrópicas, la recreación activa y las fábricas han generado un alto impacto en el ecosistema sobre todo en el de esta especie; el junco ha disminuido, el cual favorece la presencia del Doradito Oliváceo, lo que significa que la disminución del hábitat es inminente ante esta causa,

lo cual lleva a que esta especie se catalogue en un estado En peligro crítico (CR) (Renjifo et al., 2017)

Al mismo tiempo, la mayoría de habitantes de las comunidades aledañas a los espacios que se consideran hábitats de estas especies, no reconocen e identifican la importancia de las mismas. Provocando que se realicen actividades o permitiendo la ejecución de las mismas, como puede ser la construcción de infraestructuras o el desecho de basuras, que terminan degradando y perjudicando al ecosistema y con ello a las especies que allí habitan. Esto se debe a la desinformación y falta de educación hacia la sensibilización de la importancia de los ecosistemas y la vida que allí se hospeda, en donde generalmente no se da una identidad por el territorio ni el valor por las especies que configuran el mismo (Chivatá & Acosta, 2016).

Es por ello por lo que el maestro de biología tiene en sus manos transformar y formar interés hacia el cuidado de la vida y lo vivo, donde se promueven acciones que van dirigidas al cuidado de la misma; tiene la posibilidad de cambiar la visión sobre la biodiversidad que hay en el territorio dentro de las comunidades, generando espacios de reflexión para la conservación. Considerando desde el ámbito profesional y la labor como maestro de biología se necesita de un conocimiento experiencial relacionado al conocimiento académico ; partiendo desde la enseñanza de la biodiversidad en cuanto a las interacciones ecosistémicas desde una comprensión conjunta entre la integración, comprensión, reflexión e integración de los conocimientos (Amaya & Rivera, 2020)

A partir de lo anterior surge la siguiente pregunta problema:

¿Cómo aportar a la conservación del Cucarachero de pantano (*Cistothorus apolinari*) y el Doradito oliváceo (*Pseudocolopteryx acutipennis*) a partir del análisis de la distribución geográfica y el estado de riesgo?

7 Justificación

La importancia del cuidado de las aves endémicas en Bogotá radica en el reconocimiento del territorio y la identidad del mismo, además de los servicios ecológicos que realizan las especies como polinización, ser agentes de dispersión y control biológico, estos aspectos son indispensables mencionar en el momento de trabajar sobre la conservación y cuidado de las aves (Marín Carvajal, 2013). El cuidado especialmente hacia el Cucarachero de pantano y el Doradito Oliváceo es por el grado de vulnerabilidad en el que se encuentran, teniendo en cuenta que su extinción puede afectar las relaciones biológicas que se generan en los espacios donde estos organismos se encuentran. Por ello es importante generar espacios de cuidado y conservación en donde sean áreas potenciales para la distribución de estas especies, por ello se piensa en el modelo de distribución de especies como herramienta para lograr identificar los lugares de protección y con ello la comunidad propenda a reflexionar sobre el cuidado del territorio y con ello las aves endémicas de Bogotá.

En el estudio de los modelos de distribución de especies se ha identificado la necesidad de considerar diversas variables estadísticas, climáticas y biológicas para su desarrollo. Por esta razón, el modelo puede ser una herramienta pedagógica valiosa, ya que su ejecución requiere de la integración de disciplinas para comprender cómo simular los espacios de distribución de las especies (Mateo et al., 2011).

El uso del modelo de distribución como herramienta didáctica es fundamental en un contexto donde la educación necesita integrar conocimientos generales y particulares en un solo recurso. Además, involucrar a la comunidad en los procesos de conservación y cuidado de la biodiversidad es crucial para su éxito. Para lograr esta integración, se pueden utilizar herramientas participativas que permitan una relación más cercana entre la comunidad y la biodiversidad (Pereira & González, 2015). En conclusión, el modelo de distribución de especies puede ser una valiosa herramienta pedagógica que permita integrar disciplinas y conocimientos diversos, al mismo tiempo que involucre a la comunidad en los procesos de conservación y cuidado de la biodiversidad.

Es importante señalar que como futura licenciada en biología dentro de la enseñanza de la biología y de las ciencias, tiene la capacidad de transformar y generar interés hacia el cuidado de la vida y lo vivo, y promover acciones que estén en pro del cuidado de la misma (Margutti et al., 2022). Se tiene un papel fundamental ya que, desde la enseñanza, está la posibilidad de generar experiencias que puedan contribuir al cuidado de la vida. Por ello este proyecto se desarrolla en el grupo de investigación CASCADA, ya que los objetivos del proyecto se ajustan a la línea de investigación “L.E.E: La ecología en la educación colombiana”, de acuerdo a la estructuración de la dimensión ecológica en la educación y los aportes que propende el modelo de distribución como herramienta pedagógica (*Grupos Investigación.pdf*, s. f.).

8 Objetivos

8.1 Objetivo General

Desarrollar una herramienta didáctica sobre la categoría de riesgo del Cucarachero de Pantano (*Cistothorus apolinari*) y el Doradito Oliváceo (*Pseudocolopteryx acutipennis*) a través del análisis de su distribución geográfica como estrategia para la conservación de la biodiversidad.

8.2 Objetivos específicos

- Modelar la distribución potencial espacial actual y futura del Cucarachero de pantano y Doradito Oliváceo, a partir de la recopilación de datos de ocurrencia de la especie, variables bioclimáticas y métodos estadísticos.
- Analizar el efecto del cambio climático en el cucarachero de pantano y el doradito oliváceo a partir de la proyección del escenario de estabilidad, pérdida y ganancia del hábitat idóneo.
- Elaborar un StoryMap como herramienta didáctica para la divulgación de la distribución potencial de las especies y las amenazas que presentan el Cucarachero de Pantano y el Doradito Oliváceo.

9 Antecedentes

9.1 Internacionales

En el 2012 Rubén, G. Ángel, M y Muñoz J realizan un trabajo titulado *“Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar”* en el cual se busca sintetizar la información relevante sobre los modelos de distribución de especies y esbozar un posible diseño para utilizarse como un recurso didáctico; planteándose desde el punto de vista docente, para que las técnicas empleadas en los modelos de distribución se puedan incluir dentro del currículo dejando a un lado las limitaciones de las disciplinas biológicas ya que puede extenderse a campos como la geográfica, geología y ciencias ambientales (Mateo et al., 2012).

Dentro de la metodología del trabajo se basa en plantear técnicas utilizadas en los modelos de distribución de especies como puede ser la relación entre la matemática y estadística, seguido de la conceptualización de un modelo estadístico y un modelo cartográfico para la generación de los modelos de distribución de especies. Respecto al campo educativo plantea temas de discusión desde el punto de vista docente, como primer punto se aborda al modelo para el uso dentro de la ciencia y consigo el avance del conocimiento desde una representación simplificada de la realidad, en un segundo punto se expone que los modelos de distribución incluyen aplicaciones del método científico y de igual forma obliga al uso de herramientas como bases de datos, estadística y cartografía para conformar un trabajo multidisciplinar.

Como conclusión se expone que la introducción de los alumnos a técnicas que establece los modelos de distribución de especies, llega a ser un avance en la comprensión del método científico y en el uso de los mismos para la comprensión de fenómenos reales. Este trabajo representa gran importancia en el desarrollo de la investigación puesto que relaciona los modelos de distribución de especies y la educación, del cual es importante extraer postulados que permitan considerar a los modelos de distribución como una herramienta didáctica.

En el 2014 Santana Galindo realiza un trabajo titulado ***“El uso de Edublog como una herramienta didáctica para la enseñanza de Biología I en la educación media superior en México”*** en el cual tiene como objetivo principal evaluar el Edublog como herramienta didáctica en la enseñanza de la biología, para ello se identificó los desafíos y beneficios del Edublog en un contexto educativo. Con el fin de contribuir a la mejora del aprendizaje y fomentar el desarrollo de habilidades y competencias que sean de importancia dentro de la formación académica (Galindo, 2014)

Esta investigación consistió en un estudio de caso con un enfoque cualitativo, a partir del cual se utiliza la entrevista como método de recolección de datos, además, de las observaciones de campo. El análisis de datos se hizo con el “Método de análisis de contenido” el cual permitió identificar los beneficios y desafíos del uso del Edublog como herramienta didáctica. Dentro de los resultados se evidencia un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, además facilitó la comunicación entre estudiantes y profesor lo que mejoró el proceso de enseñanza aprendizaje. En conclusión, la investigación realiza una buena evaluación de su uso como herramienta didáctica y sugiere recomendaciones para mejorar su implementación y adaptación. Es importante resaltar este documento dentro de la actual investigación puesto que aporta elementos necesarios para evaluar el StoryMap como una herramienta didáctica, asimismo, brinda herramientas de conceptualización para el abordaje de los resultados y análisis.

En 2019 Jerez, C. Ushco, F. Realizan un trabajo de investigación titulado ***“Diseño multimedia informativo para dar a conocer las especies de aves en peligro de extinción de la zona 3”*** en el cual se plantea como objetivo diseñar un producto digital informativo para dar a conocer las especies de las aves en peligro de extinción con el fin de concienciar a la comunidad aledaña. Dentro de la metodología se basa en una metodología inductiva en la cual se obtiene conclusiones a partir de premisas específicas, el método será empleado para la búsqueda de información sobre las especies (Jerez & Ushco, 2019)

A partir de las conclusiones se puede resaltar de los productos digitales la ayuda hacia la identificación de las aves en peligro, así como la información teórica, partiendo desde el nombre científico, hábitat y alimentación; de igual forma la aplicación dentro de la etapa cuantitativa,

realizado a partir de encuesta permite la generación de nuevos recursos digitales. Es importante mencionar este trabajo de tesis dentro de la actual investigación puesto que habla de un diseño de multimedia interactivo a partir del cual se puede relacionar a el StoryMap como un diseño de multimedia informático considerado como una herramienta didáctica, aportando a la conservación de las especies.

9.2 Nacionales

El trabajo de investigación de Diana Martínez en el 2008 de la Universidad de los Andes titulado ***“Distribución histórica de aves de tierras bajas de Colombia modelada con referencia a cambios climáticos: Una prueba de la hipótesis de los refugios del pleistoceno”*** tiene como objetivo evaluar la distribución histórica potencial de aves que habitan bosques húmedos y secos de las tierras bajas de Colombia, haciendo énfasis en las que presentan distribuciones a ambos lados de las cordilleras de los andes, además de poner a prueba la hipótesis de refugios en el Pleistoceno como posible causa de diversificación de la avifauna en Colombia. En la metodología se tiene en cuenta las variables ambientales, los modelos de nicho ecológico para garantizar la confiabilidad en los resultados, también se realizó el análisis de Bosque seco y bosque húmedo, estos análisis son de forma cualitativa y cuantitativa (Martínez, 2008).

En las conclusiones se plantea que las aves que habitan bosques secos parecen haber estado conectadas a través de las cordilleras desde el pleistoceno, lo cual puede explicar por qué la estructura poblacional no es tan marcada. De igual forma, los resultados indican la reducción y posible fragmentación de la distribución de las especies de bosque húmedo en relación con la distribución de las especies de bosque seco. Mediante este trabajo de investigación, se obtienen diferentes herramientas que son importantes en el momento de desarrollar el modelo de distribución de especies e identificar de qué manera puede realizarse su posible análisis.

Durante el 2022, Alfonso Carvajal publica su trabajo de maestría en la Universidad Nacional el cuál se titula ***“Estrategia didáctica para desarrollar la competencia indagación a partir de bioprospección de productos naturales vegetales”*** enfocándose en la generación de una estrategia didáctica relacionada a la Bioprospección de productos naturales vegetales con el fin de fortalecer la competencia de indagación en los estudiantes la tesis se basa en el diseño de la estrategia

didáctica y su aplicabilidad dentro de la evaluación del concepto de bioprospección (Carvajal, 2022).

Dentro de la metodología se basa en la idea principal del diseño de la estrategia didáctica, posteriormente de realizar pruebas diagnósticas sobre la búsqueda de información y con ello socializar las herramientas que pueden ser útiles en la búsqueda de información; finalizando con la implementación y análisis de la estrategia didáctica. Dentro de los resultados se muestra que se puede fortalecer la competencia de indagación en los estudiantes a partir del diseño de una estrategia didáctica en la cual se alineen los intereses de los estudiantes desde su vida de preescolar hasta bachillerato; asimismo, recomienda el uso de las TIC para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje, con ello se puede concluir que las herramientas didácticas deben tener en cuenta el contexto en el cual se va a realizar.

El trabajo titulado *“Enseñanza de la importancia de la diversidad biológica de Colombia mediante un objeto virtual de aprendizaje que propicie un aprendizaje significativo en los estudiantes del grado octavo del colegio Londres de Sabaneta”* realizado por Diana Cardona en el 2015, tiene como objetivo enseñar la importancia de la conservación de la biodiversas en Colombia mediante objetos virtuales bajo un enfoque cuantitativo a través de un estudio de caso relacionado a la reflexión y al debate. Los objetos virtuales utilizados, se menciona la plataforma Moodle, sin embargo, se resalta el trabajo en campo con los estudiantes (Cardona, 2015).

Dentro de los resultados y conclusiones, es notable que hay una falta de conocimiento hacia la biodiversidad, lo cual se ve reflejado con la perdida de la misma; de esta forma, el uso de las TIC en los procesos de enseñanza facilita la asimilación de los conceptos. De esta forma, se menciona que la enseñanza de la biodiversidad en Colombia debe encontrarse implícita dentro de las áreas de ciencias naturales, el objeto virtual diseñado fue el curso en Moodle, del cual se expone que es una buena herramienta para dar a conocer de forma didáctica alguna información, sin embargo se dificulta dentro del mismo los procesos de evaluación, finalmente, se resalta que al terminar el curso los estudiantes adoptan una postura crítica acerca de la importancia de la conservación y rechazan acciones que atentan contra la misma. Este trabajo de investigación es importante en medida que brinda la información relevante para trabajar sobre la biodiversidad colombiana, de esta forma recopila los autores que se refieren a conceptos como conservación, servicios ecológicos

y educación ambiental, lo cuál es de resaltar puesto que son temas que se encuentran implícitos dentro de la investigación.

El trabajo titulado “*Estado poblacional del Cucarachero de Pantano, Cistothorus apolinari (Passeriformes: Troglodytidae) en siete humedales de la Sabana de Bogotá, Colombia*” realizado por (Linares et al., 2019) tiene por objetivo la evaluación del estado de las poblaciones del *Cistothorus apolinari* en siete humedales de Bogotá, y con ello determinar áreas de mayor población y las afectaciones de los hábitats donde estas especies escasean. Se realizó a través monitoreos mediante puntos de conteo y censos auditivos de la especie, así como la cobertura vegetal en donde se registraba cada individuo.

Tras realizar las observaciones con un recorrido de 63,6ha se obtuvieron nueve registros de la especie, específicamente dentro de los humedales de Tibanica, la Florida y Gualí relacionados con la vegetación de junco (*Schoenoplectus californicus*); sin embargo, dentro de las determinaciones bióticas y abióticas no se consideró que alguna determinara ni afectara la distribución de esta especie. Dentro de las conclusiones se afirma que la especie ha reducido su población a un 94%, por lo cuál es importante la formulación de medidas de conservación y de protección de la especie. Este trabajo es de gran relevancia para la actual investigación, puesto que presenta elementos importantes para evaluar la validación de los modelos; de igual forma, determina la información relevante para trabajar con la especie del Cucarachero de Pantano.

9.3 Locales

Con relación a los trabajos de investigación realizados dentro de la Universidad frente a los temas de Modelos de Distribución de una especie tanto actuales como en temporalidades futuras, así como el uso de los StoryMap como herramienta didáctica no se encontraron documentos con alguna temática semejante, sin embargo, y haciendo una extrapolación a los conceptos básicos, se ha de mencionar la investigación (Guiza Quiroga, 2019), donde se planteó por objetivo que a partir de la distribución espacial de una especie y haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica se logre establecer una estrategia de conservación para el Borugo de Montaña; que su metodología, la cual dividió en cuatro fases: la consulta de información, depuración de datos de ocurrencia, elaboración de cartografía y análisis, le permitió identificar áreas y zonas donde la

especie ha sufrido modificaciones en cuanto a su distribución, los cambios presentados tanto en sus reportes como en la población misma, y por último concluye en la generación de estrategias de conservación en esas áreas donde la población de la especie ha sido baja.

Siguiendo en esta línea, la investigación realizada por (Coronado, 2016), se enmarco en el uso de los Sistemas de Información Geográfica para la producción de cartografía con respecto a la distribución geográfica de los datos de la Colección de Insectos Acuáticos en el orden Hemiptera, concluyendo en la amplia diversidad de este orden en varias altitudes, así como la presentación de los mapas de distribución geográfica como herramienta para análisis y distribución de la información.

Con respecto a otras alternativas o herramientas que pueda implementar un docente para mejorar sus procesos de enseñanza así como la innovación tanto dentro del aula de clase como fuera de esta, se encontró que en el 2022, en (Miilán Bernal, 2022) la autora tuvo por objetivo la creación de una página web llamada AVE.WIX que sirviese como una herramienta digital que permitiera impulsar la conservación de la avifauna del Humedal El Jaboque, para su creación la metodología se dividió en cinco etapas: Revisión documental, trabajo de campo, consolidación y sistematización de los resultados de los muestreos, construcción de la herramienta digital y por último, una validación de dicha herramienta por cinco expertos en educación; donde se concluyó a partir de la conectividad que permiten tener estas herramientas digitales, así como lo inmediatas e interactivas las catalogan como altas en potencial como material educativo y de divulgación.

Concluyendo esta revisión documental se ha de mencionar el documento (Paula, 2018) donde el autor, pretende evaluar el papel de la cartografía y el pensamiento espacial en la comprensión y toma de conciencia espacial y de su entorno, esto a partir de evaluación de la función comunicativa de los mapas, así como el potencial metodológico de los mismos; con ello el autor rescata la cartografía y sus producciones como una herramienta versátil y de amplio margen de uso.

10 Marco teórico

En el siguiente apartado se desarrollan los conceptos fundamentales y estructurantes de la investigación, en donde se incluye tesis, artículos, libros y documentos que permiten dar claridad dentro del desarrollo de la investigación adoptando posturas que parten desde la teoría. Los conceptos a trabajar son: Conservación de aves, modelo de distribución espacial y herramienta didáctica

10.1 Biología de la conservación

La biología de la conservación es la ciencia que nace como medida de respuesta a los problemas que surgen dentro de las comunidades que han sido perturbadas por actividades antrópicas, ya sea de manera directa o indirecta; tiene como objetivo principal la preservación de la diversidad biológica en donde se engloba comunidades y especies (Soule, 1985). Dentro de la biología de la conservación se han postulado varios principios, ya sea de carácter filosófico o de carácter biológico; Soule en 1985 postula los principios a partir de la filosofía, en donde se afirma que la diversidad biológica es buena, la complejidad ecológica es buena, es bueno mantener el potencial genético de las poblaciones y, por último, que la diversidad biótica tiene valor intrínseco, independiente de su valor de uso. Los principios biológicos por Meffe y Carroll en 1997, plantean a la evolución como eje principal de la biología y que no hay un equilibrio dentro de los sistemas ecológicos (Montenegro, 2009).

En ese orden de ideas, existen diversos retos dentro del estudio de la conservación, partiendo desde una deconstrucción histórica en la cual se centra en la protección de especies que se encuentran en un grado de amenaza y de recursos naturales, que, a través de la historia, se ha enfocado desde una perspectiva económica y social, desconociendo el valor de las especies y la bioética que se practica dentro de los proyectos de conservación (Sagoff, 2013). Es por ello que la biología de la conservación brinda las herramientas necesarias para que la sociedad prevenga y reduzca los daños ecológicos, respondiendo cada sociedad a las amenazas que debilitan la infraestructura biológica desde un enfoque espiritual e intelectual (Soule, 1985).

Dentro del contexto de la biología de la conservación se presentan diversas amenazas, partiendo desde una perspectiva general en cuanto a los paisajes y una mirada específica enfocado a las especies. Por ello se han estipulado escenarios de extinción, donde han influido factores diferentes que han ocasionado la muerte de las especies; sin embargo, antes de una extinción completa existe una pérdida constante de la biodiversidad, debido a factores como la fragmentación y pérdida de hábitats, que provoca unos efectos demográficos y efectos genéticos; de igual forma, la invasión de especies introducidas es una de las amenazas de la conservación y se consideraría como una consecuencia de la colonización humana, teniendo en cuenta que son efectos de la evolución y de una u otra forma han beneficiado o afectado a las especies (Montenegro, 2009).

En relación al tema, es importante hacer hincapié en la conservación de aves, que surge desde los grupos y organizaciones de ornitología desde un enfoque moral, este estudio permite el descubrimiento de nuevas realidades ecológicas. Se resalta que el reconocimiento de esta disciplina fue una lucha constante por parte de los ornitólogos interesados, dentro de la disciplina comienza a ser relevante términos como “Integridad del ecosistema” y las consecuencias ecológicas que puede ocasionar la extinción; con ello, el estudio de la conservación de aves comienza a evaluar sobre la caza de las aves y la destrucción de los hábitats y denotan en el estudio de las amenazas de las especies y la postulación de proyectos conservacionistas, que a la actualidad persiste el interés y la investigación sobre la protección de las aves (Tàbara, 2006).

La conservación de aves se enfrenta a amenazas que son influenciadas por la actividad humana y que son un riesgo para cada una de las poblaciones y especies que habitan en el entorno; partiendo desde la creciente urbanización se evidencia una reducción, pérdida y fragmentación del hábitat provocando la disminución de la diversidad ambiental y de la falta de movilidad que llegan a tener ; las especies invasoras es una de las amenazas fuertes que presentan las aves, a causa de la competencia por el alimento que termina siendo reducción del hábitat, de esta forma también presenta problemáticas como parasitismo y depredación que finaliza en la pérdida de individuos y la categorización de nivel de amenaza de a especie. Continuando con las amenazas se evidencia a el cambio climático y la contaminación que sí vale aclarar es parte del proceso natural de evolución, sin embargo, a causa de las actividades antrópicas son problemáticas que avanzan considerablemente (Rangel-Salazar et al., 2013).

Cabe considerar, por otra parte, que las amenazas han permitido categorizar el nivel de riesgo de extinción de las especies; es por ello que la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) postula criterios para la lista roja de las especies (*Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN*, 2012). Estas categorías parten desde el nivel más alto considerado como Extinto (EX) que se refiere a que ha muerto el último individuo de la especie completa, otra categoría es Extinto en estado silvestre (EW), siguiente del estado de Peligro crítico (CR), el cual significa que la especie se está enfrentando a un alto riesgo de extinción extremadamente alto en la vida silvestre, la siguiente categoría es En Peligro (EN) proporcionando un grado de extinción muy alto, por consiguiente se encuentra Vulnerable (VU) que demuestra una grado de extinción alto, la siguiente categoría es Casi Amenazado (NT), preocupación Menor (LC) en los cuales se ubican especies con amplia distribución, finalmente concluye con la categoría de Datos Insuficientes (DD) y No Evaluado (NE) (*Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN*, 2012).

En medida de la respuesta a la crisis de extinción de las especies y sobre todo el uso responsable de los recursos naturales surge la educación para la conservación, para el proceso de construcción de desarrollo social en la cual se reflexione que cada individuo sea partícipe de la solución y procesos de conservación puesto que ha sido parte y consciente de los problemas ambientales (Barahona & Almeida-Leñero, 2005). Sin embargo, la educación para la conservación no es un área que compete únicamente a la escuela pero si bien es cierto es un espacio que propicia a la revolución a los temas de protección de las especies y los paisajes; en un primer lugar, y para alcanzar los objetivos se da un enfoque etnobiológico el cual se entiende como una dirección pedagógica dentro de las ciencias naturales para potencial el valor la relación del hombre con la biodiversidad, es importante mencionar que para lograr los objetivos de la educación para la conservación es necesario que el profesor enriquezca los contenidos de formación, que permita profundizar y abordar el desarrollo de sentimientos dentro de la práctica de conservación, facilitando la suficiente para desempeñar su papel como educador para conservación dentro de los diversos contextos (Lorduy et al., 2017)

10.2 Cucarachero de Pantano (*Cistothorus apolinari*)

El Cucarachero de pantano o cucarachero de apolinar, reconocido por su nombre científico *Cistothorus apolinari* o en inglés Apolinar's Wren (mauroossa, 2019). Es una de las aves emblemáticas de los humedales de Bogotá y además es catalogada como una especie endémica de la cordillera oriental. Existen dos subespecies de *Cistothorus apolinari*; una habita en los humedales del altiplano cundiboyacense denominado como *C. a. apolinar* y la otra especie habita en los páramos llamada *C. a. Hernandezi* (Espinosa-Blanco et al., 2009). Teniendo en cuenta lo anterior, para la presente investigación se trabajará con la especie *Cistothorus apolinari*, y no se tendrá en cuenta las subespecies. En su taxonomía, el Cucarachero de Pantano pertenece al orden Passeriformes, específicamente de la familia Troglodytidae, al género *Cistothorus* y como se mencionó anteriormente a la especie *C. apolinari* (Chapman, 1914). Esta especie mide alrededor de 13 cm, con un peso de 17.7g, tiene la coronilla de color café oliva y en la lista superciliar es de color grisácea. El manto estriado es de color negro con blanco, también el pico y las patas tienen un color grisáceo, sus alas y cola son cortas, además de partes inferiores blanquecinas (Figura 1). En cuanto a su voz, “tiene un canto energético, una serie burbujeante de 1-3 *tu-atu-ii* rítmico y bajo, interrumpido por cortos *churr* pedregosos; regaña con *churr* bajo” (Hilty et al., 2001).



Figura 1. Cucarachero de Pantano. **Fuente:** (Martínez, 2013)

El cucarachero de pantano habita en elevaciones desde los 2500 m a los 4000 m sobre la cordillera norte de la Cordillera Oriental de Colombia, específicamente en los departamentos de Boyacá (Sierra Nevada del Cocoy y laguna de Tota) y también en Cundinamarca (El valle de Ubaté, la sabana de Bogotá y el páramo de Sumapaz) (Hilty et al., 2001). De acuerdo a su distribución el Cucarachero de Pantano se considera como ave endémica de Bogotá, posicionándola como especie de gran importancia, ya que se presenta en un alto nivel de amenaza que cada vez aumenta por diferentes factores (CAR, 2018a). En Bogotá se ha obtenido registro principalmente en los humedales La Conejera, La Florida, Juan Amarillo y Tibanica; el cucarachero de pantano habita especialmente en espacios donde generalmente se encuentra juncas (*Schoenoplectus californicus*) y eneas (*Typha sp.*) que se encuentran en lagunas que no pasan de los 2700m de elevación (SIB, s. f.-b)

Esta especie vive en grupos de 2 a 12 individuos en los cuales conviven machos, hembras y juveniles, estos grupos están compuestos por una pareja reproductora y el resto de individuos ayudan en la búsqueda de alimento y defensa del territorio; es importante mencionar que esta especie no coloniza nuevos territorios, por ello es tan vulnerable a la degradación del hábitat (Renjifo et al., 2017). El cucarachero de pantano canta desde perchas en medio de juncos poco expuestas, allí en los juncos también se encuentran los nidos que están aún más escondidos y son difíciles de observar; estos nidos están amenazados por actividades parásitas de los Chamones (*Molothrus bonariensis*) (Hilty et al., 2001). La temporada reproductiva es entre febrero y agosto, los huevos se pueden observar en junio y juveniles se observan en octubre, los nidos son contruidos con hojas secas, paja, flores y hojas con vellosidad, es de forma ovalada y tiene una sola entrada (Figura 2) ubicados en donde la densidad de cobertura vegetal es alta para protegerse de depredadores y situaciones climáticas que puedan afectar la anidación (Morales-Rozo, 2005).

En cuanto a su alimentación el cucarachero de pantano se alimenta de insectos acuáticos, arañas, braconidos, cilícidos, zygópteros y larvas de lepidópteros (CAR, 2018a)



Figura 2. Nido del *Cistothorus apolinari*. **Fuente:** (Morales-Rozo, 2005)

En la dinámica poblacional del cucarachero de pantano, se registran los grupos más grandes dentro de la laguna de Fúquene y en la laguna de tota; en Bogotá se registra en los humedales Tibanica, Juan Amarillo y la Conejera, sin embargo, los datos de individuos han disminuido notablemente, según el libro rojo de las aves las densidades poblacionales son respectivamente 0.26, 0.04 y 0.09 ind/ha (Renjifo et al., 2017). Estos datos de presencia de individuos llevan a la categoría de amenaza en la que se encuentra el cucarachero de pantano, según la IUCN red list, esta especie está en categoría de En Peligro (EN) lo cual se considera que está enfrentando un riesgo de extinción alto en su estado de vida silvestre, el cucarachero se encuentra en este estado de amenaza desde 1994 sin tener resultado las medidas de conservación que se llevan a cabo (IUCN, 2020). Para Colombia, según el libro rojo de las aves esta especie se atraviesa por un estado de Peligro Crítico (CR) lo cual indica que está en un riesgo de extinción extremadamente alto en su estado de vida silvestre (Renjifo et al., 2017).

Las principales amenazas, son la reducción del hábitat en cuanto a la quema de Juncales y la contaminación de humedales; en Bogotá la presencia del Chamón (*Molothrus bonariensis*) registra parasitismo en la cría del Cucarachero de pantano lo cual provoca disminución de las poblaciones en los humedales. De igual forma, el aumento de ecoturismo y de actividad humana sobre todo las construcciones y la disposición de basuras, además de la presencia de animales domésticos han limitado la presencia de la especie (Renjifo et al., 2017). Otro factor importante es la contaminación hídrica y la disminución de cuerpos de agua, ya sea por causas naturales o influenciadas por la actividad humana, esto se traduce en la pérdida de especies acuáticas como macroinvertebrados de los cuales se alimenta la especie (CAR, 2018).

Para combatir las amenazas que enfrenta la especie se han tomado diversas medidas de conservación, junto a la secretaria distrital de ambiente se han realizado monitoreo de vida silvestre dentro de los humedales, además del cerramiento de funcionamiento de algunos humedales; sin embargo, son contratos de corto tiempo y los humedales quedan desprotegidos durante temporadas (Renjifo et al., 2017) De igual forma, falta estudios de control hacia la especie y del control del Chamón como especie parásita, así como la intensificación de los planes de conservación de la especie y hacia el manejo de los humedales (Renjifo et al., 2017).

10.3 Doradito Oliváceo (*Pseudocolopteryx acutipennis*)

El Doradito Oliváceo, conocido por su nombre científico *Pseudocolopteryx acutipennis* y en ingles Subtropical Doradito, es un mosquetero que se encuentra en los pantanos en los Andes desde Colombia hasta Argentina; es el “único atrapamoscas colombiano pequeño en tierras altas con partes superiores uniformes y amarillo brillante por debajo” (Hilty et al., 2001). En la taxonomía se plantea que pertenece al orden Passeriformes y a la familia Tyrannidae, conformando así el género *Pseudocolopteryx* y la especie *Pseudocolopteryx acutipennis* (P. L. Sclater & Salvin, 1873) (SIB, s. f.-a)

Mide aproximadamente 11cm, el pico es negro y delgado, es de color verde oliva uniforme con regímenes de color café oscuro por encima, en la parte inferior es de color amarillo (Figura 3) (Hilty et al., 2001). En algunos individuos se muestran unas barras alarales de color canela opaco, además

de un parche en las mejillas, por lo general en los juveniles se evidencia que tienen una mandíbula inferior amarilla; su alimentación se basa en insectos pequeños los cuales son capturados mientras se encuentra posado en los juncos (SIB, s. f.-a).



Figura 3. *Pseudocolopteryx acutipennis*. **Fuente:** (Arango, 2018)

El doradito oliváceo se distribuye a lo largo de los Andes desde Colombia hasta el noroccidente de Argentina y en algunas tierras bajas al oriente de los Andes en Perú y Bolivia. En Colombia se encuentra desde el extremo de la cordillera central, específicamente por Medellín, Quindío, Cauca y Popayán; en la sabana de Bogotá puede llegar a encontrarse en humedales con en la Conejera, la Florida y Jaboque, por lo general se encuentra entre los 1500 msnm y 1900 msnm (SIB, s. f.). Generalmente esta especie se asocia los ecosistemas acuáticos y que tengan presencia de juncos o enea, es poco frecuente donde la vegetación se encuentra alejada del agua, de esta forma es posible observarlo solitario mientras se desplaza por los juncos (Renjifo et al., 2017).

Según el libro rojo de las aves, gracias a la asociación Bogotana de Ornitología dentro de un estudio se realizó un registro de volantones dentro del Humedal Jaboque, “Podría indicar que la época reproductiva de la especie difiere de las poblaciones de Argentina, para las cuales la época reproductiva inicia en diciembre” (Renjifo et al., 2017). En el parque la Florida se observaron individuos con comportamiento tipo Lek, que son áreas determinadas en donde los machos se juntan para exhibirse y atraer a las hembras durante el apareamiento lo cual indicaría la presencia de hembras y posibles apareamientos (Kirkpatrick & Ryan, 1991).

Para la especie, la última década del siglo pasado se registró la especie en la sabana de Bogotá, entre 1996 y 2000 se registró una pareja en el humedal de la Conejera, Durante el 2015 se observaron tres individuos y recientemente se observó un individuo en el humedal La Florida en una franja pequeña de Juncos (Renjifo et al., 2017). Sin embargo, la especie no se registró nuevamente lo que da indicio a su nivel de amenaza, dado a las problemáticas que se dan alrededor de los humedales.

En Colombia, el Doradito Oliváceo se encuentra es estado de Peligro Crítico (CR) y en Preocupación menor (LC) a nivel global; a nivel local esta especie y su hábitat han sido sometidas a presiones antrópicas los cuales afectan a la población de la misma, las actividades de recreación activa, viveros y fábricas han afectado gravemente la avifauna debido al impacto en el ecosistema, esto con la reducción del Junco y de la vegetación que favorece la presencia de la especie (Renjifo et al., 2017).

10.4 Herramienta didáctica

Para abordar el concepto de herramienta didáctica es necesario aproximarse a la teoría del aprendizaje significativo por David Ausubel, en donde se plantea la dependencia del aprendizaje del alumno con la estructura cognitiva, es decir, a los conceptos, ideas previas que se poseen de un campo específico; en otras palabras, los contenidos deben ser interiorizados y no memorizados, relacionándolos con un aspecto existente en la vida del alumno, ya sea con una imagen, color o experiencia de vida. Asimismo, el aprendizaje significativo es relevante cuando hay la interacción de los conocimientos dentro de la estructura cognitiva y la información nueva, para llegar a el aprendizaje significativo es importante que el material de estudio sea potencialmente significativo, de igual forma es fundamental tener disposición para el aprendizaje significativo, tanto por el estudiante como por el docente (Ausubel, 2002).

Dentro de la línea del aprendizaje significativo, es importante conocer los métodos para alcanzar este tipo de aprendizaje. Uno de ellos es a través del uso de material didáctico. Aunque la diversidad de elementos didácticos a disposición del docente es amplia, tiende a ser limitada. Sin embargo, el uso de materiales didácticos en la enseñanza proporciona un aprendizaje exitoso en el estudiante,

ya que permite profundizar en los conceptos enseñados. Además, el material didáctico potencia la enseñanza, ya que el proceso es práctico y lúdico, utilizando elementos del entorno y la experiencia de cada individuo. Especialmente, la experiencia del docente es fundamental, ya que permite adaptar los contenidos de las áreas a los procesos del entorno y al contexto educativo, teniendo en cuenta la población a la cual se dirige el material educativo (Orozco & Henao, 2013)

Por otra parte, hablamos de los recursos didácticos, el cuál es entendido como la agrupación de materiales que de una u otra forma facilitan lo procesos de enseñanza- aprendizaje; como se mencionaba anteriormente, estos materiales deben depender del contexto del grupo en el cual se va a implementar ya que se considera alguna limitación física y los recursos con los que se cuenta, tanto físico como virtuales. La funcionalidad del recurso didáctico parte principalmente de la proporción de la información, guía el proceso de enseñanza-aprendizaje y facilita la comunicación entre docente y estudiante; dentro de la rama de recursos educativos se aborda los recursos educativos informativos, los cuales son diseñados para interactuar con el individuo (Rangel-Salazar et al., 2013)

En suma, de los recursos educativos informativos se aborda el StoryMap. ArcGIS StoryMaps es una aplicación la cual se basa en la creación de historias en donde se comparten mapas e imágenes junto a un contenido audiovisual, presenta diferentes modalidades de creación de historias lo cual lo hace una plataforma muy intuitiva. El uso de los Storymaps se ha visto fuertemente dentro de los últimos años en la educación, se ha considerado como una experiencia de aprendizaje con retos técnicos para los estudiantes; los Storymaps presentan ventajas y desventajas, sin embargo, su fuerte es la capacidad interactiva que presenta, además de que su uso es desde una página web, y no hay necesidad de descargar un software, esto conlleva a una desventaja la cual es su dependencia a la conexión a una red de internet, pero esto no limita su potencial como recurso educativo (Cope et al., 2018)

10.5 Distribución espacial

Los sistemas de información geográfica permite analizar e interpretar información de una superficie terrestre, específicamente dentro del uso de datos cartográficos, trabajando estos datos mediante coordenadas geográficas; estos sistemas de información geográfica esta direccionados como un software y hardware los cuales permiten el estudio de la misma, específicamente los sistemas de información geográfica podrían definirse como un grupo que integra información geográfica, las personas y la tecnología en donde tiene funciones principales las cuales son la captura de datos, análisis, almacenamiento, proceso y representación de los mismos (Olaya, 2014). En la actualidad los sistemas de información geográfica son fundamentales para el campo de la geografía y de ciencias las cuáles se encargan del manejo territorial, el éxito de esta rama ha sido la evolución de la tecnología y de los mismos implementos de la misma (Software y hardware) lo cual ha permitido que su aplicación se expanda a campos de las ciencias biológicas, sociales y hasta de educación (Lara, s. f.).

Como se puede observar en la figura 4, uno de los componentes principales dentro de los sistemas de información geográfica son los datos, puesto que realmente lo que le da el sentido a esta información son los datos y toda su importancia radica en propiedades y el proceso que se genere con los datos es necesario conocer las características de los datos geográficos, en cuanto a su forma y sus propiedades (Olaya, 2014). Dentro de los tipos de datos podemos encontrar ráster o vector, el formato o tipo de dato ráster podría definirse como un conjunto de celdas (pixeles) la cual se identifica con un número que termina representando un objeto o un valor, en el formato vectorial o tipo de dato vector son representados por puntos, líneas o polígonos (Sarría, s. f.).

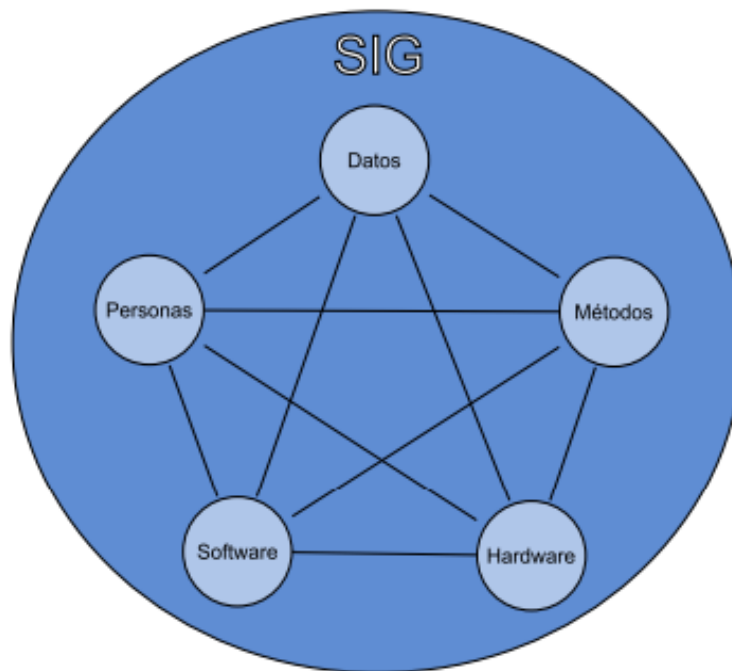


Figura 4. Componentes de un sistema de información geográfica. Fuente: (Olaya, 2014)

El análisis de estos tipos de datos vector o ráster ha permitido que los sistemas de información geográfica sean implementados en diferentes áreas, es por ello que los procesos de análisis pueden ser muy sencillos o por el contrario extremadamente complejos (Olaya, 2014). Dentro de este campo es utilizado el término de análisis espacial, por lo cual es necesario el uso de programas estadísticos dentro de los sistemas de información geográfica; asimismo, desde estos análisis de información se puede obtener nuevas fuentes de datos e información de capas, por lo cual permite la innovación en técnicas de modelización geográfica, esta versatilidad ha permitido el aumento de interés de esta área dentro de otras disciplinas, un ejemplo puede ser desde la biología, puesto que es una de las herramientas más funcionales dentro del análisis de biodiversidad y conservación (Sarría, s. f.)

Las herramientas generadas a partir de los análisis gracias a la información geográfica, se encuentra los modelos de distribución de especies, considerados como representaciones de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie las cuales están relacionadas a las variables bioclimáticas utilizadas para generar la representación de la distribución; la idoneidad es

la relación matemática entre la distribución conocida de la especie a trabajar y una serie de variables independientes los cuales son usados como indicadores (Mateo et al., 2012).

Es importante tener en cuenta dentro de los modelos de distribución que este modelo sobreestima el área de la distribución, por ello es fundamental que este concepto está ligado a un modelo estadístico que permite relacionar datos y variables para generar ellos análisis de idoneidad, siendo así, se utiliza el software MAXENT. El software Maxent es un programa libre utilizado para modelar las distribuciones de las especies, recopilando los registros de ocurrencia de las especies, estimando la relación entre los registros de las especies y las características ambientales, se debe tener en cuenta que el programa es imparcial por lo cual es importante recopilar la suficiente información de los registros de presencia (Elith et al., 2011). Maxent hace la comparación de presencia de la especie con pseudoausencias, es decir posibles ausencias que son necesarias para predecir la probabilidad de presencia de la especie; de igual forma, Maxent relaciona las condiciones ambientales, siendo así las variables bioclimáticas, por lo tan se correlaciona los datos de presencia con las variables bioclimáticas (Merow et al., 2013)

Por último, es importante resaltar las variables bioclimáticas las cuales se derivan de promedios de valores mensuales de temperatura y precipitación, estas variables representan tendencias anuales, estacionalidad y factores ambientales llevados al extremo (Fick, SE y RJ Hijmans, 2017). Estas variables las podemos ver relacionadas en la Tabla 1.

Variable	Descripción	Unidades
Bio 1	Temperatura Media Anual	°C
Bio 2	Intervalo medio diurno (media mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))	°C
Bio 3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) ($\times 100$)	Adimensionales
Bio 4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar $\times 100$)	°C
Bio 5	Temperatura máxima del mes más cálido	°C
Bio 6	Temperatura mínima del mes más frío	°C
Bio 7	Rango Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)	°C
Bio 8	Temperatura media del trimestre más húmedo	°C
Bio 9	Temperatura Media del Cuarto Más Seco	°C
Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido	°C
Bio 11	Temperatura media del trimestre más frío	°C

Bio 12	Precipitación Anual	mm
Bio 13	Precipitación del mes más lluvioso	mm
Bio 14	Precipitación del mes más seco	mm
Bio 15	Estacionalidad de la Precipitación (Coeficiente de Variación)	CV
Bio 16	Precipitación del trimestre más húmedo	mm
Bio 17	Precipitación del Trimestre Más Seco	mm
Bio 18	Precipitación del trimestre más cálido	mm
Bio 19	Precipitación del trimestre más frío	mm

Tabla 1. Variables bioclimáticas. **Fuente:** (López-Rocha et al., 2018)

11 Metodología

La investigación se orienta por un paradigma interpretativo, según Cohen y Manion, (1990) este paradigma profundiza en el comportamiento de los otros actuando consecuentemente desde una perspectiva holística; define al sujeto como un individuo comunicativo que comparte significado y se establece una de comunicación bidireccional. También los individuos construyen la acción interpretativa y valoran la realidad de sus conjuntos de modo analítico y descriptivo. Se toma este paradigma para la investigación ya que sus características van de acuerdo con los objetivos propuestos. Una característica de las más importantes es que construye una reflexión a través de la praxis; esto es fundamental que con el reconocimiento de la avifauna se quiere llegar a la reflexión ambiental y con ello su conservación desde la propuesta de herramientas didácticas lo cual es importante ya que en este paradigma se apuesta a la pluralidad de métodos y utilización de estrategias de investigación (Cohen et al., 1990)

La actual investigación tiene un enfoque mixto, en donde se realiza uso de las técnicas de los enfoques cualitativos y el enfoque cuantitativo, es importante porque se abstrae las fortalezas de ambos enfoques para contribuir a el trabajo de análisis completo dentro de un trabajo; la investigación con enfoque mixto tiene herramientas de recolección, análisis e interpretación de datos ya sea cualitativos y cuantitativos que permita dar respuesta a lo puesto en investigación, específicamente busca responder a problemas de investigación en un diseño concurrente secuencial o de integración de objetivo. Finalmente, dentro de la validez de las investigaciones con enfoque mixto se plantea de forma individual, es decir, se valida el enfoque cualitativo y cuantitativo por separado; dentro de los elementos de validez se resalta el rigor interpretativo, calidad del diseño y legitimidad (Otero-Ortega, 2018)

Dentro de la bibliografía consultada se resaltan un mínimo de pasos a seguir para el desarrollo de los modelos de distribución potencial actual y futura, los cuales podrían organizarse en el siguiente esquema resaltando los datos y procesos que deben usarse para la construcción de los mismos.

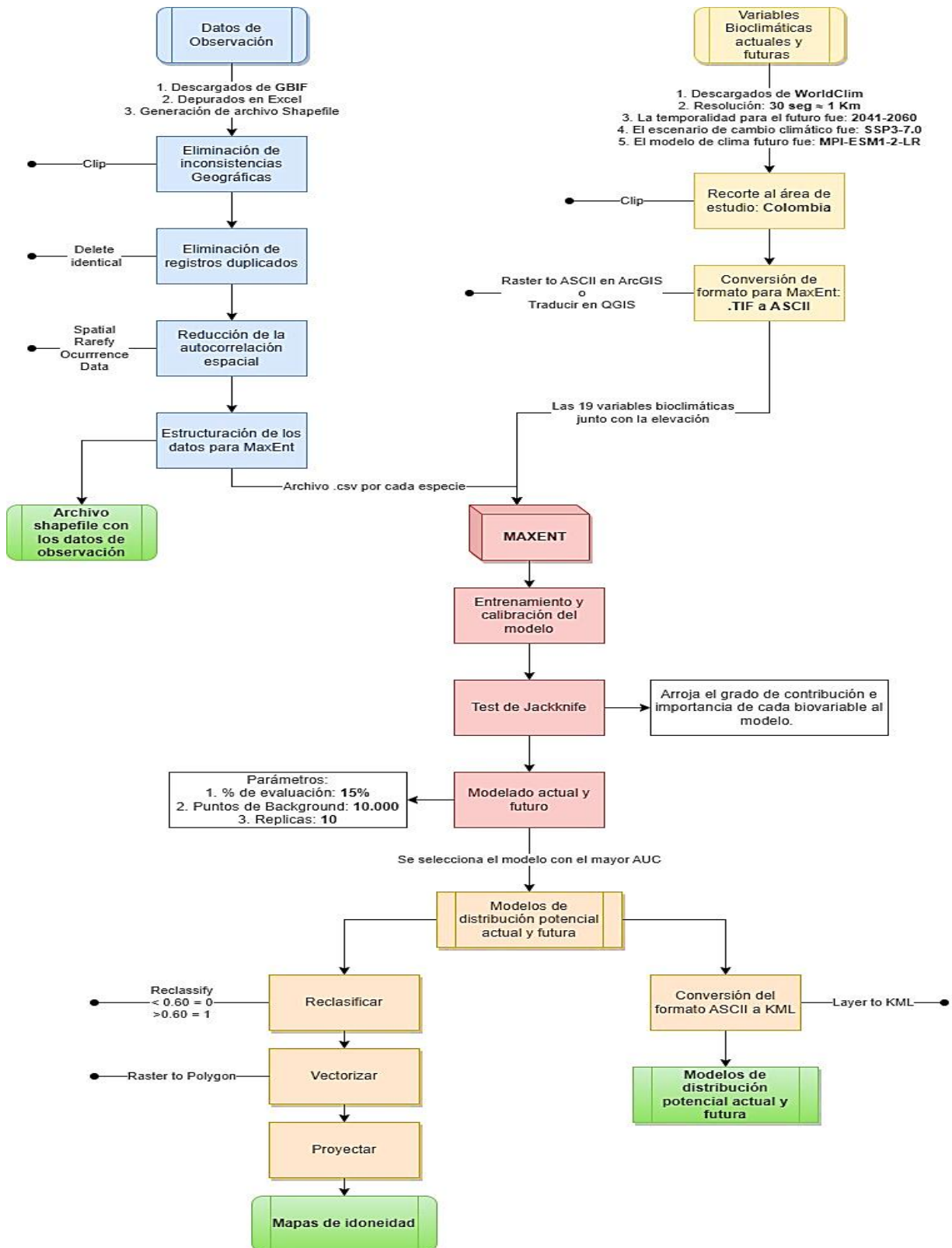


Figura 5. Flujo de trabajo para la elaboración de un modelo de distribución. **Fuente:** Elaboración propia.

En adelante se especificarán y se detallarán los procesos presentados en el la figura 5.

11.1 Datos de ocurrencia de las especies

Los datos de observación y ocurrencia de las especies *Cistothorus apolinari* y *Pseudocolopteryx acutipennis* fueron descargados de la base de datos del Global Biodiversity Information Facility (en adelante GBIF), que recopila datos provenientes del monitoreo participativo de aves en la laguna de Fúquene, eBird y Xeno-canto. Estas fuentes son las que más contribuyen a los datos de avistamiento.

Para la especie *Cistothorus apolinari*, se recopilaron datos desde 1917 hasta 2023, con un total de 4200 datos filtrados por ubicación, específicamente en Colombia y con coordenadas precisas; para el *Pseudocolopteryx acutipennis* se recopilaron datos desde 1919 hasta 2023 con un total de 722 con datos que contarán con coordenadas y se ubicarán dentro de los límites de Colombia. Los datos son descargados de la plataforma GBIF, la cual recopila información de organizaciones como monitoreo participativo de aves de la laguna de Fúquene, aves de la expedición en Lago de Tota, Boyacá y el censo libre de Aves en el parque Nacional Natural Pisba para el 2008, entre otras organizaciones y proyectos que contribuyen a la recopilación de los datos de ocurrencia de la especie.

Para los datos de ocurrencia de las especies se realiza un preprocesamiento y depuración con el fin de verificar la veracidad y calidad de la información y ser usada en la elaboración del modelo de distribución. Inicialmente se realiza una eliminación de las inconsistencias geográficas, es decir, puntos de ocurrencia que no se encuentren dentro de los límites de Colombia, seguido de una eliminación de los registros que se encuentran duplicados, y se finaliza con la reducción de la autocorrelación espacial, estos procesos se realizan con programas de Software, como ArcGIS. Es importante resaltar que la validación de los registros es un proceso netamente geográfico y no se realiza un trabajo de avistamiento en campo ni de curaduría de validación taxonómica

11.2 Variables bioclimáticas

Las variables bioclimáticas son descargadas de la plataforma Wordclimb, en donde se compilan un total de 19 variables bioclimáticas con un promedio de los años de 1970 -2000 con una resolución espacial de 30 segundos lo cual significa aproximadamente 1 kilómetro cuadrado, además de las variables bioclimáticas, se usa la elevación lo cual es indispensable para la distribución de las especies trabajadas en la investigación.

Para los modelos de distribución futura, de igual forma se descargan las variables de la plataforma de Worldclimb, en el cual se encuentra modelos de proyección del cambio climático, con promedios anuales para periodos de 20 años (2012-2040, 2040-2060, 2061-2080, 2081-2100), el promedio anual escogido para los modelos de predicción futura se utilizaron de 2040 a 2060, integrados en el proyecto CMIP6, El objetivo de este proyecto en general es comprender el comportamiento del clima pasado presente y futuro, debido a su éxito actualmente se encuentra en su sexta fase el cual cuenta con escenarios de cambio climático denominados Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) las cuales son proyecciones de cambio climático el cual se basa en vías socioeconómicas compartidas relacionadas a los datos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (harrison, 2019). Para la actual investigación se determinó trabajar con los datos del escenario SSP3-7.0, el cual es un escenario que se encuentra en el medio de los resultados y de los escenario pesimistas y optimistas (harrison, 2019).

Para el uso de los datos y la generación del modelo en el Software MaxEnt, es necesario procesar la información descargada de la plataforma de WorldClimb. Los datos descargados vienen en formato ráster (TIF) y con una escala global, por ello se realiza un recorte en el área de estudio (Colombia) con la herramienta del Software SIG. Asimismo, el formato a usar es ASCII, por lo cual es necesario convertir de formato Raster a formato ASCII con el mismo Software SIG, este proceso se realiza tanto con las variables bioclimáticas actuales y futuras, con lo cual permite iniciar el proceso de elaboración de los modelos de distribución de las especies.

11.3 Elaboración de los modelos de distribución con MaxEnt

Se realiza la elección del algoritmo de Máxima Entropía, puesto a que la bibliografía consultada hace alusión a la calidad de los modelos y de los resultados que este proporciona. Posteriormente se realizó el procesamiento de los datos de la ocurrencia de las especies y las variables bioclimáticas tanto actuales como futuras; con ello, se ejecuta un primer modelo para cada especie, allí se utilizan las 19 variables bioclimáticas y la elevación, esto con el fin de realizar el análisis de Jackknife y poder determinar el aporte de las variables bioclimáticas dentro del modelado de cada especie. Para garantizar la calidad y la precisión del modelo de distribución, se realizan 10 repeticiones del modelado para cada una de las especies. Con los resultados arrojados por MaxEnt se tiene en cuenta el modelado de mayor AUC (Area Under of Curve, determinado como el área bajo la curva y entendido como un indicativo estadístico que varía entre 0 y 1 que permite medir el acierto de una predicción) con el fin de escoger el modelo mejor calibrado, se obtiene que para el Cucarachero de Pantano antes del test de Jackknife, que el modelo 0 tuvo un valor de AUC igual a 0,989 y para el Doradito Oliváceo el modelo de mayor AUC fue el modelo 4 con un valor de 0.989

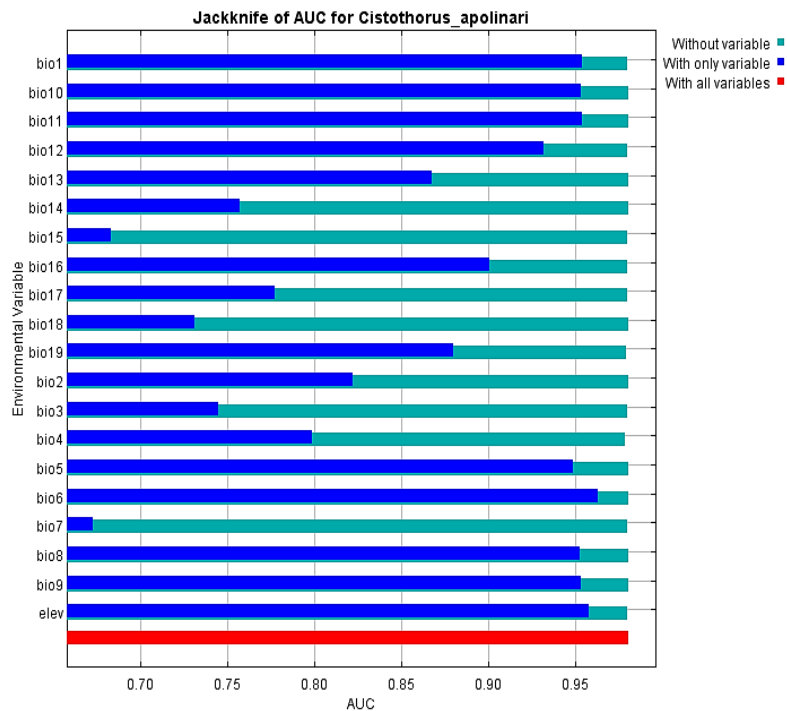


Figura 6. Test de Jackknife para el AUC del *Cistothorus_apolinari* (Cucarachero de Pantano) arrojado por Maxent. **Fuente:** Elaboración propia.

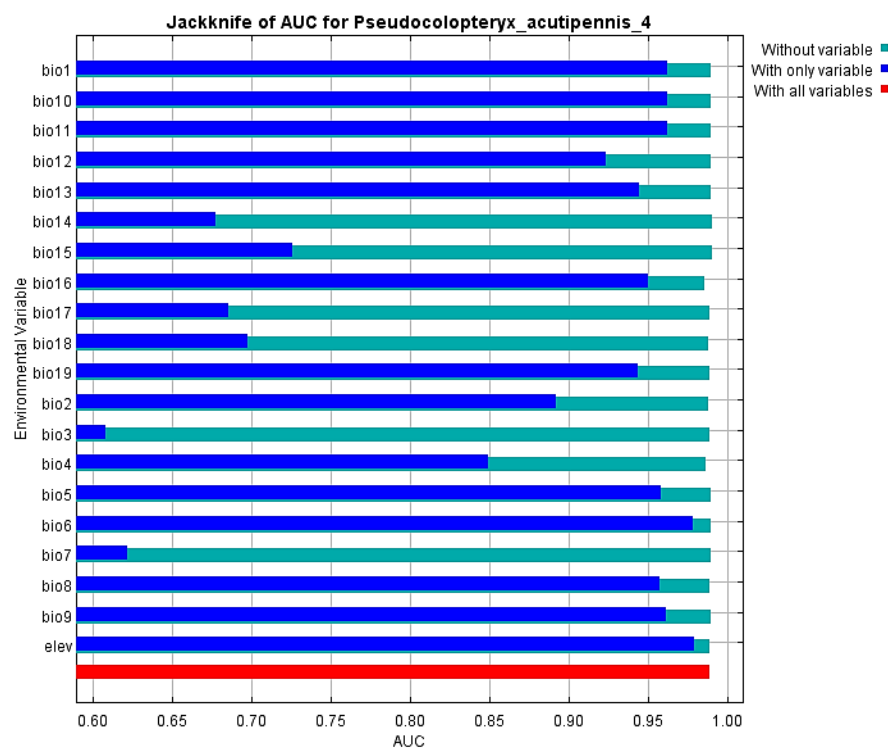


Figura 7. Test de Jackknife para el AUC del *Pseudocolopteryx acutipennis* (Doradito Oliváceo) arrojado por Maxent. **Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados del test de Jackknife permiten determinar la autocorrelación que pueden tener las variables entre sí, además de determinar que tanto aporta una variable al modelo o no, es por ello que se la validación del modelo se toma con valores entre el 0.5 al 1, ahora bien, para el presente estudio se estableció tomar valores superiores al 0.8 ya que ello significaba decantar en variables que aportarán significativamente al modelo. Si una variable no cumple con esos parámetros se descarta puesto que su utilización en el modelo lo que genera ruido y realmente no aporta nada al modelo y no permite calibrarlo.

Como se evidencia en las Figuras 6 y 7, las variables: Bio3, Bio 7, Bio 14, Bio 15, Bio 17 y Bio 18 no aportan más del 80% en la construcción del modelo, por tanto, para ambas especies dichas variables fueron descartadas. Tras determinar las variables las cuales no aportan en un gran porcentaje a la construcción del modelo, se ejecuta nuevamente el proceso de elaboración, para lo cual se omite las variables bioclimáticas descartadas; este proceso se realiza con cada una de las especies.

De los modelos resultantes se escogió nuevamente aquellos con mayor AUC siendo así que para el cucarachero de pantano, se trabajó tanto en el modelo actual como futuro, el modelo 6 con un AUC igual a 0.987; y para el Doradito Oliváceo se utilizó el modelo 2 para la distribución actual con un AUC igual a 0.9779 y el modelo 6 para la distribución futura con un AUC igual a 0.974.

Finalmente, se reclasifican los mapas de distribución actual y futura para la obtención de los mapas de idoneidad, en donde los valores establecidos para la probabilidad de ocurrencia de la especie son: Aquellos valores entre 0 y 0,6 se toman como valores de ausencia y tendrán un valor de 0; aquellos valores entre 0,6 y 1 se toman como valores de presencia y tendrán un valor de 1, posteriormente se vectorizan las capas y se proyectan al sistema de coordenadas planas único para Colombia, llamado CTM12, con el fin de determinar las áreas de estabilidad, pérdida y ganancia de territorio de la especie.

11.4 Construcción del Story Map

Para la construcción del Story Map es necesario subir los mapas generados a ArcGIS Online, en donde se deben convertir para que el formato sea compatible con la plataforma de ArcGIS Online. Ya estando dentro de ArcGIS Online, nos dirigimos al módulo de creación de aplicaciones y se selecciona ArcGIS StoryMaps, en la nueva ventana que se selecciona la opción de “Nueva Historia” y aunque se muestran opciones con plantillas ya creadas, se opta por la creación desde cero.

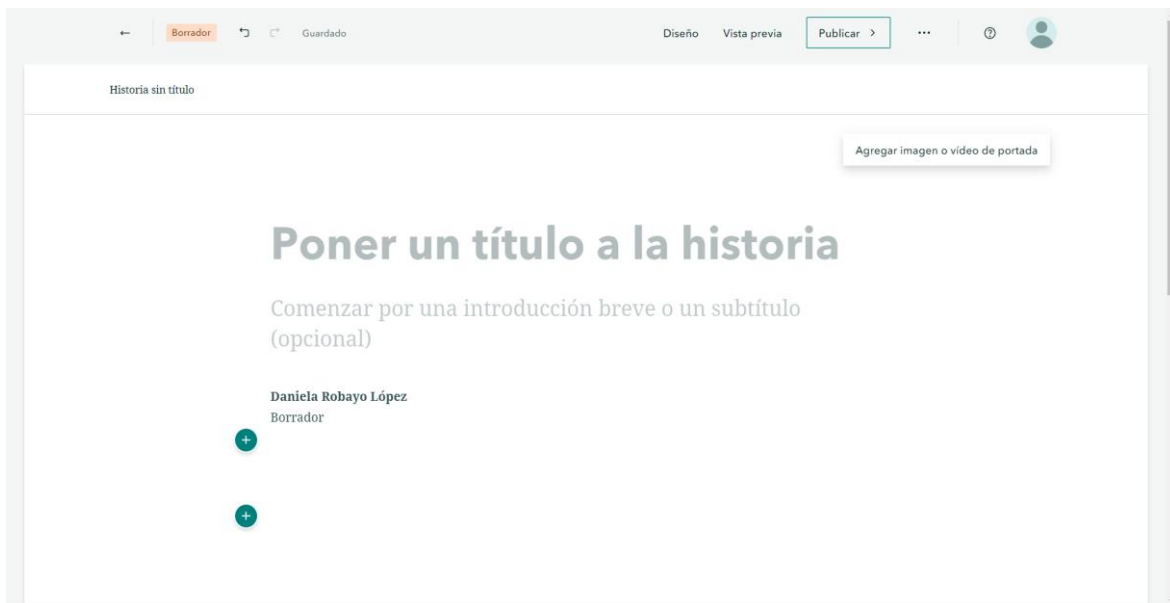


Figura 8. Panel inicial para la creación de un StoryMap. **Fuente:** Elaboración propia.

La funcionalidad base de la herramienta para la creación de los StoryMap radica en agregar diferentes elementos a la página principal, que pueden ser de tipo básico (texto, botones, separadores o código), multimedia (mapas, imágenes, galería de imágenes, videos tanto propios como de la web, audios, elementos web, swipes y líneas temporales) e inmersivas (presentaciones con diapositivas, sidecar o map tours).

Se consideró dividir el StoryMap en tres secciones: Variables bioclimáticas, Cucarachero de Pantano y Doradito Oliváceo, con el fin de que permita extender la explicación del concepto de variables bioclimáticas, así como las utilizadas específicamente para los modelamientos de una

manera más detallada; para las secciones del Cucarachero de Pantano y Doradito Oliváceo, se buscó utilizar distintos elementos, como los ya mencionados, que permitiera divulgar los resultados de esta investigación (datos de observación, modelos de distribución actual y futura, áreas de idoneidad, y áreas de estabilidad, perdida y ganancia).

Los textos e información utilizada es fruto de las consultas realizadas dentro del marco teórico, los cuáles fueron modificados de tal forma que sean intuitivos y llamativos para el lector, partiendo desde que el lector se sienta atraído e inmerso dentro de la visualización del StoryMap, pues que se debe tener en cuenta que tiene una orientación pedagógica y de diferentes poblaciones. De esta forma, las imágenes y videos fueron escogidos con la finalidad de ilustrar y acompañar el texto y lo narrado, de tal forma que permita abstraer la información de los textos; asimismo, los audios, sobre todo de los cantos de las especies, tienen la idea de reconocer y diferenciarlas.

12 Discusión de resultados

12.1 Distribución actual y futura del *Cistothorus apolinari* (Cucarachero de Pantano)

Tras la depuración y preprocesamiento de los datos se obtiene para el *Cistothorus apolinari* un total de 200 datos válidos que se pueden observar en la Figura 15, con este proceso es posible el uso de los datos dentro de MaxEnt.

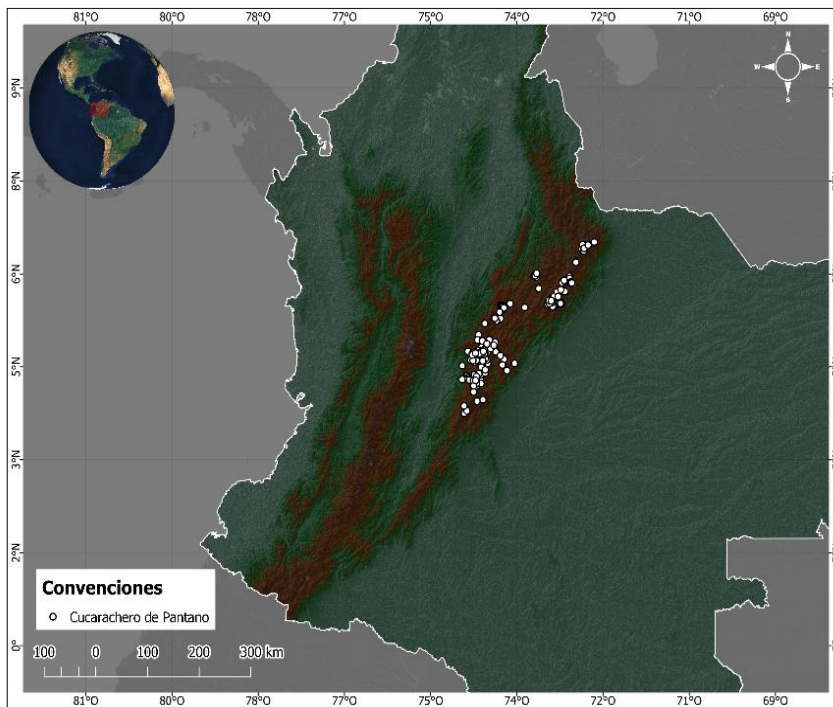


Figura 9 Puntos de ocurrencia de *Cistothorus apolinari*. **Fuente:** Elaboración propia

En las observaciones de los puntos de ocurrencia se evidencia que sus registros de avistamiento se encuentran sobre todo en la región cundiboyacense y en Bogotá, lo cual indicaría que esta ave ha sido muy territorial dentro de los últimos años y los puntos son focalizados en la cordillera oriental hacia los departamentos de Santander, Norte de Santander, Boyacá y Cundinamarca. Con respecto a los modelos de distribución potencial actual y futura del Cucarachero de Pantano (Figura 10), se puede evidenciar que la especie mantiene su distribución en la cordillera oriental; Sin

embargo, en Cundinamarca dentro de la zona de Bogotá y los municipios de Madrid, Chía, Soacha y Usme (Sumapaz) se evidencia que en la actualidad la probabilidad de distribución está por un 80%, tras el escenario de cambio climático la distribución en estas zonas se puede encontrar sobre un 50% de probabilidad de ocurrencia de la especie.

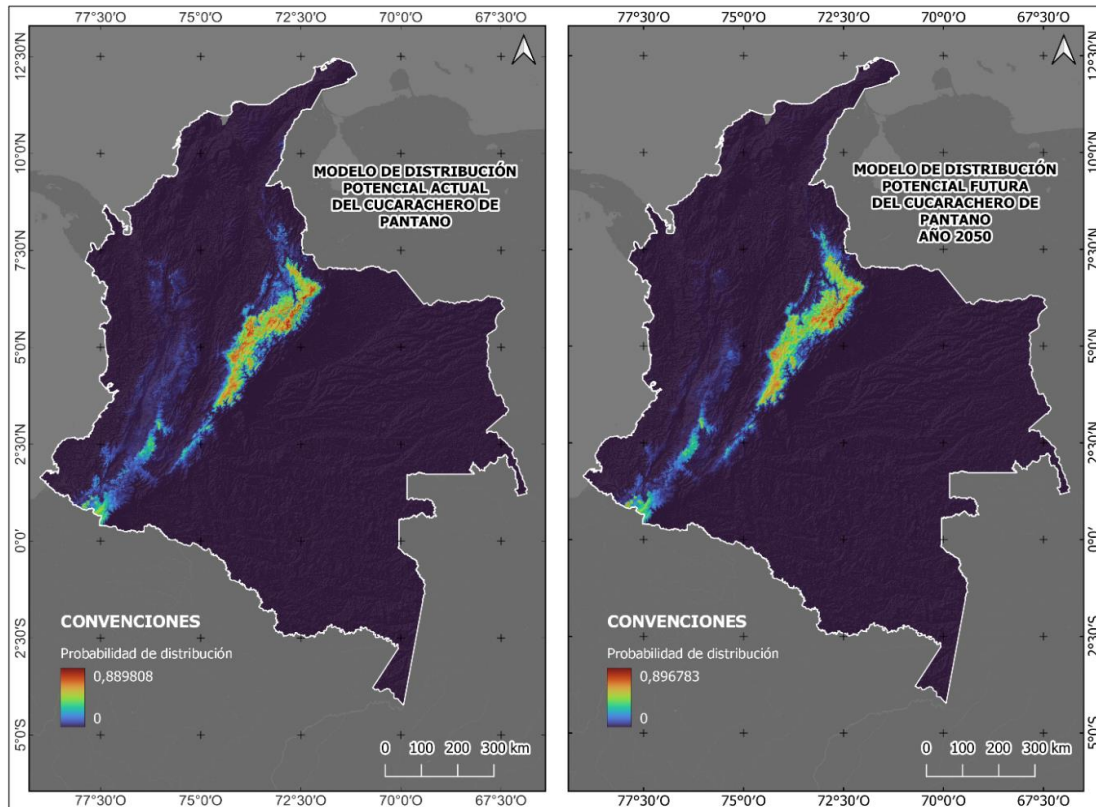


Figura 10. Mapas de distribución potencial actual y potencial futura (Bajo el escenario SSP3-7.0 para el año 2050) del *Cistothorus apolinari* (Cucarachero de Pantano). **Fuente:** Elaboración propia.

Dentro de los análisis, se resalta la zona de la laguna de Fúquene la cual es de gran importancia puesto que gran parte de los avistamientos a lo largo de la historia y en la actualidad se han registrado allí, y dentro de la comparación con la distribución futura se evidencia una gran disminución en la probabilidad de ocurrencia del Cucarachero de Pantano. A diferencia de la distribución futura en donde se ve reflejado que la especie tiende a desplazarse hacia la zona nororiental de Boyacá, focalizándose hacia la cobertura de páramo de Sogamoso y Duitama; de igual forma, se observa una distribución hacia la zona norte de Bucaramanga y Santander.

Si bien es cierto que el mapa de distribución muestra las áreas potenciales para el hábitat del Cucarachero de Pantano, se debe considerar el espacio que es idóneo para la distribución de la especie, en donde se evidencia fuertemente que el área idónea de su distribución son ecosistemas de páramos, hacia el páramo de Sumapaz, lagunas como Fúquene, Tota, Guatavita y por la región de Boyacá. Esto permite analizar que la especie es dependiente de la elevación y de la temperatura, puesto que las zonas que son resaltadas dentro del mapa de idoneidad (Figura 11) son áreas donde su altitud varía entre los 2,420m a 2,625m afirmando los postulados de la teoría consultada, desde la CAR (Corporación Autónoma Regional); asimismo, y relacionado con el comportamiento y distribución de la especie, se observa su foco cerca a lagunas y humedales, es importante tenerlo en cuenta para determinar qué es un ave semiacuática. Finalmente, dentro del análisis del mapa de idoneidad actual se ratifica que la especie es endémica de la cordillera oriental, puesto que no se evidencia otra área idónea para su distribución, de acuerdo a las características ambientales que tiene esta área.

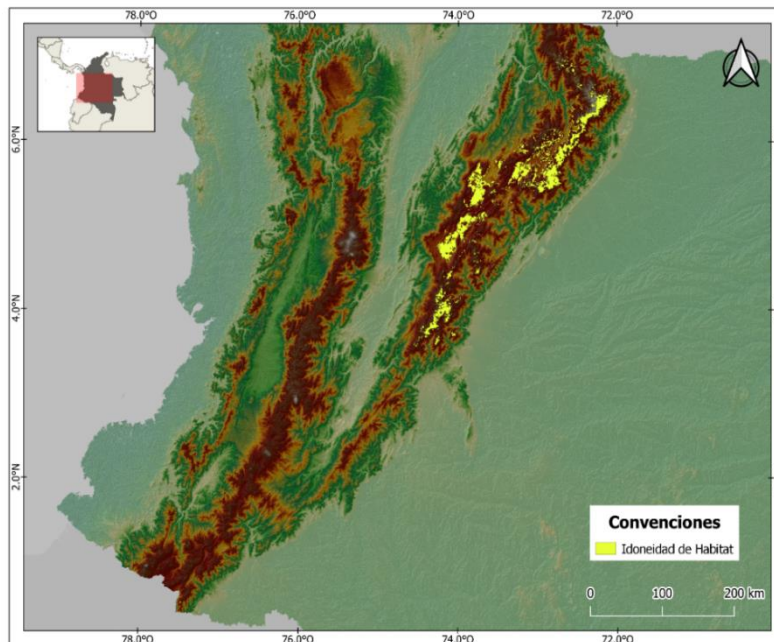


Figura 11 Mapa de área de idoneidad de hábitat actual para el *Cistothorus apolinari* (Cucarachero de Pantano). **Fuente:** Elaboración propia.

Dentro de las áreas idóneas en la distribución futura, se evidencia un gran cambio en los resultados, se observa una pérdida considerable en su distribución idónea especialmente en la

región de Cundinamarca (Figura 12), lo cual es importante a resaltar y considerar teniendo en cuenta que el escenario de cambio climático SSP3-7.0 determina el impacto del cambio climático, manteniendo las dinámicas sociales de la actualidad; teniendo en cuenta este escenario, es necesario realizar una revisión frente a la pérdida áreas idóneas, debido a que una de las grandes amenazas de la especie es la disminución del hábitat, en el caso de Bogotá la pérdida del ecosistema del humedal, esto a causa de la contaminación, rellenos y construcciones que realizan allí, y puede verse reflejado a el año 2050 a la cual está la proyección, que posiblemente estos ecosistemas están invadidos por construcciones urbanas o contaminación, perdiendo la naturalidad del mismo y con ello las especies que habitan allí.

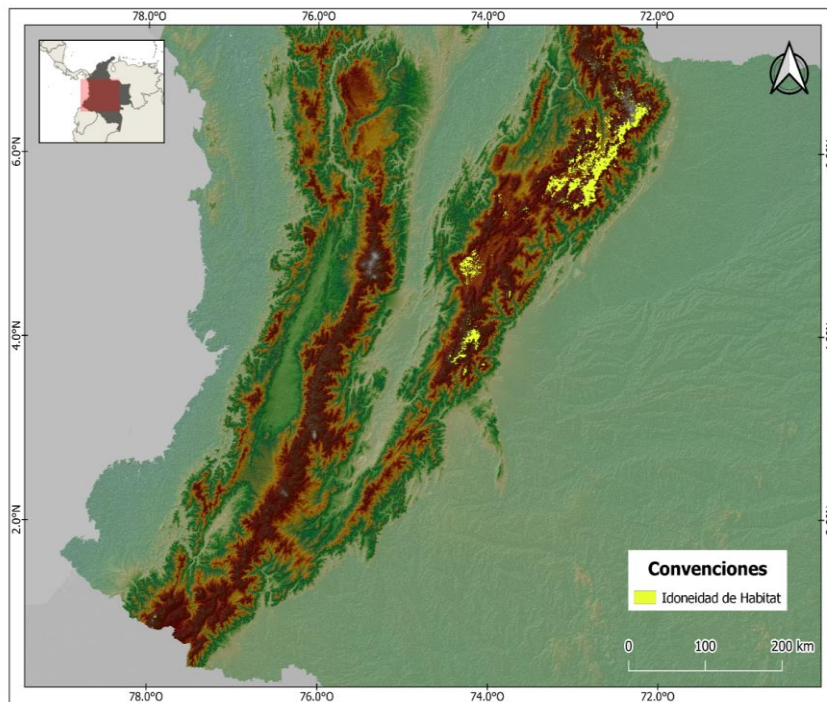


Figura 12. Mapa de áreas de idoneidad de hábitat futura para el *Cistothorus apolinari* (Cucarachero de pantano). **Fuente:** Elaboración propia.

En otra perspectiva, se evidencia la focalización de la especie hacia Boyacá, específicamente en el Parque Nacional del Cocuy, el cual representa el área de distribución más amplia para el 2050 con el escenario SSP3-7.0, esto potencia la idea de realizar acciones de conservación dentro de esta área, asimismo, reflexionar sobre el uso del territorio y la degradación de los ecosistemas dentro de la zona de Cundinamarca. Sin embargo, es importante mencionar que, así como la especie pierde hábitat, también gana áreas de distribución hacia la región de Boyacá.

12.2 Distribución actual y futura del *Pseudocoloptyx acutipennis* (Doradito oliváceo)

Para el Doradito Oliváceo y tras la depuración de los puntos de ocurrencia en cuanto a su autocorrelación y errores, se delimitan 78 puntos de avistamiento del Doradito oliváceo, los cuales están dispersos por Colombia en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Boyacá principalmente; desde esta dispersión de puntos se evidencia que la especie se focaliza en el centro del país, como se evidencia en la figura 13. Con estos puntos es posible la elaboración del modelo de distribución a partir de Maxent.

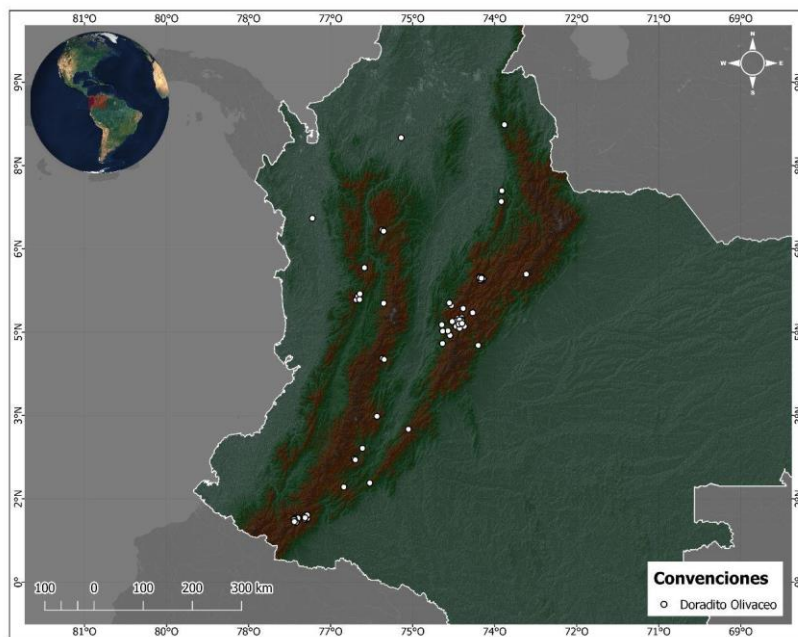


Figura 13. Puntos de ocurrencia del *Pseudocoloptyx acutipennis* (Doradito oliváceo). **Fuente:** Elaboración propia.

A partir de los puntos, se analiza que su distribución potencialmente se encuentra en la cordillera central y la cordillera central; sin embargo, se presentan puntos en donde no se evidencia un patrón específico de distribución. Para la distribución actual se analiza que hay un 90% de posibilidad de ocurrencia de la especie en el Departamento de Cundinamarca, parte de Popayán y Cauca, lo cual se relaciona y afirma las consideraciones de la distribución de la especie, en donde se menciona a Cauca, Quindío, Popayán y Medellín (SIB, s. f.). En la zona de Popayán y Cauca, se podría

delimitar la zona del Parque Nacional de Puracé el cual tiene una altura de 4646 m.s.n.m y se encuentran ecosistemas como selva húmeda, páramo y superpáramo, lo cual especifica un área idónea para la especie puesto que el Doradito Oliváceo es un ave semiacuática y estos ecosistemas propician un hábitat y nicho para la especie.

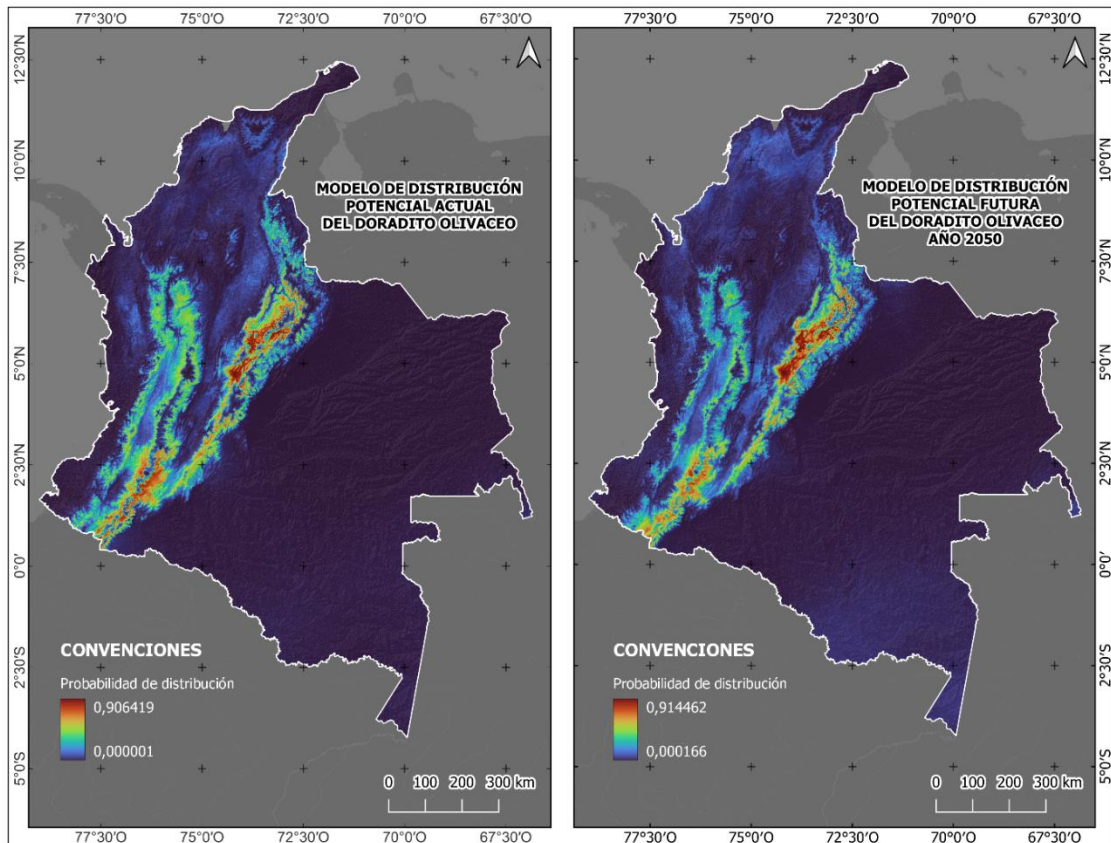


Figura 14. Mapas de distribución potencial actual y potencial futura (Bajo el escenario SSP3-7.0 para el año 2050) del *Pseudocolaptes acutipennis* (Doradito Oliváceo). **Fuente:** Elaboración propia.

Para la distribución potencial futura, enmarcado en el escenario de cambio climático se evidencia que la especie aumenta su probabilidad de distribución en las zonas de Cundinamarca y Boyacá (Figura 14), esto realizando la comparación entre la distribución actual y futura, focalizándose dentro de esta área es importante mencionar que podría ser muy susceptible a la pérdida de este hábitat dado a las circunstancias sociales y ambientales que limitan la distribución de especies, en este caso aves consideradas como semiacuáticas. Se evidencia que la especie no tiene un desplazamiento específico, asimismo, la distribución no cambió de forma drástica

cambiando así el estado de riesgo de la especie. Hacia la zona de Popayán y Cauca se identifica una baja disminución dentro del área de distribución, lo que da a considerar que esta área pierde estabilidad de ecosistema, fragmentando el hábitat del Doradito Oliváceo y perdiendo áreas de conservación.

Para determinar el área actual de la distribución potencial de la especie se emplea el mapa de áreas idóneas, en donde se puede evidenciar numéricamente cómo se relaciona la especie según el hábitat; el mapa permite evidenciar a primera vista, cuál es el área idónea de la especie, sobre un 60% de distribución de la especie, suponiendo que es mucho más amplia el área de distribución del Doradito Oliváceo que el Cucarachero de Pantano. De igual forma es evidente que la distribución de esta ave es principalmente sobre los parques nacionales de altas altitudes, por lo cual se determina el ecosistema característico de la especie y en donde se deben realizar proyectos de conservación dentro de esta zona (Figura 15).

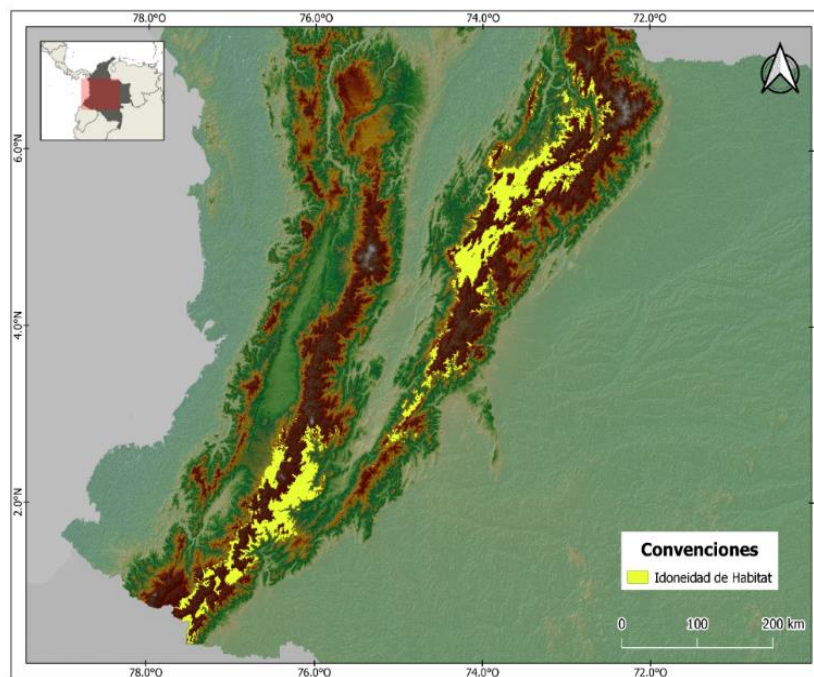


Figura 15. Mapa de idoneidad actual del Doradito Oliváceo. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la distribución futura y su área potencial de distribución, no se evidencia gran cambio en las áreas idóneas, si bien es cierto que pierde ciertas áreas no son considerables para determinar el aumento del estado de amenaza de la especie; también se evidencia que el Doradito Oliváceo dentro

de la distribución actual presentaba parches disfuncionales que no representaban un área grande de distribución, y en relación de la distribución futura se puede observar que la especie se agrupa en las áreas, y focaliza su distribución, formando parches de áreas más grandes y condensadas que representan un área considerable para su distribución y conservación. Las áreas que representan más porcentaje de distribución son Boyacá, Santander, Huila y Cauca (Figura 16).

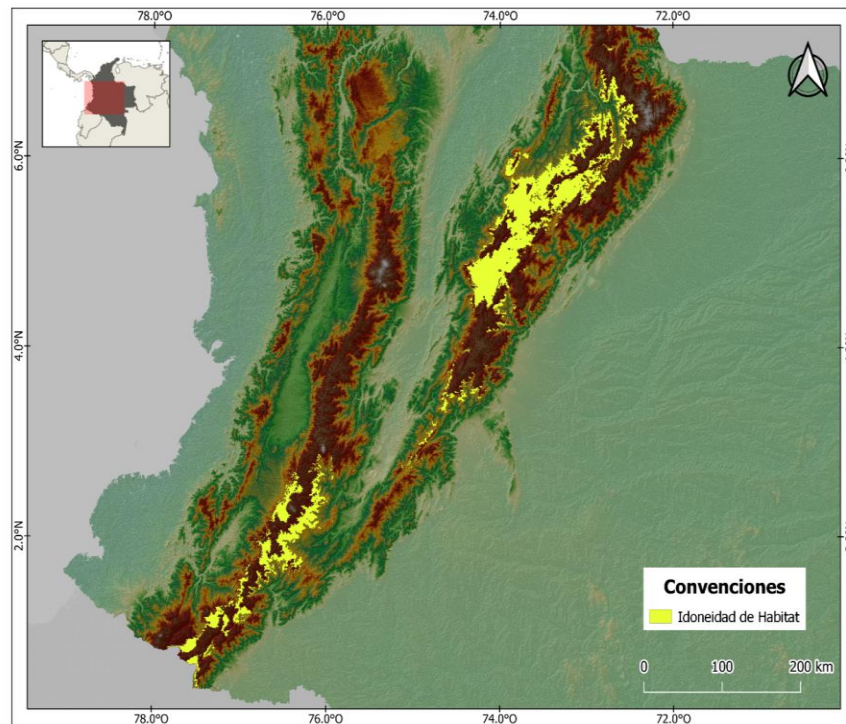


Figura 16. Mapa de idoneidad futura del Doradito Oliváceo. **Fuente:** Elaboración propia.

Relacionando la distribución actual y futura, se considera importante mencionar que para el año 2050 la pérdida de distribución y de áreas idóneas de acuerdo a el escenario SSP3-7.0, no sería masiva, sin embargo, se debe tener en cuenta que el escenario de cambio climático de una u otra forma es optimista. Por ello, potenciar la conservación y cuidado de la especie es fundamental, ya sea para que esta mantenga su distribución, o por el contrario pueda aumentar áreas idóneas y con ello la especie represente menores niveles de amenaza.

Para conocer las bases de datos en bruto puede consultar a la autora: Lic.robayodaniela@gmail.com

12.3 Áreas de distribución actual y futura para el *Cistothorus apolinari* y el *Pseudocolopteryx acutipennis*

Se logra evidenciar numéricamente cómo se relacionan las áreas de distribución actual y futura, en tamaño de hectáreas; se observa que para la distribución actual el *Pseudocolopteryx acutipennis* es mucho más amplia que el *Cistothorus apolinari*, casi triplicando su valor de distribución ya que se tiene para el *Cistothorus apolinari* (Cucarachero de pantano) un valor de 559.104,78 ha, el cual representa un valor pequeño teniendo en cuenta su endemividad, y para el *Pseudocolopteryx acutipennis* (Doradito Oliváceo) un área de 1.778.830,53 ha que si bien es cierto que su área de distribución alta aún se considera que se encuentra en peligro crítico (Renjifo et al., 2017)

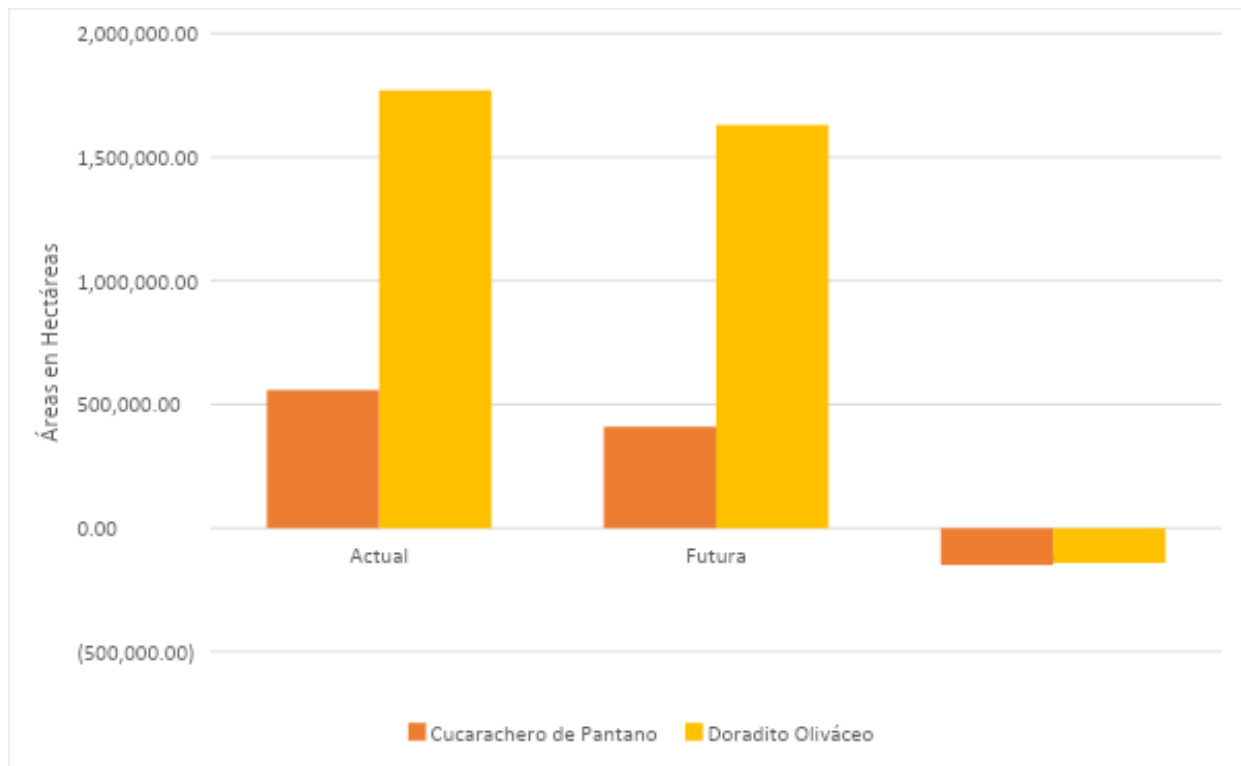


Figura 17. Gráfico de áreas de idoneidad actual y futuro, para el Cucarachero de Pantano y Doradito Oliváceo. **Fuente:** Elaboración propia.

Para el escenario futuro se evidencia que las áreas de pérdida son similares numéricamente para las especies, teniendo una diferencia de pérdida para el *Pseudocolopteryx acutipennis* de -141.714,23 ha y para el *Cistothorus apolinari* -148.557,61 ha. Se debe tener en cuenta que, si bien es cierto que las áreas de pérdida son respectivamente similares, dentro de los mapas de distribución e idoneidad se percibe una pérdida masiva para el *Cistothorus apolinari*, esto se debe a que el área de distribución actual es mucho más pequeña que para el *Pseudocolopteryx acutipennis*, considerando que la pérdida para el Cucarachero de pantano es casi de un 36% en relación a su distribución se considera que es un ave que aumenta su nivel de amenaza. La pérdida de área para el Doradito Oliváceo en nivel de porcentaje es de un 9%, considerando que su distribución actual es mucho más amplia, por ello la pérdida no representa un valor numérico alto (Figura 17). Busca otra forma de redacción para evitar repetir esta palabra tan seguido.

12.4 Análisis de los efectos del cambio climático para el *Cistothorus apolinari*

Teniendo en cuenta que para la actual investigación se aborda una proyección para el año 2050 de la distribución de la especie desde el escenario de cambio climático SSP3-7.0, se considera importante resaltar áreas de estabilidad, pérdida y ganancia de la especie, sobre todo se tiene en cuenta la influencia de las consecuencias socioambientales planteadas para el escenario, considerando los postulados del escenario y su énfasis en la tendencia de mantener las condiciones políticas y sociales actuales (harrison, 2019). Por ello, se relacionan las áreas y la relación numérica en cuanto a el abordaje de la distribución de la especie, como se puede evidenciar en la tabla 2, relacionando la información y evidenciando las dinámicas ocasionadas por el escenario de cambio climático.

Tabla 2. Relación de áreas de estabilidad, pérdida y ganancia de acuerdo con el escenario SSP3-7.0 para el *Cistothorus apolinari*. **Fuente:** Elaboración propia

ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO	ESTABILIDAD (HECTÁREAS)	GANANCIA. (HECTÁREAS)	PÉRDIDA (HECTÁREAS)
SSP3-7.0	266.578,28	143.968,88	292.526,49

De acuerdo a la información obtenida, se evidencia la posibilidad de que el Cucarachero de Pantano, tenga más pérdida de área de distribución que la misma estabilidad y ganancia. Lo cual deja un escenario pesimista para la especie, determinando que no es suficiente la ganancia de área de idoneidad en comparación a la pérdida que presentaría, lo que puede determinar el aumento del grado de amenaza en su estado silvestre. Estos resultados se pueden evidenciar en la Figura 21, en donde se resalta con un color rojo fuerte, el área de pérdida, con un tono azul el área de estabilidad y por último con verde el área de ganancia, siendo este el índice más bajo.

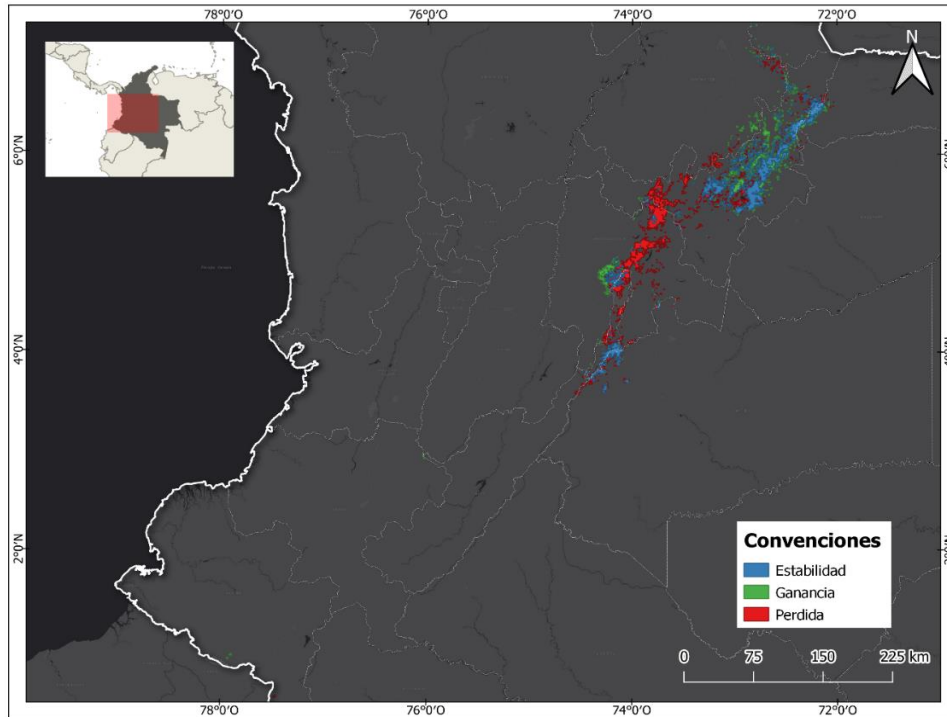


Figura 18 Mapa de estabilidad, ganancia y pérdida de hábitat del *Cistothorus apolinari* (Cucarachero de Pantano). **Fuente:** Elaboración propia.

El mapa de estabilidad, pérdida y ganancia (Figura 18), permite analizar que para el año 2050, a causa del escenario de cambio climático SSP3-7.0, podría causar una fragmentación del hábitat considerablemente grande; si bien es cierto, que podrían mantenerse áreas de estabilidad, no determinan la supervivencia de la especie puesto que determina la ruptura del nicho y con ello el corredor biológico que se puede evidenciar dentro de la distribución actual. Debido al aumento de mortalidad que podría tener la especie, es necesario generar propuestas de conservación y establecer áreas de protección para la especie y su protección.

12.5 Análisis de los efectos del cambio climático para el *Pseudocolopteryx acutipennis*

Partiendo desde el análisis del escenario de cambio climático SSP3-7.0 para la proyección del año 2050, se resalta y analiza las áreas de estabilidad, pérdida y ganancia de la especie, teniendo en cuenta las condiciones socioambientales en las cuales se presenta y se configura el escenario. Se puede relacionar estas áreas numéricamente, el cual permite relacionar a partir de los números cómo se comporta y relaciona la distribución actual y futura

ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO	ESTABILIDAD (HECTÁREAS)	GANANCIA. (HECTÁREAS)	PÉRDIDA (HECTÁREAS)
SSP3-7.0	1.181.675,06	447.441,24	589.155,47

Tabla 3. Relación de áreas de estabilidad, pérdida y ganancia de acuerdo a el escenario SSP3-7.0 para el *Pseudocolopteryx acutipennis*. **Fuente:** Elaboración propia.

Dentro de ese orden de ideas, a partir de la tabla 3 se puede analizar que el Doradito Oliváceo, tiene un área de estabilidad considerablemente grande en hectáreas, en el cuál al momento de relacionar y comparar con la pérdida es superior de estabilidad que la misma área perdida. Por otro lado, el área de ganancia se puede casi que comparar con el área perdida, y puede casi que compensar esta área dejando que la disminución de hábitat no amenace a la especie; se debe tener en cuenta, los espacios en los que se pierde el área de distribución puesto que puede establecerse o considerarse como un nicho grande para la especie y la pérdida del mismo podría acarrear consecuencias para la misma. Esto enmarcado dentro de un escenario de cambio climático en medio de todo optimista y que no representa gran peligro para la distribución de *Pseudocolopteryx acutipennis*; esta relación puede evidenciarse en el mapa de estabilidad, pérdida y ganancia (Figura 19)

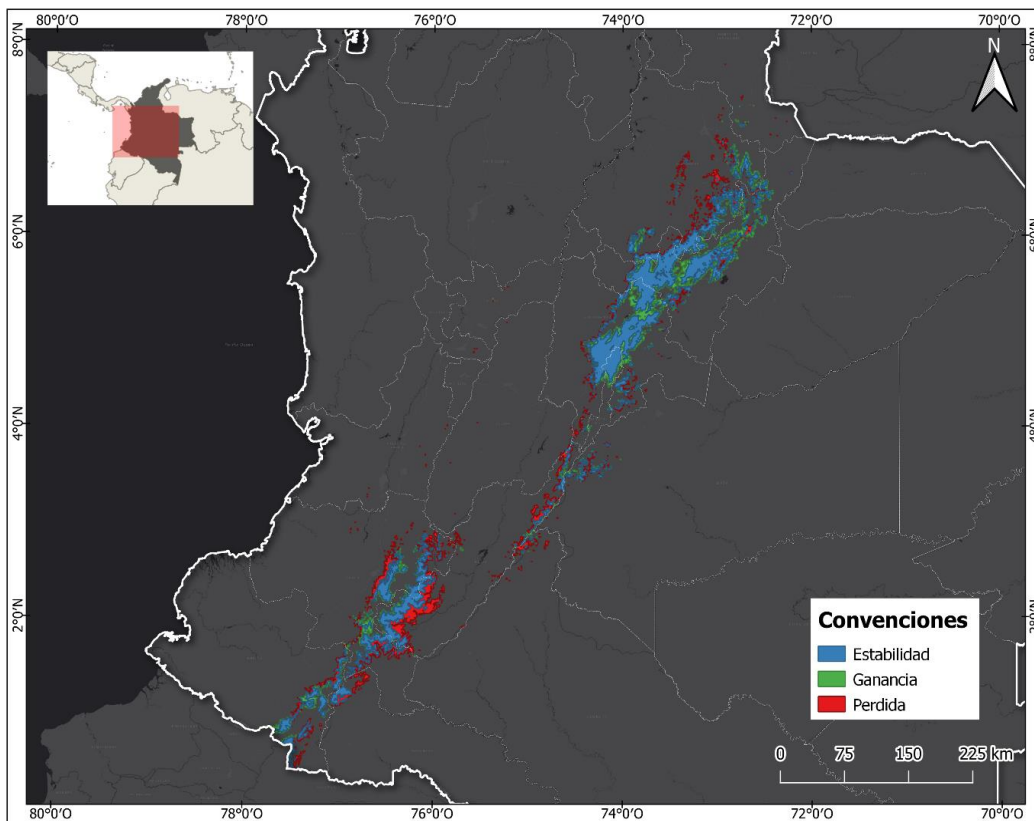


Figura 19. Mapa de estabilidad, ganancia y pérdida de hábitat del *Pseudocolopteryx acutipennis* (Doradito Oliváceo). **Fuente:** Elaboración propia.

Debe señalarse dentro del mapa de estabilidad, pérdida y ganancia que es evidente la distribución estable de la especie la cual se mantiene en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Cauca y Huila. Dentro de la pérdida, se evidencia que en la parte norte del Huila pierde un área considerablemente grande, dejando pequeños parches de estabilidad los que terminarían siendo áreas perdidas de igual forma; otra área en donde se evidencia una pérdida es en el centro del departamento de Santander, y la pérdida más grande se evidencia en los límites del departamento de Huila y Cauca, provocando que la especie migre hacia el área que aún se considera estable.

12.6 Resultados del StoryMap y análisis como herramienta didáctica

Como resultado de la construcción del StoryMap, se obtiene en un primer momento la portada, como se visualiza en la Figura 20, ésta portada y el título fueron creados por el autor y funciona como un mosaico haciendo uso de fotografías de las especies encontradas en eBird (créditos a Vasquez. A. (2020) y Diaz N (2013) y uno de los modelos de distribución generados por MaxEnt. Partiendo desde la portada como elemento inicial la cual debe capturar y generar interés por continuar con la observación del StoryMap se analiza como herramienta didáctica y su funcionalidad, puesto que es intuitiva, por el uso de imágenes llamativas y representativas del Cucarachero de Pantano y Doradito Oliváceo, el uso de estas imágenes motiva a usuario a explorar y aprender sobre estas especies (Figura 20), además del título ayuda a la comprensión de la temática del StoryMap y con ello el despertar de interés con el tema y las especies, partiendo que el usuario se involucra con las imágenes y título fomentando su curiosidad y motivación para continuar en la indagación de estas especies.



Figura 20 Portada y título del StoryMap. **Fuente:** Elaboración propia

Dentro del segmento destinado al Cucarachero de Pantano y Doradito Oliváceo, se inicia con un Sidecar donde aparece información relevante frente a la especie, como su taxonomía, variantes

de nombres, canto, hábitat, categorías de amenaza, principales amenazas, comportamiento y reproducción. Este apartado es fundamental puesto que la información detallada y sintetizada ayuda a que el usuario comprenda la importancia de la especie, así como las amenazas que presenta y su dinámica poblacional, el uso de audios y videos, como su canto y comportamiento permite que se relacione y proporcione elementos para el avistamiento de las especies. La información detallada, ayuda a que el usuario reconozca la especie y así mismo tome en cuenta las medidas que se pueden tomar para proteger y conservar este grupo de organismos, desde el trabajo de protección de hábitat y con ello la reducción de amenazas (Figura 21).

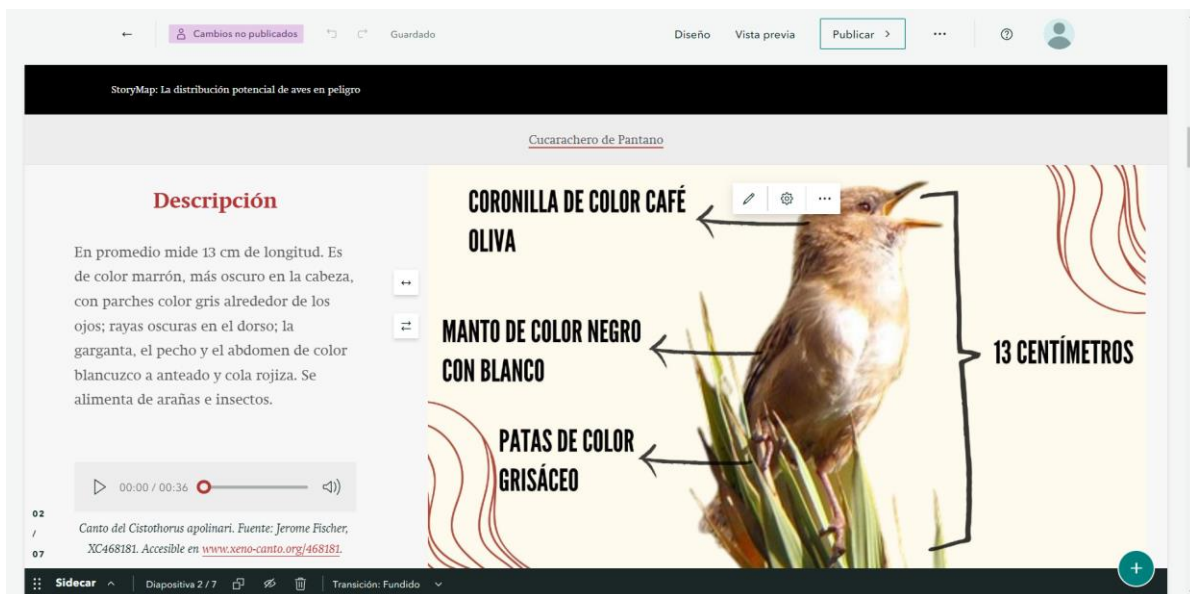


Figura 21 Sidecar con la información relevante de las especies. **Fuente:** Elaboración propia.

Seguido a ello, se realiza la presentación con diapositivas, que contiene el proceso y los datos necesarios para la construcción de un modelo de distribución potencial de especies actual. Teniendo en el primer slide, un mapa interactivo con el resultado de la depuración y estructuración de los puntos de observación de la especie, y un texto ilustrativo del proceso realizado.

El uso de las diapositivas en que se evidencia el proceso y los datos para la construcción del modelo de distribución es una herramienta didáctica efectiva, puesto que permite tener un mapa interactivo de los puntos de observación y lleva a los estudiantes a comprender visualmente donde se ha observado las especies, además del texto ilustrativo del proceso permite dar un contexto a la

información contenida en el mapa. La presentación en diapositivas permite presentar información de manera visual y secuencial y dentro de este apartado comprender la importancia de recolección de datos de las especies y el análisis de los mismos para su conservación (Figura 22).

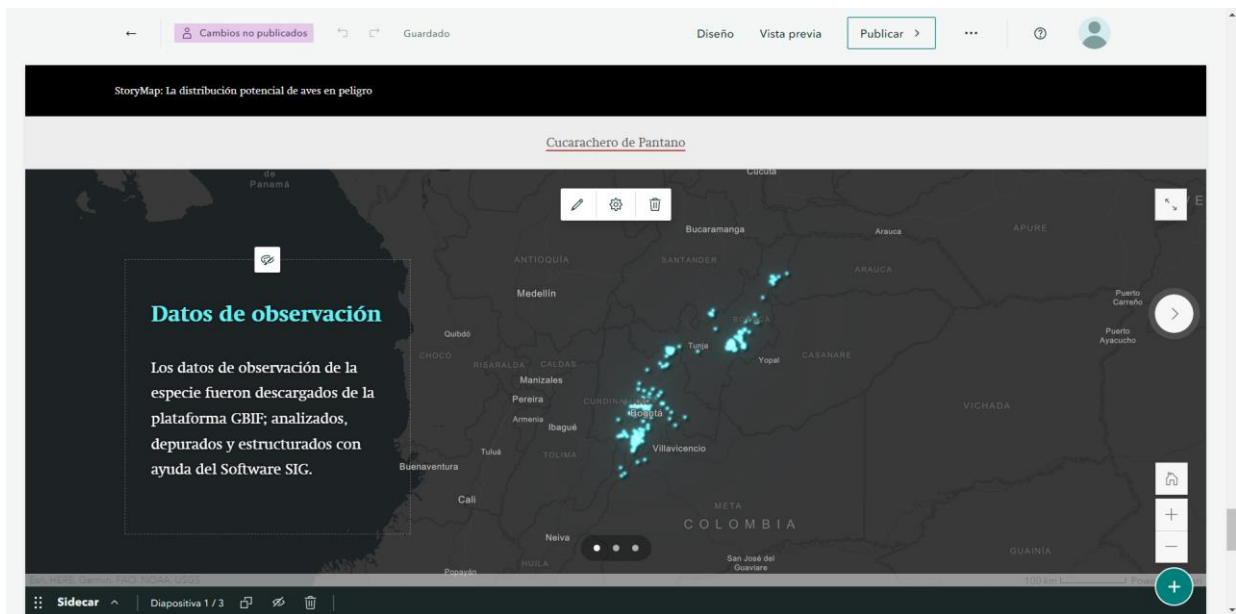


Figura 22. Slide del mapa de los puntos de observación. **Fuente:** Elaboración propia.

En el segundo Slide, se construyó un mosaico de imágenes con las variables bioclimáticas utilizadas tras el test de Jackknife para generar el modelo de distribución potencial de especies tanto actual como futuro, además se agregó un texto explicativo del proceso de descargue y preprocesamiento de los datos. Presentar las variables bioclimáticas de manera visual y con colores llamativos que llamen interés en el mosaico propicia que el usuario comprenda cómo estas variables afectan la distribución de las especies y que tienen un papel fundamental en la construcción del modelo de distribución; esta herramienta didáctica tiene un papel multidisciplinar, puesto que se realizan análisis matemáticos, estadísticos, biológicos y geográficos para analizar estas variables en relación con los puntos de observación y ocurrencia (Figura 23).

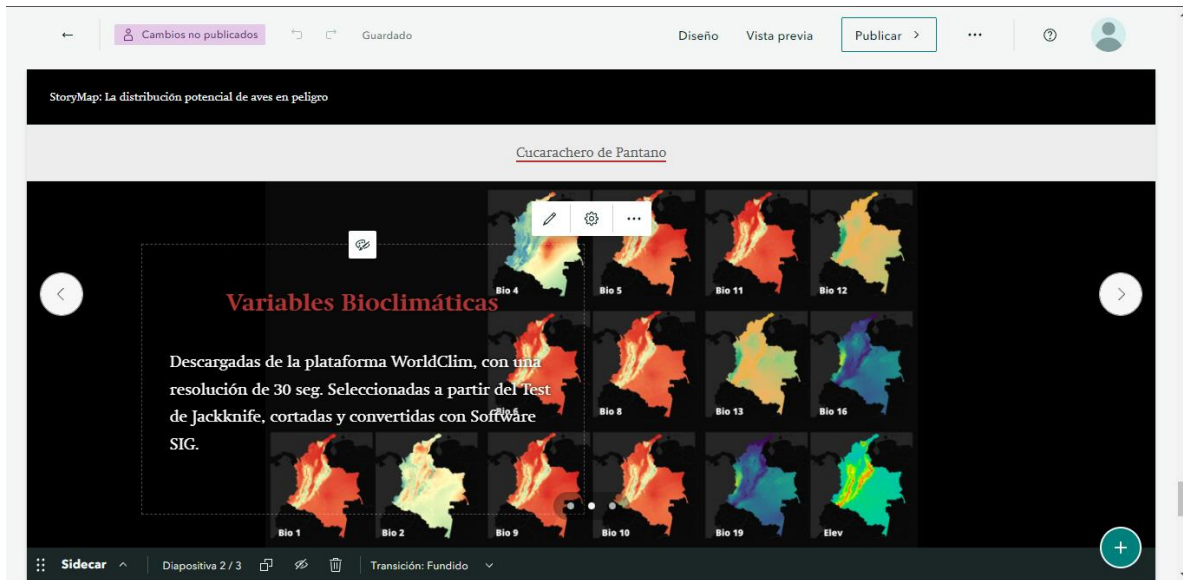


Figura 23 Slide con el mosaico de las variables bioclimáticas utilizadas en los modelos de distribución de especies. **Fuente:** Elaboración propia

Por otro lado, se encuentra la sección de un slide con un mapa interactivo con el resultado del modelo de distribución potencial del Cucarachero de Pantano al clima actual, en donde el usuario puede entrar y visualizar las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de la especie, así como las zonas en donde es poco probable que se encuentre la misma, el texto que explica el proceso cuenta además con una escala gráfica de la probabilidad de ocurrencia en términos del color, verde es menos probable y rojo significa mayor probabilidad.

Este mapa interactivo como herramienta didáctica permite al usuario explorar las zonas donde es alta la probabilidad de que se encuentre la especie y las zonas donde esta probabilidad es baja, esto ayuda a que a partir de las diapositivas relacione los puntos de ocurrencia y las variables bioclimáticas para la elaboración del modelo de distribución de especies. La escala grafica como leyenda del mapa el cual evidencia la probabilidad de ocurrencia de la especie en relación de color es una herramienta didáctica-visual importante para que el usuario comprenda y pueda leer los resultados de los modelos de distribución y con ello la probabilidad de ocurrencia de las especies (Figura 24).

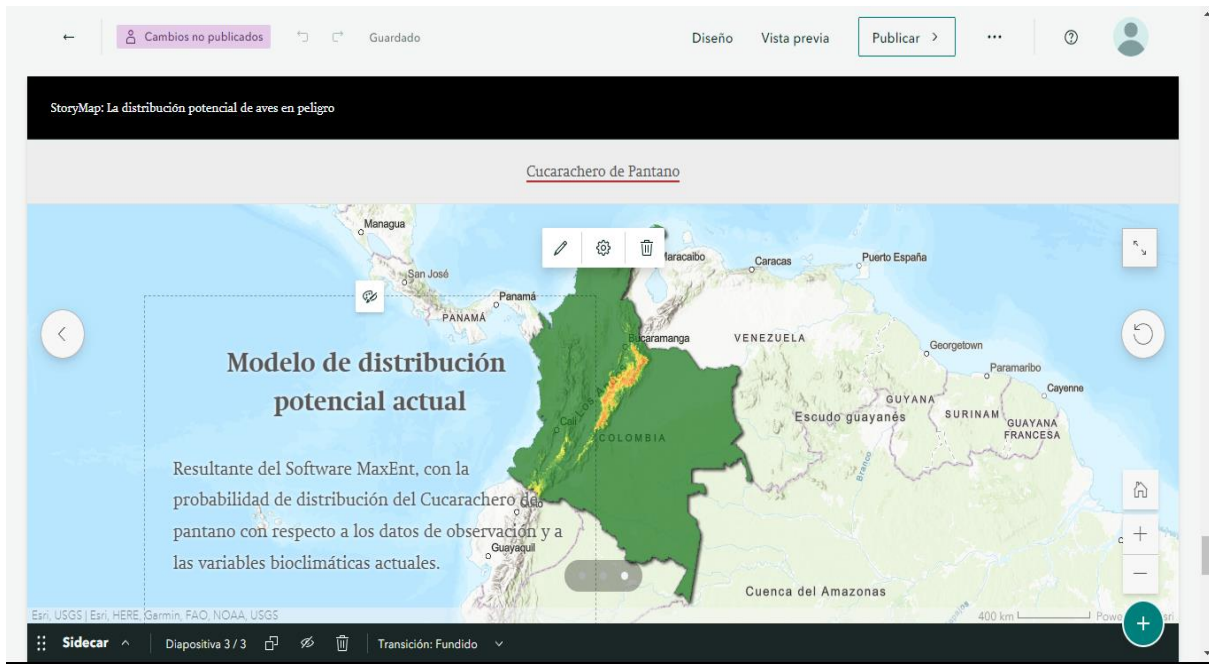


Figura 24. Slide con el Modelo de Distribución Potencial Actual para el Cucarachero de Pantano. **Fuente:** Elaboración propia.

Dentro de la información del StoryMap, se optó por crear un Swipe, que permitiese visualizar la incidencia del cambio climático a la distribución del Cucarachero de Pantano y Doradito Oliváceo, a partir del Modelo de Distribución Actual frente al Modelo de Distribución Futuro recreado con las variables bioclimáticas proyectadas al año 2050 bajo el escenario de cambio climático SSP3-7.0; en la parte izquierda del Swipe aparece el Modelo de Distribución Actual, y en la parte derecha el Modelo de Distribución Futuro, la herramienta permite desplazar el cursor de manera horizontal permitiendo evidenciar los cambios en la distribución. Haciendo uso del Swipe, el usuario puede observar de manera comparativa la distribución actual y futura de la especie, y permite evidenciar cómo el cambio climático influyó en la distribución y la supervivencia de las especies, lo cual llega a ser interesante como herramienta didáctica y partir de una enseñanza interactiva que permita relacionar los conocimientos con un resultado final, sobre todo la influencia del cambio climático que puede llegar a quedarse en lo teórico dentro de las escuelas (Figura 25).

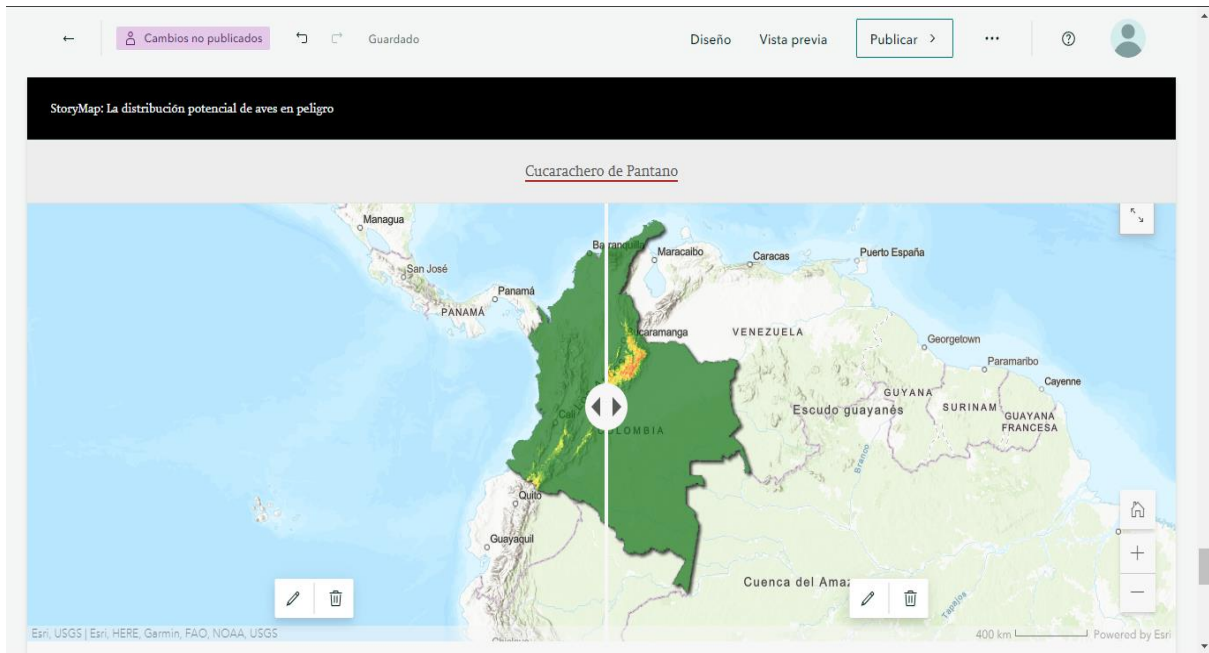


Figura 25. Swipe con la incidencia del cambio climático a la distribución, bajo el escenario de cambio climático SSP3-7.0 al año 2050. **Fuente:** Elaboración propia.

Para el apartado de idoneidad se realiza uso del Swipe, en cuál permite relacionar y diferenciar las áreas de idoneidad actual y futura, realizados a partir de los modelos de distribución, tomando un porcentaje de área idónea sobre un 60%. Como herramienta didáctica permite comparar las dos visualizaciones en un mismo apartado, lo que facilita la comprensión, análisis y diferencias entre ambos; esta relación ayuda al análisis del impacto del cambio climático en términos de disminución de áreas y sobre todo cómo se comporta la especie a causa del escenario SSP3-7.0 y el usuario determina qué áreas son potenciales para realizar proyectos y trabajos en pro del cuidado y conservación de la especie (Figura 26).



Figura 26. Swipe con las áreas de idoneidad de hábitat para las especies. **Fuente:** Elaboración propia.

En un mapa interactivo se sube el mapa de estabilidad, pérdida y ganancia en donde se relaciona con colores la simbología, siendo rojo para pérdida, verde de ganancia y azul de estabilidad. Relacionándolo como una herramienta didáctica- visual que permite al usuario comprender la dinámica poblacional de la especie y cómo se comporta a través del tiempo, los colores que se encuentran representando los diferentes estados de las áreas de distribución es una forma intuitiva para quien esté observando el StoryMap, además de su interacción que facilita la exploración y el análisis de los cambios en las áreas de distribución lo cual puede ser beneficiosos para el estudios del comportamiento de la especie y sobre todo las especies con un nivel de amenaza, de esta forma permite al usuario realizar comparaciones entre las áreas y determinar si la especie expande o disminuye su distribución para el año 2050 (Figura 27).

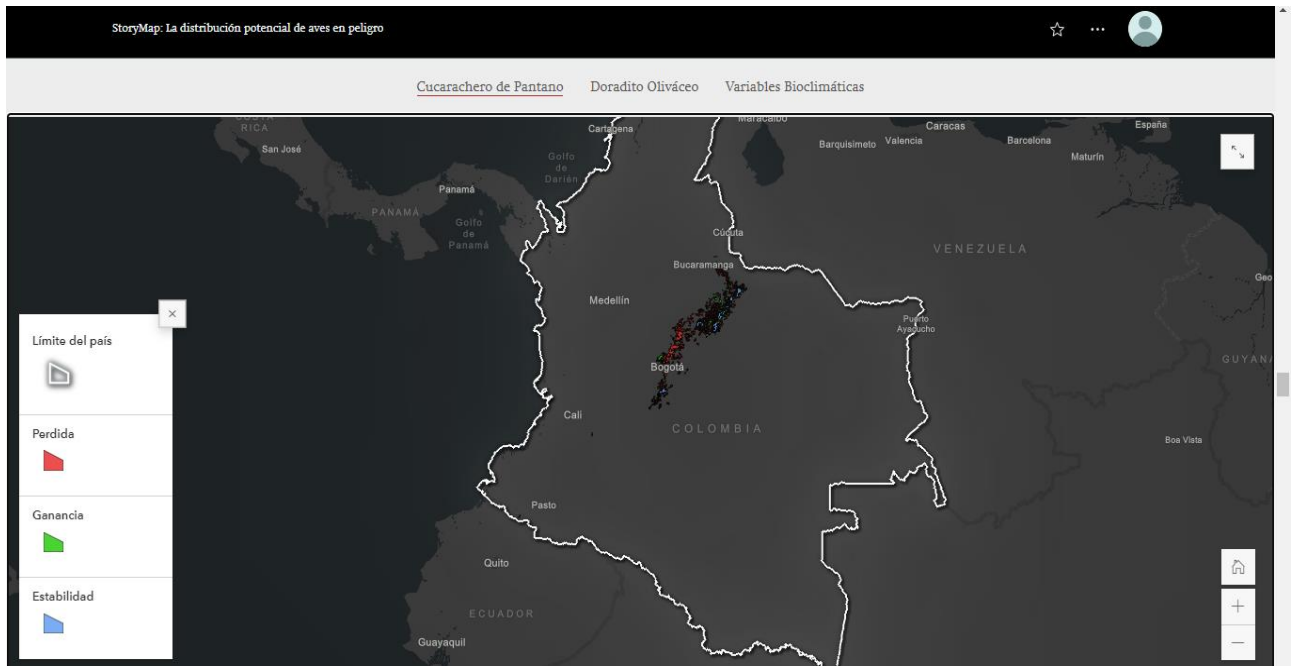


Figura 27. Mapa interactivo de estabilidad, pérdida y ganancia. **Fuente:** Elaboración propia

Finalmente, es importante reconocer que el uso de mapas interactivos, diapositivas y swipes permite una visualización clara y sobre todo dinámica de la información, lo cual genera una experiencia de aprendizaje más atractiva e interesante. En otro aspecto tenemos la información detallada de las especies, desde sus generalidades y su estado permite que el usuario comprenda las características de las especies y la importancia de la conservación de la misma y de la biodiversidad. De igual forma, la explicación del proceso de construcción de los modelos de distribución permite que el usuario comprenda los diversos métodos que se utilizan para la investigación científica y su aplicación en pro del cuidado de la biodiversidad; asimismo, el enfoque del cambio climático le da a la investigación y con ello al StoryMap que pueda ser abordado desde diversas disciplinas y su aplicabilidad y enseñanza sea a partir del StoryMap.

Para acceder al StoryMap desarrollado se presenta el siguiente link:

<https://arcg.is/1mfH0D3>

13 Conclusiones y recomendaciones

13.1 Conclusiones

Tras el análisis, podemos deducir que dentro de la modelación de la distribución potencial actual y futura de las especies, presentan las siguientes características dentro de su distribución: Para el *Cistothorus apolinari* (Cucarachero de Pantano) se estima un área de 559.104,78 km² dentro de la distribución actual y para la distribución futura con el escenario de cambio climático SSP3-7.0 y una proyección para el año 2050 se estima un área 410.547,17 km², con una pérdida del -36% en su área de distribución, lo cual deja una escena desfavorable para el Cucarachero de Pantano, implicando disminución en su distribución a causa de las condiciones socioambientales que determina el escenario de cambio climático. Para el Cucarachero de pantano se debe resaltar que en la actual investigación se trabajó con la especie en general, no se tiene en cuenta las subespecies y por ello se relaciona a la subespecie de humedal y a la de páramo. Para el *Pseudocolopteryx acutipennis* (Doradito Oliváceo) se estima un área actual de 1.770.830,53 km² y para la distribución futura en relación al cambio climático se estima un área de 1.628.116,30 km² con una pérdida de distribución de un 9%, si bien es cierto que tiene perdida en su distribución no es un escenario fatal para la especie.

Teniendo en cuenta los resultados se llega a la conclusión de que es necesario comenzar con acciones de conservación y de mejora hacia la problemática de cambio climático, puesto dentro de un escenario que mantiene la tendencia de la actualidad y para la proyección del año 2050 se ven resultados desfavorables en la biodiversidad y avifauna. Son resultados evidenciables a partir de los mapas de distribución, idoneidad y estabilidad, pérdida y ganancia. Además, se relacionan los mapas realizados para la distribución actual y son relativamente comparables a los estudios de distribución consultados dentro del marco teórico, por ello se puede mencionar que el modelo calibrado y la elaboración del mismo fue realizado de manera correcta y tienen un alto grado de confiabilidad. Se resalta la necesidad de realizar trabajos de conservación específicamente en la zona de Cundinamarca y en Bogotá, puesto que se evidencia notablemente la pérdida casi completa de la distribución de estas especies dentro de esta área, lo cual puede relacionarse al valor y el

sentido de los humedales, el cuál es un ecosistema clave dentro de la distribución y nicho de la especie.

Posterior a el análisis del StoryMap como herramienta didáctica para aportar a la conservación del Cucarachero de Pantano y el Doradito Oliváceo, se considera que es una herramienta valiosa que puede ser punto clave para los trabajos de conservación dentro de la educación; esto debido a las herramientas las cuales ofrece el StoryMap ya que permite la interacción de la información, tanto visual como auditivamente y esto propicia la comprensión y retención de la información puesto que se genera una experiencia única de aprendizaje de acuerdo al tema. De esta forma permite mostrar de manera clara y sencilla la temática, partiendo desde el hábitat de las especies y las amenazas que presenta, esto estimula la reflexión en el usuario de la importancia de la conservación de estas especies y el papel tan importante que desempeñan en la dinámica de los ecosistemas. Es importante resaltar que el uso del StoryMap puede adaptarse a diferentes niveles educativos y a diferentes temáticas, lo postulado en este trabajo solo es una de las posibilidades de uso de la herramienta dentro de la educación facilitando la enseñanza en los entornos.

Finalmente, es importante considerar que los modelos desarrollados pueden mejorar su precisión en cuanto a la distribución de las especies, de tal forma que pueda aplicarse a una zona específica, esto con datos recolectados en el trabajo en campo, tanto de los puntos de ocurrencia y las variables bioclimáticas; de igual forma, el uso de coberturas vegetales que llegarían a mejorar el modelo, partiendo que las especies tienen un hábitat específico y la vegetación que allí se encuentra propicia un hábitat idóneo para las mismas. Dentro de la educación y como herramienta didáctica se concluye que el uso de software puede potenciar la enseñanza de diversos temas, se puede emplear para la enseñanza de áreas como estadística, matemáticas, geografía, biología, tecnología y humanidades potenciando y explotando los recursos que ofrece teniendo en cuenta la versatilidad.

13.2 Recomendaciones

Se proyecta este trabajo de investigación como un punto de partida hacia la experimentación e implementación de nuevas herramientas didácticas dentro de la línea base de enseñanza en la carrera y que sirvan de insumo clave para la pedagogía, pues, a lo largo de la investigación se plantearon nuevas metodologías que permitieron ampliar y afianzar conceptos, como lo fueron los modelos de distribución de especies e idoneidad de hábitat, además de los análisis de estabilidad, pérdida y ganancia de áreas; así como el uso de los Sistemas de Información Geográfica, en la producción y análisis de la cartografía, y la divulgación de resultados, como se pudo evidenciar en un StoryMap.

Se recomienda además que se tenga en cuenta el presente estudio como información de consulta en pro de la investigación, preservación, desarrollo de estrategias de conservación y políticas nacionales y/o locales, así como espacios de educación ambiental y proyectos de mitigación y adaptabilidad al cambio climático, en donde las protagonistas principales sean las dos especies de aves seleccionadas para la investigación, el Cucarachero de Pantano y el Doradito Oliváceo.

Es necesario realizar validaciones un poco más profundas a los resultados obtenidos de los modelos de distribución tanto actuales como futuros, puesto que se presentan algunas limitaciones que influyen en la calidad del resultado, y que de ser subsanadas permitirían un completo entendimiento del panorama para ambas especies; algunas de dichas limitaciones serían: la resolución de las variables bioclimáticas, la veracidad de los datos de observación, el no uso de variables de amenazas antrópicas o coberturas de la tierra, la experticia del investigador en la ornitología y en los sistemas de información geográfica. También, se podrían comparar los resultados con otros métodos de modelamiento de distribución, así como otros Software distintos a MaxEnt.

Es importante mencionar que un paso seguido a esta investigación es la validación por expertos o profesionales, así como el uso y toma de impresiones por parte de estudiantes al ver en uso la herramienta creada.

Se ha de resaltar la herramienta didáctica seleccionada en la presente investigación, el StoryMap, que es presentada como una herramienta clara de interdisciplinariedad que desde la pedagogía puede enmarcar proyectos transversales en un aula de clase, pues permite fácilmente unir áreas como la biología, geografía, tecnología hasta las propias humanidades en la producción de textos llamativos, coherentes y concisos. En una era tecnológica como la actual, los StoryMaps surgen como ayudas al docente, y que permiten tener en un solo espacio, los elementos necesarios para llevar al máximo límite posible su clase, acceso a cartografía interactiva, vídeos, imágenes, audios, enlaces a otras webs, entre otras. Al estudiante se le muestra una nueva forma de adquirir conocimientos y que, desde la intuitiva y la expectativa, le generen interés por el tema presentado; así como una herramienta de creación colaborativa entre docente y estudiante. En este sentido, el StoryMap desarrollado en la presente investigación, ha sido creado con la intención de ser de carácter público, y, por ende, sujeto a comentarios, sugerencias y/o otras consideraciones que se lleguen a encontrar.

Por último, es importante mencionar que para la elaboración de un StoryMap es necesario tener previamente construidos todos los mapas (WebMaps) a presentar, y dentro de ellos los datos ya sean estos los resultados de los modelados o de la depuración de los datos de observación. Lo intuitivo de la herramienta permite que con algunos minutos de práctica se comprenda rápidamente los widgets y/o elementos que se puedan utilizar, además la amplia variedad de información en la web sobre la construcción de un StoryMap, apoya en el proceso de creación.

14 Referencias bibliográficas

- Amaya, G. F., & Rivera, C. A. M. (2020). ¿Qué conocimiento profesional del profesor de Biología construye un profesor en formación inicial cuando enseña la biodiversidad? *Unipluriversidad*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.10>
- Arango, J. J. (2018). *Pseudocolopteryx acutipennis—Subtropical Doradito—Doradito Oliváceo—Doradito Lagunero 02* [Photo]. <https://www.flickr.com/photos/jjarango/28125651528/>
- Asociación Bogotana de Ornitología, & CAR (Eds.). (2000). *Aves de la Sabana de Bogotá: Guía de campo*. ABO, CAR.
- Ausubel, D. (2002). *Aprendizaje Significativo*. [https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/97912/rodriguez.pdf?sequence=1#:~:text=Ausubel%20\(1976%2C%202002\)%2C,y%20sustantiva%20o%20no%20litera](https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/97912/rodriguez.pdf?sequence=1#:~:text=Ausubel%20(1976%2C%202002)%2C,y%20sustantiva%20o%20no%20litera).
- Barahona, A., & Almeida-Leñero, L. (2005). *Educación para la conservación*. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/253>
- Botero, E. U. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*.
- Calderón, L. M. (2008). Evaluación de la presencia de perros (*Canis familiaris*) en humedales de la Sabana de Bogotá (Colombia) y su efecto potencial sobre la fauna silvestre. *instname:Universidad de los Andes*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/20418>
- CAR. (2018a). *Plan de manejo y conservación de Cucarachero de apolinar (*Cistothorus apolinari*) en la Jurisdicción de la CAR Cundinamarca. Bogotá, Colombia*.

- CAR. (2018b). *Plan de Prevención, Control y Manejo (PPCM) del Chamón (Molothrus bonariensis) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b9032eaa6219.pdf>
- Cardona, D. M. (2015). *Enseñanza de la importancia de la diversidad biológica de Colombia mediante un objeto virtual de aprendizaje que propicie un aprendizaje significativo en los estudiantes del grado octavo del colegio Londres de Sabaneta*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52234>
- Carvajal, Y. D. (2022). *Estrategia didáctica para desarrollar la competencia indagación a partir de Bioprospección de productos naturales vegetales* [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82810>
- Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1, segunda edición*. (2012). IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/10316>
- Chivatá, J. T., & Acosta, J. A. (2016). *Apropiación y sensibilización ambiental con la comunidad aledaña al humedal La Conejera, a partir del reconocimiento de los organismos que conforman el fitoplancton y zooplancton*. <http://repositorio.udistrital.edu.co/handle/11349/2894>
- Cohen, L., Manion, L., & Casanova Rodríguez, M. A. (1990). *Métodos de investigación educativa*. La Muralla. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=195552>
- Contreras-Medina, R. (2006). Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia*, 31(3), 176-182.
- Cope, M. P., Mikhailova, E. A., Post, C. J., Schlautman, M. A., & Carbajales-Dale, P. (2018). Developing and Evaluating an ESRI Story Map as an Educational Tool. *Natural Sciences Education*, 47(1), 180008. <https://doi.org/10.4195/nse2018.04.0008>
- Coronado, N. A. (2016). Mapas de distribución geográfica de Hemípteros Acuáticos de la Colección de Insectos (CIA) del departamento de Biología. *reponame:Repositorio*

- Correa Ayram, C. A., Etter, A., Díaz-Timoté, J., Rodríguez Buriticá, S., Ramírez, W., & Corzo, G. (2020). Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. *Ecological Indicators*, *117*, 106630. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106630>
- Echeverry, M. Á., Acevedo, O., Avendaño, J. E., Stiles, F. G., Estela, F. A., & Cuervo, A. M. (2022). *Lista oficial de las aves de Colombia 2022: Adiciones, cambios taxonómicos y actualizaciones de estado.*
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, *17*(1), 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Espectador, E. (2021, marzo 19). *ELESPECTADOR.COM* [Text]. ELESPECTADOR.COM. <https://www.elespectador.com/ambiente/a-las-aves-en-colombia-se-les-agota-el-tiempo-si-no-se-frena-la-deforestacion-article/>
- Espinosa-Blanco, A. S., Salamanca, J. R., & Rodríguez-A, P. (2009). Una nueva localidad para el cucarachero de pantano (*Cistothorus apolinari*: Troglodytidae) en Sogamoso, Boyacá: A new locality for Apolinar's Wren (*Cistothorus apolinari*: Troglodytidae) in Sogamoso, Boyacá. *Ornitología Colombiana*, *8*, Article 8.
- Fick, SE y RJ Hijmans. (2017). *World Clim Datos históricos.* <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>
- Galindo, A. (2014). *El uso de edublog como una herramienta didáctica para la enseñanza de biología I, en la Educación Media Superior en México (EMS).* <http://repositorio.unam.mx>

Grupos Investigación.pdf. (s. f.). Recuperado 7 de junio de 2023, de <http://institucional.pedagogica.edu.co/admin/UserFiles/Grupos%20Investigaci%C3%B3n.pdf>

Guiza Quiroga, Y. E. (2019). Análisis de la distribución del Borugo de montaña (*Cuniculus taczanowskii*; *Agouti taczanowskii*) (Stolzmann, 1865) en Colombia mediante el uso de un sistema de información geográfica (SIG) para planteamiento de una posible estrategia para su conservación. *reponame:Repositorio Institucional de la Universidad Pedagógica Nacional*. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/11862>

harrison, thomas. (2019, diciembre 2). *CMIP6: The next generation of climate models explained*. Carbon Brief. <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>

Hilty, S. L., Brown, W. L., & López, H. Á. (2001). *Guía de las aves de Colombia*. Asociación Colombiana de Ornitología.

IUCN, B. I. (BirdLife. (2020). IUCN Red List of Threatened Species: *Cistothorus apolinari*. *IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/en>

Jerez, C. R., & Ushco, F. R. (2019). *Diseño multimedia informativo para dar a conocer las especies de aves en peligro de extinción de la Zona 3*. [BachelorThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5976>

Kirkpatrick, M., & Ryan, M. J. (1991). The evolution of mating preferences and the paradox of the lek. *Nature*, 350(6313), Article 6313. <https://doi.org/10.1038/350033a0>

Lara, E. L. (s. f.). *LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*.

Linares, J. C. R., Chaparro-Herrera, S., Sua-Becerra, A., & Echeverry-Galvis, M. Á. (2019). Estado poblacional del cucarachero de pantano, *Cistothorus apolinari* (Passeriformes:

- Troglodytidae) en siete humedales de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(6), 1257-1268.
- López-Rocha, E., Mireles-Arriga, A. I., Hernández-Ruiz, J., Ruiz-Nieto, J. E., & Rucoba-García, A. (2018). Áreas potenciales para el cultivo de girasol en condiciones de temporal en Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 305-314.
- Lorduy, J. V., Schwocho, D. H., Gómez, S. G., Nobles, Y. M., Vargas, L. J. R., & Moreno, E. S. (2017). Modelo de educación ambiental no formal para la protección de los humedales Bañó y Los Negros. *Luna Azul*, 45, Article 45. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.45.15>
- Margutti, L., Koss, V., D'Adamo, P., Dávila, B., & Sabrido, A. (2022). UNA ENSEÑANZA PARA EL CUIDADO DE LA VIDA: Propuestas para integrar los contenidos conceptuales y sensibles en la práctica de la educación ambiental. *Desde la patagonia. Difundiendo saberes*, 19(33), Article 33.
- Marín Carvajal, L. A. (2013). *Protocolo para la valoración ecológica de los servicios ecosistémicos prestados por aves en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta*. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/10948>
- Martinez, D. P. (2008). Distribución histórica de aves tierras bajas de Colombia modelada con referencia a cambios climaticos—Una prueba de la hipótesis de los refugios del pleistoceno. *instname:Universidad de los Andes*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/20341>
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural*, 84(2), 217-240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *REDUCA (Biología)*, 5(1), Article 1. <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/881>

- mauroossa. (2019, febrero 21). *Cucarachero de Apolinar/Apolinar's Wren/Cistothorus apolinari* [e]. Birds Colombia #OneBirdPerDay #UnAvePorDía. <https://birdscolombia.com/2019/02/21/cucarachero-de-apolinar-apolinars-wren-cistothorus-apolinari-ecr/>
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander Jr, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Miilán Bernal, O. L. (2022). *AVE-WIX. Una herramienta educativa digital: Una contribución hacia la conservación de la avifauna del humedal El Jaboque*. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/18135>
- Montenegro, O. L. (2009). LA CONSERVACIÓN BIOLÓGICA Y SU PERSPECTIVA EVOLUTIVA. *Acta Biológica Colombiana*, 14, 255-268.
- Morales-Rozo, A. (2005). *NOTAS SOBRE LOS SITIOS DE ANIDACIÓN DEL CUCARACHERO DE PANTANO (CISTOTHORUS APOLINARI)*. 02, 8.
- Olaya, V. (2014). Sistemas de información geográfica. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25452>
- Orozco, A. M. M., & Henao, A. M. G. (2013). EL MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 4(1).
- Otero-Ortega, A. (2018). *ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN*.
- Paula, I. R. de. (2018). Cartografía escolar, geografía e pensamento espacial na escola: Reflexões sobre a dimensão social da cidade. *Anekumene*, 16, Article 16. <https://doi.org/10.17227/Anekumene.2018.num16.12461>
- Pereira, R. T., & González, F. M. (2015). Recursos tecnológicos e integración de las ciencias como herramienta didáctica. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXI(2), 337-346.

- Rangel, J. O. (2005). La biodiversidad de Colombia. *Palimpsestvs*.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/palimpsestvs/article/view/8083>
- Rangel-Salazar, J. L., Enríquez, P., Altamirano, M., Macías, C., Castillejos, E., González, P., Martínez-Ortega, J., & Vidal, R. M. (2013). *Amenazas a la avifauna* (pp. 365-369).
<https://doi.org/10.13140/2.1.1793.0241>
- Renjifo, L. M., Amaya-Villarreal, Á. M., Burbano-Girón, J., & Velásquez-Tibatá, J. (2017). *Libro Rojo de Aves de Colombia. Volumen II*. Pontificia Universidad Javeriana.
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/34285>
- Sagoff, M. (2013). *Conservation Biology*. <https://doi.org/10.1002/9781444367072.wbiee125>
- Sarría, F. A. (s. f.). *Sistemas de Información Geográfica*.
- SIB. (s. f.-a). *Catálogo de la biodiversidad*. Recuperado 3 de octubre de 2022, de
<https://catalogo.biodiversidad.co/file/56cdfd053c16479905cba78a/summary>
- SIB. (s. f.-b). *Cistothorus apolinari*. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de
<https://catalogo.biodiversidad.co/file/56c3b4a3f0106c67230e7358>
- Soule, M. E. (1985). *What is Conservation Biology?* 35(11).
- Tàbara, J. D. (2006). Las aves como naturaleza y la conservación de las aves como cultura. *Papers. Revista de Sociologia*, 82, 57. <https://doi.org/10.5565/rev/papers.2049>