

Formato de informe final (carátula)

Programa Universitario de Investigación de Asentamientos Humanos

(nombre del programa universitario de investigación de la Digi)

Actualización de la delimitación espacial de áreas clave para la conservación de fauna
amenazada en Guatemala

nombre del proyecto de investigación

4.8.63.0.68

Partida presupuestaria

B38-2022

código del proyecto de investigación

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas

unidad académica o centro no adscrito a unidad académica avaladora

Manolo José García
José Miguel Tun Molina
Francisca Katarina Hooper León

nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por Digi

Guatemala, 10 de enero 2023

lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año

Contraportada

Autoridades

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Dra. Sandra E. Herrera Ruiz
Coordinadora Programa Universitario de Investigación en Asentamientos Humanos

Autores

Nombre del coordinador del proyecto: Manolo José García

Nombre del auxiliar de investigación II: José Miguel Tun Molina

Nombre del auxiliar de investigación I: Francisca Katarina Hooper León

Colaboradores: Maria Gabriela Cajbon Vivar (Cecon) y Maria Fernanda Hernández López (Escuela de Diseño Gráfico, Facultad de Arquitectura, Usac).

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2022. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria 4.8.63.0.68 con código B38-2022 en el Programa Universitario de Investigación en Asentamientos Humanos.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Formato de informe final

1. Índice general

2.	Resumen y palabras claves	6
3.	Introducción	8
4.	Planteamiento del problema	9
5.	Delimitación en tiempo y espacio	11
6.	Marco teórico	11
7.	Estado del arte	17
8.	Objetivos	20
9.	Hipótesis	20
10.	Materiales y métodos	20
10.1	Enfoque de la investigación	20
10.2	Método	20
10.3	Recolección de información	21
10.4	Técnicas e instrumentos	24
10.5	Procesamiento y análisis de la información	25
11.	Resultados y discusión	28
11.1	Resultados	28
11.2	Discusión de resultados	55
12.	Referencias	65
13.	Apéndice	80
14.	Aspectos éticos y legales	113
15.	Vinculación	113
16.	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual	114

17.	Aporte de la propuesta de investigación a los ODS	117
18.	Orden de pago final	118
19.	Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación	118
20.	Aval de la Directora del instituto de investigación	119
21.	Visado de la Dirección General de Investigación	120

Índice de tablas

Tabla 1	Variables bioclimáticas utilizadas para el modelado de la distribución potencial de especies amenazadas de vertebrados terrestres presentes en Guatemala	22
Tabla 2	Número de especies amenazadas por clase taxonómica y categoría de la lista roja UICN en Guatemala	28
Tabla 3	Especies seleccionadas de vertebrados terrestres en categorías de amenaza de extinción de acuerdo a la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza	29
Tabla 4	Resultados del modelado de calibración para las especies seleccionadas	32
Tabla 5	Variables con mayor influencia de modelos desarrollados para las especies seleccionadas	35
Tabla 6	Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Amphibia en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020	40
Tabla 7	Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Reptilia en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020	41
Tabla 8	Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Aves en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020	43
Tabla 9	Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Mammalia en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020	44

Tabla 10	Mosaicos para las especies seleccionadas en el estudio para las condiciones bioclimáticas actuales (1970-2000) y dos escenarios a futuro (2081-2100)	50
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Índice de figuras

Figura 1	Esquema de la cadena de valor de la información sobre diversidad biológica. El valor de la información aumenta conforme se avanza en la cadena. Adaptado de NatureServe (2014)	12
Figura 2	Diagrama de flujo de la información a través de la metodología de patrimonio natural	24
Figura 3	Dinámica de la cobertura forestal en la distribución potencial de las especies seleccionadas	39
Figura 4	Suma de mapas binarios de especies seleccionadas de vertebrados terrestres amenazados presentes en Guatemala	46
Figura 5	Suma de mapas binarios de las especies seleccionadas recortada con la cobertura forestal 2020	47
Figura 6	Mosaicos de la distribución potencial de las especies seleccionadas por clase taxonómica	49
Figura 7	Mosaicos de distribuciones potenciales por provincia faunística de Bustamante et al. (2012)	52
Figura 8	Actualización en la delimitación espacial de provincias faunísticas de Guatemala por Bustamante et al. (2012)	54
Figura 9	Comparación de la actualización en la delimitación espacial de provincias faunísticas de Bustamante et al. (2012) con clasificaciones faunísticas previas	64
Figura 10	Muestra de ilustraciones de especies seleccionadas para la divulgación del estudio realizadas por EPS de Diseño Gráfico USAC	117
Figura 11	Muestra de infografía sobre provincias faunísticas como material divulgativo del estudio realizada por EPS de Diseño Gráfico USAC	118

2. Resumen y palabras claves

A nivel mundial se ha reconocido la necesidad de contar con sistemas de información sobre la diversidad biológica que proporcionen insumos para la toma de decisiones que lleven a acciones de conservación, en beneficio de las sociedades humanas. Con respecto a la delimitación de áreas clave para la conservación de especies de fauna amenazada, los estudios previos se encuentran desactualizados, por lo que es necesario actualizar dicha información para la toma de decisiones informada. El objetivo del proyecto fue disponer de información espacial ordenada, sistematizada y accesible sobre áreas clave para la conservación de especies de vertebrados terrestres amenazados de Guatemala como base para la toma de decisiones informadas relacionadas con la conservación, uso sostenible y planificación territorial. Se realizaron modelos de distribución potencial para 47 especies utilizando el algoritmo MaxEnt, tanto para escenarios bioclimáticos histórico (1970 – 2000) como proyecciones a futuro (2081 – 2100). A partir de la sumatoria y promedio de los mapas se delimitaron áreas clave en el país, las cuales corresponden a: áreas montañosas en las pendientes de las tierras altas en las vertientes del Pacífico y Atlántico, tierras bajas de Petén, bosques secos y planicie costera del Pacífico. En las proyecciones a futuro se presenta la disminución de valores en las tierras bajas al este de Petén y en el altiplano central, el aumento de valores en los bosques secos de la planicie costera del Pacífico y valles interiores y el aumento o estabilidad de los altos valores en áreas montañosas.

Palabras clave: sistema de información, patrimonio natural, ocurrencia de elementos, jerarquización de elementos y centro de datos para la conservación.

Abstract and keywords

Worldwide, it's been recognized the need for information systems on biological diversity that provide inputs for decision-making that lead to conservation actions, for the benefit of human societies. Regarding the delimitation of key areas for the conservation of threatened fauna species, previous studies are outdated, so it is necessary to update this information for informed decision-making. The objective of the project was to have orderly, systematized and accessible spatial information on key areas for the conservation of threatened terrestrial vertebrate species in Guatemala as a basis for making informed decisions related to conservation, sustainable use and territorial planning. Potential

distribution models for 47 species were developed using the MaxEnt algorithm, both for historical bioclimatic scenarios (1970 - 2000) and future projections (2081 - 2100). From the sum and average of the maps, key areas in the country were delimited, which correspond to: mountainous areas on the slopes of the highlands on the Pacific and Atlantic versants, lowlands of Petén, dry forests and coastal plain from Pacific. Future projections show the decrease in values in the lowlands to the eastern Petén and in the central plateau, the increase in values in the dry forests of the Pacific coastal plain and interior valleys, and the maintenance or increase of high values in mountainous areas.

Keywords: information systems, Natural Heritage, element occurrence, element, conservation data center

3. Introducción

La diversidad biológica representa la riqueza natural, social y cultural de un determinado territorio, por lo que es la base para el desarrollo de actividades productivas, así como de los beneficios que obtiene la sociedad a través de los servicios ecosistémicos (Larsen et al., 2012; Laterra et al., 2011). En este sentido, el manejo, sistematización y gestión de datos e información sobre la diversidad biológica, es un insumo clave para fortalecer la toma de decisiones informadas y desarrollo de estrategias de manejo efectivas, que aseguren la conservación y uso sostenible de esta diversidad a través del tiempo (Josse et al., 2013). Sin embargo, aun cuando existen distintas plataformas que integran información sobre diversidad biológica, aún hay un porcentaje de esta la información que se halla dispersa y no sistematizada, de modo que, cuando se requiere de la misma, no siempre es accesible y disponible para los tomadores de decisión e investigadores.

Debido a lo anterior, el presente estudio se desarrolló en el contexto del manejo de información sobre diversidad biológica y conservación realizado por el Centro de Datos para la Conservación (CDC) del Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), contribuyendo al procesamiento y sistematización de información de la diversidad biológica en el país. Con respecto a la identificación de áreas clave para la conservación de especies amenazadas de fauna silvestre en Guatemala, en el año 2010 el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) y socios finalizaron el análisis de vacíos de representatividad del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) (Asociación Balam para la Conservación de los Recursos Naturales y Culturales Integrados, 2007; Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010). Sin embargo, tal y como se indica en dicho documento, los análisis realizados tienen una validez temporal y espacial, por lo que es necesaria su actualización, integrando nueva información espacial disponible y a una mayor resolución.

El objetivo general de este estudio fue disponer de información ordenada, sistematizada y accesible sobre áreas clave para la conservación de especies amenazadas de fauna de Guatemala como base para la toma de decisiones relacionadas con la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica. A través de este estudio se estableció una nueva cadena de valor de la información sobre especies amenazadas, la cual puede ser aplicada a una variedad de análisis espaciales y actualizada en el futuro.

La recolección, sistematización y gestión de la información se realizó empleando la metodología de Patrimonio Natural (Natural Heritage), misma que es empleada por la red de centros de datos para la conservación (CDCs) liderada por la ONG internacional NatureServe, incluyendo al CDC del Cecon (NatureServe, 2014; The Nature Conservancy, 1982). Esta metodología consiste en una serie de pasos estandarizados, partiendo de la toma de datos en campo o registros obtenidos de otras fuentes, los cuales se transforman en información y conocimiento al ser sistematizados y analizados, y finalmente en conocimiento práctico al momento de utilizarse para la toma de decisiones relacionadas con el manejo y uso sostenible de la diversidad biológica (Chapman, 2005c; NatureServe, 2014; TNC, 1982).

Para el modelado de la distribución potencial de las especies que sean seleccionadas se utilizó el programa MaxEnt (Phillips et al., 2006), el cual permite la correlación de los registros conocidos de las especies con variables bioclimáticas. Se utilizó la aplicación Wallace (Kass et al., 2017) en lenguaje R para la calibración de los modelos. Los mapas binarios de distribución potencial obtenidos fueron recortados con el mapa de cobertura forestal a modo de obtener la disponibilidad de hábitat actual de las especies seleccionadas. Los mapas obtenidos fueron sumados para obtener un mapa de riqueza potencial de las especies seleccionadas que fue utilizado para la delimitación espacial de las áreas clave en las condiciones actuales y proyecciones a futuro para el período 2,081 - 2,100.

4. Planteamiento del problema

La gestión de información sobre diversidad biológica consiste en el procesamiento, sistematización y gestión de datos sobre genes, especies y ecosistemas de un territorio o grupo de especies específico, adquiriendo mayor valor cuando posee una representación espacial de la misma (Chapman, 2005b; Chapman y Wieczorek, 2006). Generalmente, esta información está almacenada en bases de datos que permiten el acceso y consulta de manera rápida y eficiente (Chapman, 2005c). Dada la producción constante de nuevos datos e información a través de la investigación, así como de cambios en la clasificación taxonómica de los organismos, es necesaria la curación, mantenimiento y actualización constante de estas bases de datos, lo cual representa un

costo significativo para las instituciones que las administran (Chapman, 2005b; Juffe-Bignoli et al., 2016).

El manejo de este tipo de información y bases de datos es un elemento estratégico para el desarrollo social, cultural y económico, ya que, la diversidad biológica representa la riqueza natural de un determinado territorio y por lo tanto, es la base de actividades productivas y de la provisión de beneficios para la sociedad derivados de los servicios ecosistémicos (Larsen et al., 2012; Laterra et al., 2011). El primer paso para un manejo efectivo y valoración de la diversidad biológica es el conocimiento básico de la misma, a través de preguntas como ¿cuáles especies y ecosistemas están presentes? ¿En qué sitios están presentes estas especies y ecosistemas? ¿Cuál es su estado de conservación actual? y ¿Cuál es su grado de amenaza actual? El proceso de sistematización de la información conduce a una cadena de valor que inicia con la toma de datos y adquiere su mayor valor cuando la información procesada y analizada se utiliza para guiar acciones concretas.

En la actualidad no se contaba en el CDC con una cadena de valor de la información sobre áreas clave para la conservación de especies amenazadas, que sea actualizada de manera constante y esté disponible para los tomadores de decisión en un formato que sea comprensible y de aplicación en la planificación territorial como es el caso de mapas. Esto dificulta la toma de decisiones informadas, ya que cada vez que se necesita de la información, es necesario consultar las fuentes originales y sistematizar la información nuevamente. También hay información de fuentes impresas que no está accesible debido a que no ha sido digitalizada.

Mapas y listados generados como apoyo a la toma de decisiones se van desactualizando, y se vuelve a contar con insumos actualizados hasta que se presente una nueva publicación o edición de un documento específico. Tal es el caso del análisis de áreas de clave para especies de fauna amenazada, ya que, uno de los últimos análisis para un conjunto de especies en todo el territorio nacional corresponde al análisis de vacíos terrestres y marinos elaborado por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) hace aproximadamente diez años (Asociación Balam para la Conservación de los Recursos Naturales y Culturales Integrados, 2007; Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010; Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2009; Vielman y Jolón, 2010). Con el fin de contar con el mejor soporte para la toma de decisiones esta información debe ser

actualizada a través de: a) la adición de nuevos datos que se hayan generado o que se digitalicen sobre las especies de interés en el país, b) la realización de análisis con las versiones actuales de los programas y paquetes computacionales, c) reduciendo la escala y mejorando la resolución de los mapas a partir de nueva información espacial disponible para el país, e) integrando la información más reciente de la dinámica forestal, misma que es actualizada aproximadamente cada 5 o 6 años (Instituto Nacional de Bosques et al., 2019; Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, 2021) y d) integración de información proveniente de modelos de distribución potencial de especies amenazadas.

5. Delimitación en tiempo y espacio

4.1 Delimitación en tiempo

El estudio tuvo una duración de febrero a diciembre del 2022. Se utilizaron datos disponibles para las especies de vertebrados desde 1,800 hasta el presente.

4.2 Delimitación espacial

El estudio incluyó todo el territorio de Guatemala. Durante el modelado de la distribución potencial de las especies se incluyeron registros de todo su rango de distribución dentro del continente americano (Barve et al., 2011; Chevalier et al., 2022), sin embargo, una vez se generaron los modelos de distribución potencial, se limitaron nuevamente al territorio guatemalteco.

6. Marco teórico

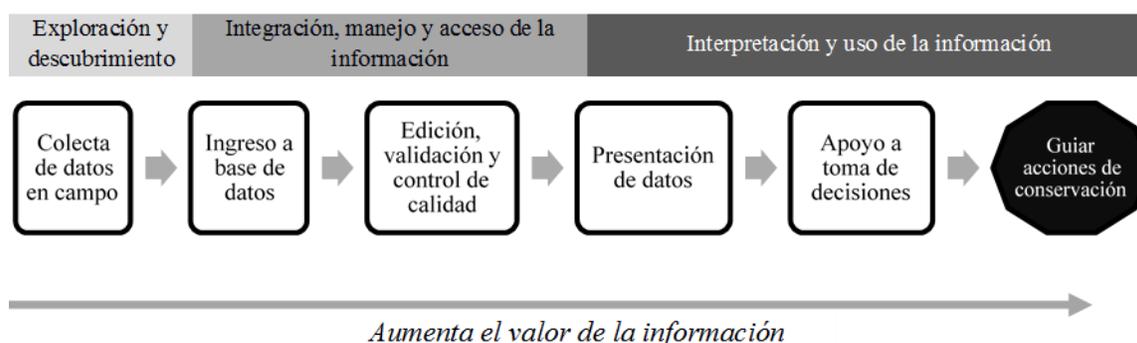
Información sobre diversidad biológica para la toma de decisiones. A nivel mundial se reconoce la necesidad de la sistematización y gestión de información sobre diversidad biológica como un apoyo en la toma de decisiones que guíen acciones de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica (Andrade y Londoño, 2016; Andrade y Wills, 2010; Chapman, 2005c; Larsen et al., 2012; Levin et al., 2014). Para lograr este fin, se han desarrollado los sistemas de información en diversidad biológica, que consisten en un conjunto de procesos formales que permiten la

selección, obtención, organización, almacenamiento, consulta, despliegue, análisis y/o interpretación de datos (Taylor, 1982). Los datos ingresados al sistema, van aumentando de valor conforme son procesados, alcanzando su máximo valor al ser aplicados en la toma de decisiones y planificación de acciones (Andrade y Londoño, 2016; Chapman, 2005b; Taylor, 1982).

El sistema planteado por NatureServe (2014) para el manejo de información sobre diversidad biológica, propone una serie de procesos, que pueden agruparse en tres etapas, iniciando con una etapa de exploración y descubrimiento que incluye la colecta de información en el campo, prosiguiendo con la etapa de manejo de la información en bases de datos especializadas, finalizando con una etapa de análisis, interpretación y aplicación de la información (Figura 1).

Figura 1

Esquema de la cadena de valor de la información sobre diversidad biológica



Nota. El valor de la información aumenta conforme se avanza en la cadena. Adaptado de NatureServe (2014).

En esta cadena de valor, los datos tomados en campo, una vez que son organizados en una base de datos (agrupados, clasificados, relacionados y colocados en un formato estandarizado) se convierten en información, la cual a su vez, al ser sintetizada (seleccionada, analizada, validada, comparada, interpretada y utilizada para comparar escenarios o situaciones) se convierte en conocimiento teórico, y finalmente, este conocimiento se transforma en conocimiento práctico, cuando la información es utilizada para la toma de decisiones que guíen acciones de conservación y uso sostenible (Andrade y Londoño, 2016; Taylor, 1982).

Dado que, el uso del conocimiento generado a través de la sistematización de datos y análisis de información es un elemento estratégico en la toma de decisiones informadas, se reconoce la necesidad de que el proceso mismo, asegure la calidad de los datos y la información (Chapman, 2005c; Josse et al., 2013). Esta calidad, puede obtenerse a través de procesos estandarizados y objetivos, los cuales incluyen controles de calidad en distintas etapas del procesamiento, dado que el costo de la reparación de errores tiende a aumentar conforme se avanza en la sistematización (Chapman, 2005a; Chapman, 2005b). Aplicando esto también para los datos con representación espacial (Chapman y Wieczorek, 2006).

Sistematización y gestión de información sobre la diversidad biológica. La aplicación de los sistemas de información en la generación y disposición de información armonizada y sistematizada, de interés social, sobre el estado de la diversidad biológica, que permita evaluar los cambios en sus componentes y contribuya con la toma de decisiones ha sido reconocida a distintas escalas (Andrade y Londoño, 2016; Andrade y Wills, 2010; Chapman, 2005c; Kelling, 2008; Larsen et al., 2012; Levin et al., 2014). A nivel global se ha desarrollado la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (Remib), que es un sistema computarizado de bases de datos de colecciones biológicas (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, 2013a). De manera similar, existen otras iniciativas a nivel mundial entre las que se puede mencionar la *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)*, el intercambio de información del Convenio de Diversidad Biológica (conocido como *Clearing-House Mechanism*), y el Programa del Hombre y la Biosfera.

A escala regional, a través de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), se ha implementado el Sistema Mesoamericano de Información sobre Biodiversidad (Simebio), el Sistema de Información Ambiental Mesoamericano (SIAM), la Red Interamericana de Información sobre Biodiversidad (IABIN) impulsada por la Organización de los Estados Americanos (OEA) y el Programa estratégico regional de monitoreo y evaluación de la biodiversidad (Promebio) (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, 2013b; Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, 2002; Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2005).

A escala de nación, uno de los mejores ejemplos es el de México, a través de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio), la cual cuenta con el Sistema Nacional de Información en Biodiversidad (SNIB) (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, 2012). Otro ejemplo es el Instituto Nacional de Biodiversidad de Suráfrica (SANBI), creado en el año 2004, el cual busca contribuir con el desarrollo del país a través de la generación e intercambio de información y conocimiento sobre diversidad biológica como apoyo para la toma de decisiones (<https://www.sanbi.org/>).

Representación espacial de la distribución de la diversidad biológica para la conservación. Un elemento de relevancia en la sistematización de información sobre diversidad biológica, es la representación espacial de la información a través de registros con referencias espaciales que permiten conocer la distribución de una especie o ecosistema en el espacio. Esta información es clave para la planificación relacionada con la conservación de especies y ecosistemas amenazados, incluyendo lo relacionado con el ordenamiento y planificación espacial de las actividades productivas, con el fin de minimizar los impactos negativos.

Sin embargo, normalmente existen vacíos de información con respecto a los registros disponibles sobre una determinada especie, por lo que una herramienta común para proyectar las áreas donde potencialmente puede estar presente una especie, son los modelos que permiten la correlación entre los registros de dicha especie y las variables abióticas del entorno, conocidos como modelos de distribución potencial (Soberón et al., 2017). Entre los algoritmos más utilizados para el desarrollo de estos modelos en la actualidad, se encuentra MaxEnt, debido a la facilidad de su uso y su alta precisión en las proyecciones que realiza en comparación con otros métodos (Merow et al., 2013; Simoes et al., 2020).

Estado de conservación o grado de amenaza de especies como insumo para la toma de decisiones. Tanto a escala mundial como nacional existen distintas iniciativas para categorizar el estado de conservación o grado de amenaza de las distintas especies de flora y fauna, las cuales están basadas en el uso de datos e información disponible sobre especies y ecosistemas. En todas estas iniciativas los datos espaciales sobre áreas de distribución forman parte de los criterios para la inclusión de especies. Una de las más conocidas a escala mundial es la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en la cual se asignan distintas categorías de amenaza

a especies y ecosistemas en una escala global (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2001; 2010). Otra clasificación reconocida, es la desarrollada por NatureServe, clasificación que es empleada tanto a nivel global, como a escalas nacional y subnacional para Estados Unidos, Canadá y otros países de la red.

A escala nacional, existe la Lista de Especies Amenazadas de Guatemala (LEA) desarrollada por el Conap, en la cual se clasifican las especies en tres categorías de acuerdo a su nivel de amenaza (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2009). La primera LEA fue desarrollada por el Cecon en el año 1992, oficializada por Conap en 1993 y publicada en 1994 (Conap, 2009). La primera actualización se implementó en 1995, con algunos cambios e inclusión de criterios en los años subsiguientes, hasta su actualización en el año 2006 (Conap, 2009; Jolón-Morales y Sánchez-Castañeda, 2006). En el 2020 se finalizó la más reciente actualización del listado, incluyendo modificaciones a las categorías de amenaza.

Áreas clave para la conservación. Como una respuesta frente a la tendencia global hacia la aceleración en la pérdida de la diversidad biológica, surge la iniciativa denominada áreas clave de diversidad biológica (KBAs por sus siglas en inglés), la cual busca promover la identificación, mapeo, monitoreo y conservación de sitios a nivel mundial, en los cuales se puedan enfocar esfuerzos comunes (Eken et al., 2004; Knight et al., 2007). Para el desarrollo de esta iniciativa se formó una alianza entre doce instituciones relacionadas con la conservación a nivel mundial, incluyendo entre ellas a la UICN y NatureServe. Para Guatemala se han identificado 26 KBAs que cubren aproximadamente 53 km² del territorio nacional, de las cuales se estima que únicamente el 12 % están totalmente protegidas por el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap).

Sistematización y gestión de información sobre la diversidad biológica en Guatemala. En el país existen distintas iniciativas para la gestión y manejo de información sobre la diversidad biológica del país, entre las que se encuentra el CDC del Cecon. El CDC es una unidad del Cecon, especializada en el manejo de información sobre la diversidad biológica y conservación, la cual fue creada en el año 1989, como una iniciativa de The Nature Conservancy (TNC) y la Usac. El CDC desde su creación basa sus operaciones en la metodología de Patrimonio Natural (*Natural Heritage*) desarrollada por TNC y mejorada y actualizada por la ONG internacional NatureServe (Barrios et al., 2014; NatureServe, 2014; TNC, 1982). En la actualidad la base de datos de

Patrimonio Natural del CDC, cuenta con más de 24,000 registros de especies de vertebrados en todo el país. El CDC ha realizado estudios enfocados en especies amenazadas a nivel nacional, tales como Valdez et al. (1999a), Valdés et al. (1999b), Valdez et al. (1999c) y Valdez et al. (2000).

Otra iniciativa para la sistematización de información sobre diversidad biológica de Guatemala, es el Sistema Universitario de Información sobre la Biodiversidad y Conservación (SIRBIOC), desarrollado por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Usac para integrar el manejo de información sobre diversidad biológica, con énfasis en las colecciones biológicas de la Escuela de Biología/ Museo de Historia Natural (Mushnat), colecciones del herbario BIGU y bases de datos sobre diversidad biológica de otras unidades. De manera similar, a inicios de los años 2000, el Mushnat y el sistema de colecciones biológicas de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) proponen la creación del Sistema guatemalteco de información sobre biodiversidad (SGIB). Bajo esta iniciativa se realizaron proyectos con el co-financiamiento de la Dirección General de Investigación (Digi) de la Usac y de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (Senacyt), con los cuales se fortalecieron las colecciones científicas y hubo importantes avances en el conocimiento de la diversidad biológica del país (Illescas et al., 2011; Prado y Cazalli, 2007).

Dada la necesidad de contar con un sistema de información integrado, en el cual se encuentre disponible información sobre la diversidad biológica del país, en el año 2017 el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) crea el Sistema Nacional de Información en Diversidad Biológica de Guatemala (SNIDB-gt), como una iniciativa que integra la información disponible distintas bases de datos a escalas nacional y global (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2017). El SNIDB-gt está disponible por medio del Mecanismo de intercambio de información sobre diversidad biológica (<http://www.chmguatemala.gob.gt/>), su administración está a cargo del Conap y poseen una red de proveedores que alimentan el sistema con datos sobre diversidad biológica, entre los cuales se encuentra el Cecon de la Usac. En este portal se pueden consultar y descargar registros de ocurrencias de especies y en el año 2021 se habilitó la plataforma iNaturalist-gt para incluir observaciones de especies (fotos, cantos o sonidos) provenientes de aficionados como parte de programas de ciencia ciudadana.

Recientemente se crea el portal de biodiversidad de Guatemala, el cual está alojado en los servidores del Centro de Integración del Conocimiento de la Biodiversidad (BIOKIC) de la

Universidad Estatal de Arizona (ASU), en Estados Unidos. En este portal se encuentran datos de colecciones de la UVG y USAC, disponibles para su consulta al público. También posee una plataforma para incluir observaciones de ciencia ciudadana. El Cecon también es proveedor de información para este portal. Asimismo, a través del mismo, el Cecon es proveedor de información para la GBIF.

7. Estado del arte

Internacional. Existen diversas iniciativas a nivel global, regional y nacional para la identificación de áreas de importancia para la diversidad biológica, con una tendencia al uso de la tecnología actual que permite el intercambio de datos y análisis en tiempo real, con métodos transparentes y repetibles, a través de aplicaciones interactivas que facilitan la retroalimentación por expertos. Una de las iniciativas relacionadas con el presente proyecto, es el mapa de importancia para la biodiversidad (MoBi por sus siglas en inglés) de Estados Unidos desarrollado por NatureServe para el año 2020, el cual integra mapas de distribución potencial de 2,216 especies con una alta resolución. El mapa previo de la biodiversidad de Estados Unidos de NatureServe, realizado sin modelado de la distribución potencial de especies, la última versión corresponde al año 2013, y era un mapa difícil de actualizar, con vacíos en áreas no muestreadas y con baja resolución. Esta iniciativa forma parte de la iniciativa a nivel global ArcGIS Living Atlas of the World del *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) con diversos socios, con el fin de hacer disponible información espacial para diversos usuarios.

Otra iniciativa orientada al desarrollo y compilación de modelos de distribución a una escala de nación, en este caso de Colombia, es la plataforma Biomodelos del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (<http://biomodelos.humboldt.org.co/es>). Esta plataforma permite la colaboración de expertos en el desarrollo y validación de modelos de distribución de especies presentes en Colombia, como un insumo para la toma de decisiones. Para junio del 2021 la plataforma contenía modelos para 47,340 especies (22,840 plantas y 24,500 animales)

A escala global la Lista Roja de especies de la UICN contiene una plataforma espacial con los mapas de distribución de las especies que han sido evaluadas, las cuales pueden ser utilizadas como marco de referencia ya que poseen una resolución a escala global. Los mapas de las especies son actualizados cada vez que se actualiza la evaluación de una especie.

Nacional. A escala nacional, se desarrolló el análisis de vacíos terrestres y marinos a través de la integración de información espacial de especies de flora y fauna presentes en el país (Asociación Balam para la Conservación de los Recursos Naturales y Culturales Integrados, 2007; Conap, 2010; Conap y MARN, 2009; Vielman y Jolón, 2010). En este análisis se desarrollaron modelos de distribución para especies utilizando el programa MaxEnt. El resultado de este análisis fue la identificación de sitios donde la diversidad biológica se encuentra representada de mejor manera, a partir del cual se propuso un portafolio con la propuesta de nuevas áreas protegidas terrestres y marinas para el llenado de los vacíos de representatividad en el SIGAP.

Bustamante et al. (2012) realizaron un análisis de la efectividad ecológica de los espacios terrestres incluidos en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) empleando los mapas de distribución de especies endémicas disponibles en la lista roja de la UICN. En este estudio se estimó la diversidad alfa, beta y gamma para los grupos de vertebrados terrestres. Se identificaron tres áreas con altos valores de diversidad biológica o *hotspots*, y siete provincias faunísticas para Guatemala.

Modelado de especies individuales de fauna. Para el país, ya sea a nivel nacional o regional, se han desarrollado una serie de modelos de distribución potencial para especies individuales o grupos de especies, los cuales han sido desarrollados utilizando los programas GARP y MaxEnt, así como aplicaciones en lenguaje R. Se incluyen tesis de la Escuela de Biología de la Usac y proyectos de investigación cofinanciados por la Dirección General de Investigación (Digi) de la Usac y la Senacyt.

Entre los modelos desarrollados se encuentran para herpetofauna, para ranas de familia Hylidae por Leiva (2015), lagartijas de género *Abronia* por Ariano (2010) y el escorpión o niño dormido *Heloderma charlesbogerti* por Ariano y Salazar (2007). Para aves se pueden mencionar, el pavo de cacho *Oreophasis derbianus* por Cóbar (2006), guacamaya escarlata *Ara macao* y el loro nuca amarilla *Amazona auropalliata* por Silva (2019), especies de loros para la península de Yucatán

por Plasencia y Escalona (2014) y el chipe de mejillas doradas *Dendroica chrysoparia* (Cóbar et al., 2010). Para mamíferos se incluyen los primates mono aullador negro *Alouatta pigra* y mono araña *Ateles geoffroyi* (Ramírez, 2018; Tun, 2021), tapir *Tapirus bairdii* (Aguilera, 2020; García et al., 2008; 2009; 2016; Schanck et al., 2015) y xenartros. También se han desarrollado modelos para especies de invertebrados como abejas y abejorros (Escobedo et al., 2018; Martínez-López et al., 2021), mosquitos del género *Haemagogus* (Liria y Navarro, 2010), chinches del género *Triatoma* (Castellanos, 2017) y gorgojos del género *Phyllophaga* (Barrios, 2009).

A través de estos estudios se han determinado áreas de importancia para la conservación de estas especies en el país, asimismo, algunos resultados han mostrado el grado de vulnerabilidad de determinadas especies ante escenarios de cambio climático como es el caso del tapir, abejas y abejorros (Aguilera, 2020; Escobedo et al., 2018; Martínez-López et al., 2021).

8. Objetivos

General

Disponer de información espacial ordenada, sistematizada y accesible sobre áreas clave para la conservación de especies de vertebrados terrestres amenazados de Guatemala como base para la toma de decisiones informadas relacionadas con la conservación, uso sostenible y planificación territorial.

Específicos

Compilar registros de ocurrencia de las especies de vertebrados amenazados de Guatemala generados a partir de investigación científica.

Elaborar modelos de distribución potencial de las especies seleccionadas de vertebrados amenazados para las condiciones climáticas actuales y proyecciones a futuro bajo escenario de cambio climático.

Delimitar áreas clave para las especies seleccionadas de vertebrados amenazados en Guatemala.

9. Hipótesis

No aplica

10. Materiales y métodos

10.1 Enfoque de la investigación

Indicar el enfoque de la investigación (cuantitativo, cualitativo o mixto): enfoque cuantitativo

10.2 Método

El método general para la captura y procesamiento de datos estuvo basado en la metodología de Patrimonio Natural (*Natural Heritage*) empleada por el CDC del Cecon de la Usac (NatureServe, 2014; TNC, 1982).

Y, de manera específica, el método empleado fue el modelado de la distribución potencial de las especies a través de modelos correlacionales. Estos modelos proyectan la distribución potencial de una especie en determinado territorio, a través de la correlación entre registros conocidos de la especie con variables bioclimáticas.

10.3 Recolección de información

La recolección de información para el modelado de la distribución potencial de especies se realizó a través de la consulta y revisión de fuentes ya existentes y la sistematización de dicha información. Los criterios de inclusión de los datos a utilizar fueron:

- Los datos a recabar consistieron en registros de ocurrencia u observaciones de las 173 especies de vertebrados terrestres incluidas en las categorías de la Lista Roja de la UICN: críticamente amenazado (CR), vulnerable (VU) y amenazado (EN) de acuerdo al Catálogo de Autoridades Taxonómicas del Centro de Estudios Conservacionistas (2022).
- Los datos debían contener una vinculación espacial (que incluyen coordenadas o están relacionadas a una localidad específica).
- Que se encontrasen en alguna de las siguientes fuentes: tesis (licenciatura, maestría, doctorado o postdoctorado), informes finales de investigación de Digi de la Usac o Senacyt, bases de datos de museos o colecciones científicas, artículos científicos en revistas indexadas y bases de datos de registros directos colectados por investigadores del Cecon.
- En bases de datos de ciencia ciudadana como iNaturalist o eBird.

La recolección de registros de ocurrencia de las especies se realizó a través de la consulta de información en:

- Base de datos de patrimonio natural del CDC del Cecon (sección de fauna)
- Centro de documentación de la Dirección General de Investigación (Digi) de la Usac y Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (Senacyt)

- Bibliotecas de la Usac (sección de tesis) y de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG)
- Revistas científicas de libre acceso
- Bases de datos en línea de museos (VerNet) y la Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y del portal del SNIDB_gt y el portal de Biodiversidad de Guatemala.
- ONGs nacionales e internacionales que realizan investigación y monitoreo en áreas protegidas del país como Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), Fundación para el Ecodesarrollo (Fundaeo), Wildlife Conservation Society (WCS), entre otras.

Los datos de variables bioclimáticas para los modelados de distribución potencial, tanto en condiciones históricas (1,970 - 2,000) o proyecciones a futuro (2,081 - 2,100) fueron descargadas del sitio Worldclim (Fick y Hijmans, 2017) con una resolución de $\sim 1 \text{ km}^2$ (Tabla 1). Para las proyecciones a futuro se utilizó el modelo de clima global de alta resolución MPI-ESM1-2-HR con dos escenarios socioeconómicos compartidos (SPP por sus siglas en inglés): 126 y 585 (Gutjahr et al., 2019). Este modelo es considerado uno de los nueve modelos con mejor desempeño para Norteamérica, Centroamérica y el Caribe (Almazroui et al., 2021).

Tabla 1

Variables bioclimáticas utilizadas para el modelado de la distribución potencial de especies amenazadas de vertebrados terrestres presentes en Guatemala

Código	Variable	Traducción
BIO1	Annual Mean Temperature	Temperatura media anual
BIO2	Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))	Rango diurno medio (media mensual (temp max – temp min))
BIO3	Isothermality (BIO2/BIO7) ($\times 100$)	Isotermalidad (BIO2/BIO7) ($\times 100$)
BIO4	Temperature Seasonality (standard deviation $\times 100$)	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar $\times 100$)

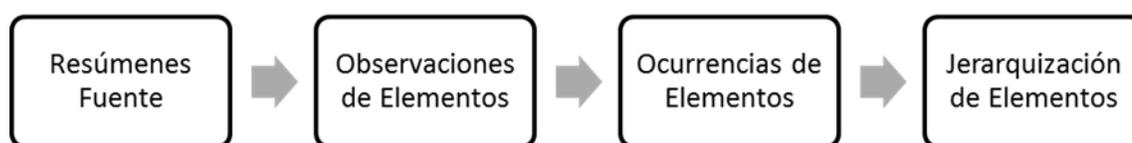
Código	Variable	Traducción
BIO5	Max Temperature of Warmest Month	Temperatura máxima en el mes más cálido
BIO6	Min Temperature of Coldest Month	Temperatura mínima en el mes más frío
BIO7	Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO8	Mean Temperature of Wettest Quarter	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Mean Temperature of Driest Quarter	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Mean Temperature of Warmest Quarter	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11	Mean Temperature of Coldest Quarter	Temperatura media del trimestre más frío
BIO12	Annual Precipitation	Precipitación anual
BIO13	Precipitation of Wettest Month	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitation of Driest Month	Precipitación del mes más seco
BIO15	Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitation of Wettest Quarter	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitation of Driest Quarter	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitation of Warmest Quarter	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitation of Coldest Quarter	Precipitación del trimestre más frío

Captura de datos de literatura gris. El procesamiento de datos obtenidos en tesis e informes técnicos estuvo basado en la metodología de Patrimonio Natural (*Natural Heritage*). Esta

metodología ha sido mejorada y actualizada a través de los años lo cual mejora su efectividad, tanto en el procesamiento de la información, como en la aplicación de la misma en la toma de decisiones (NatureServe, 2014; TNC, 1982).

Figura 2

Diagrama de flujo de la información a través de la metodología de patrimonio natural



Los datos del presente proyecto fueron procesados en los dos primeros pasos de la metodología. Los Resúmenes de Fuente (RFs) registran los metadatos de los documentos procesados incluyendo los campos: tipo de documento, autor(es), año, título, taxones incluidos, cobertura geográfica y tipo de comunidad natural. Las Observaciones de elemento (ObsE) registran ocurrencias de especies a partir de las fuentes de información ingresadas previamente en los RFs. Contienen los campos: especie, sitio, localidad, coordenadas, precisión, altitud y fuente (RF). Con el fin de evitar errores de sintaxis, las especies son asignadas a partir de la tabla de Rastreo de Elemento (RE), la cual incluye información taxonómica actualizada (Centro de Estudios Conservacionistas, 2021).

Las ocurrencias de especies que no poseen coordenadas son georreferenciadas con base a la descripción de las localidades de observación o colecta, o asignando las coordenadas de una localidad de referencia a partir de la tabla de Sitios de la base de datos del CDC. La precisión de la georreferenciación se registra en el campo precisión indicando si el error estimado es de grados, minutos (de km) o segundos (de m).

10.4 Técnicas e instrumentos

Se proyectó la distribución potencial de las especies de interés a partir de la correlación entre los registros de ocurrencia que fueron compilados, sistematizados y depurados con

variables bioclimáticas en condiciones actuales (1,970 - 2,000) y proyecciones a futuro (2,081 - 2,100). Estas proyecciones sirvieron para desarrollar el resultado final del mapa de áreas clave para la conservación de especies de fauna amenazada.

10.5 Procesamiento y análisis de la información

Selección de las especies. Se realizó la selección de 50 especies para el modelado de distribución potencial con base en: a) el número de ocurrencias, dando prioridad a aquellas con mayor número de registros y de preferencia excluyendo aquellas que tuviesen menos de 40 ocurrencias, b) especies endémicas, procurando tener representatividad de las siete provincias faunísticas descritas por Bustamante et al. (2012), c) con representatividad de las cuatro clases de vertebrados terrestres (Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia) de acuerdo a las recomendaciones de Bustamante et al. (2012), por lo que se seleccionaron nueve o más especies de cada clase, y d) el grado de amenaza en la Lista Roja de la UICN, dando prioridad a las especies en la categoría CR, seguidas de VU y por último EN. Para especies en la categoría LC se tomaron en cuenta aquellas incluidas en la LEA.

Modelado de distribución potencial. Se realizó el modelado para cada una de las especies seleccionadas con el principio de la máxima entropía (Phillips et al., 2006). De manera exploratoria se utilizó la aplicación Wallace (Kass et al., 2017) para un análisis preliminar de los registros, las variables bioclimáticas y los modelos de nicho ecológico generados al correlacionar ambos datos, de modo que permitió ajustar los parámetros a emplear en el modelado posterior. Se utilizaron los registros de ocurrencia compilados, los cuales fueron espaciados entre sí (*thinned*) con una distancia de 1 km o su rango de hogar con base en literatura. Como área de calibración (área M) se seleccionó el polígono mínimo convexo con 0.5 grados de buffer. Se generó un máximo de 10,000 puntos de background y se seleccionó la partición de los datos espacial de tablero (*checkerboard*) con 2 grupos. Para aquellas especies con menos de 40 ocurrencias se seleccionó como método de partición Jackknife. Para cada especie, se generaron modelos de nicho ecológico a partir de las distintas características (*features*) y sus combinaciones (lineares, cuadráticas, de producto, de umbral y tipo bisagra o *hinge*). Se seleccionaron todas las opciones y el rango de multiplicadores

de 0.5-9.5 con un intervalo de 1. Adicionalmente, se activó la función *clamping*, la cual considera a los valores de las variables afuera del rango de entrenamiento como que si están cerca de los límites de dicho rango. Los modelos generados se evaluaron utilizando el criterio de información de Aikake (AIC) y la tasa de omisión (Simoes et al., 2020). Aquellos modelos con valores promedio de la tasa de omisión del mínimo de presencias de entrenamiento (avg.MTP) < 0.05 y con el menor valor de AIC fueron considerados para el modelado posterior. Las proyecciones de la distribución potencial se realizaron con escala logarítmica (cloglog) y se obtuvieron los valores del valor mínimo de entrenamiento y valor mínimo 10 percentil.

Posteriormente, se generaron modelos de nicho potencial y proyección de la distribución potencial de las especies utilizando el programa MaxEnt versión 3.4.4 (Phillips et al., 2006), el cual ha sido reconocido como uno de los mejores programas por su facilidad de uso y precisión en las proyecciones (Merow et al., 2013). Se utilizaron los registros de ocurrencias y las capas de las variables bioclimáticas procesadas en la aplicación Wallace. Así mismo se seleccionó el tipo de característica (*feature*) o su combinación y el multiplicador de regularización correspondiente al modelo seleccionado para cada especie. Con estos insumos se ejecutaron los modelos en MaxEnt.

Para cada modelo se realizaron 100 réplicas utilizando como método de remuestreo Bootstrap. El 30% de los registros se utilizó para la validación del modelo y el 70% restante para la generación del modelo. Se seleccionaron únicamente las variables bioclimáticas correspondientes al modelo seleccionado en la calibración. Así mismo, se activó la opción para la realización de la prueba de Jackknife para determinar la contribución de las variables para el modelo. Para las proyecciones a futuro se utilizó la opción de “proyección en otras áreas” con 20 réplicas para las variables bioclimáticas proyectadas para el año 2,081 - 2,100 correspondiente al modelo MPI-ESM1-2-HR para los escenarios spp 126 y spp 585.

Los modelos que se obtuvieron fueron evaluados a partir del criterio del área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés), seleccionando el modelo con el valor de la mediana. Los mapas de los modelos seleccionados fueron transformados en mapas binarios de hábitat/no

hábitat. Los valores de corte para estas categorías fueron definidos a partir de los resultados de 10 percentil correspondiente al modelo de Wallace.

Los mapas binarios se recortaron con los valores correspondientes y fueron transformados en polígonos en formato vectorial. Los polígonos fueron editados eliminando áreas proyectadas afuera de la distribución reportada en la lista roja de la UICN, así como en literatura especializada: Köhler (2011) para anfibios, Köhler (2003) para reptiles, Fagan y Komar (2016) para aves y Reid (2009) para mamíferos.

Delimitación de áreas clave. A partir de los mapas de la dinámica forestal en Guatemala 1996-2016 (para los años 2001, 2005, 2010 y 2016) y del mapa de uso del suelo 2020 se extrajo la cobertura forestal para los años respectivos. Para el mapa del 2020 se extrajeron las clases: Bosques, Zona verde urbana, Humedal con bosque y Humedal con vegetación como cobertura forestal (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, 2021). Empleando el programa ArcMap se recortó el mapa de cobertura forestal con cada modelo de distribución potencial, de modo que se obtuvo la disponibilidad de hábitat potencial para las especies en los distintos años. A través de la diferencia del área de hábitat potencial en los distintos años se estimó la pérdida de hábitat para cada especie con respecto a la distribución potencial. El mapa para el año más reciente se consideró como la distribución potencial actual.

Una vez que se contó con los mapas de distribución potencial binarios para todas las especies seleccionadas, se sumaron utilizando la aplicación de la calculadora raster del programa ArcMap. A partir del resultado de la suma de todos los mapas se generó el mapa de riqueza potencial de las especies seleccionadas (diversidad alfa) para todo el territorio guatemalteco. De manera similar, se sumaron los mapas de distribución potencial de las especies en escala logarítmica, tanto para las condiciones históricas (1,970 – 2,000) como para las proyecciones a futuro (2,081 - 2,100) en ambos escenarios SPP 126 y 585. Los mapas de riqueza potencial para condiciones actuales y proyecciones a futuro fueron comparados con el fin de determinar cambios en patrones espaciales de áreas con alto valor para la diversidad biológica.

11. Resultados y discusión

11.1 Resultados

Selección de especies

A partir del manejo de información por parte del proyecto se actualizó la tabla de rastreo de elementos de la base de datos del CDC con respecto al listado de especies amenazadas de acuerdo a la UICN, alcanzando 265 especies para Guatemala (Tabla 2 y Tabla A1). La clase Amphibia presentó el mayor porcentaje de especies amenazadas con 67 % y la clase Aves el menor porcentaje con 7 %. La mayoría de las especies corresponden a las categorías amenazado, vulnerable y cercano a estar amenazado.

Tabla 2

Número de especies amenazadas en Guatemala por clase taxonómica y categoría de la lista roja UICN

Clase	EX	CR	EN	VU	NT	DD	Porcentaje amenazado
Amphibia	1	31	36	29	11	3	67
Reptilia	0	6	19	16	12	7	22
Aves	1	3	4	15	32	0	7
Mammalia	0	1	9	8	12	9	17
Total	2	41	68	68	67	19	

Nota. Categorías de amenaza en la lista roja de la UICN: EX = extinta, CR = críticamente amenazada, EN = amenazada, VU = vulnerable, NT = cercana a estar amenazada y DD = con datos deficientes.

De las especies amenazadas en el país se seleccionaron 50 especies de vertebrados terrestres (Tabla 3). En el Apéndice A se presenta el listado de las especies seleccionadas incluyendo su taxonomía, nombre común y categoría de amenaza.

Tabla 3

Especies seleccionadas de vertebrados terrestres en categorías de amenaza de extinción de acuerdo a la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Amphibia	Reptilia	Aves	Mammalia
Provincia Yucatánica			
	<i>Rhinoclemmys areolata</i> (NT), <i>Cachryx defensor</i> (VU)	<i>Meleagris ocellata</i> (NT)	<i>Mazama pandora</i> (VU)
Provincia Petenera			
<i>Bolitoglossa mulleri</i> (VU)	<i>Lepidophyma mayae</i> (NT), <i>Plestiodon sumichrasti</i> (LC, LEA 3,3C), <i>Micrurus diastema</i> (LC), <i>Lepidophyma flavimaculatum</i> (LC)	<i>Amazona guatemalae</i> (NT), <i>Ramphastos sulfuratus</i> (NT)	<i>Balantiopteryx io</i> (VU), <i>Bauerus dubiaquercus</i> (NT), <i>Tapirus bairdii</i> (EN)*, <i>Mazama temama</i> (DD)*
Provincia Montañosa central (Verapaz)			
<i>Bolitoglossa cuchumatana</i> (EN), <i>Bolitoglossa meliana</i> (EN), <i>Bolitoglossa helmrichi</i> (VU)	<i>Bothriechis aurifer</i> (VU), <i>Anolis cobanensis</i> (VU), <i>Anolis petersii</i> (NT)	<i>Pharomachrus mocinno</i> (NT)*, <i>Penelopina nigra</i> (VU)*	<i>Peromyscus grandis</i> (NT), <i>Mazama temama</i> (DD)*, <i>Tapirus bairdii</i> (EN)*

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Amphibia	Reptilia	Aves	Mammalia
Provincia Altiplano			
<i>Pseudoeurycea rex</i> (VU), <i>Bolitoglossa morio</i> (CR), <i>Plectrohyla glandulosa</i> (CR), <i>Duellmanohyla</i> <i>soralia</i> (EN)	<i>Thamnophis fulvus</i> (LC, LEA 2, 3B)	<i>Penelopina nigra</i> (VU)*, <i>Pharomachrus</i> <i>mocinno</i> (NT)*, <i>Oreophasis derbianus</i> (EN)*	<i>Habromys lophurus</i> (NT), <i>Cryptotis</i> <i>goodwini</i> (LC)
Provincia Bocacosta			
<i>Bolitoglossa franklini</i> (VU), <i>Bolitoglossa</i> <i>flavimembris</i> (EN), <i>Bolitoglossa engelhardti</i> (EN), <i>Craugastor stuarti</i> (VU), <i>Plectrohyla avia</i> (EN), <i>Bolitoglossa</i> <i>salvinii</i> (VU)	<i>Anolis cristifer</i> (DD), <i>Tantilla jani</i> (VU), <i>Corytophanes</i> <i>percarinatus</i> (LC, LEA 2, 3B)	<i>Poeciloastreptus</i> <i>cabanisi</i> (VU), <i>Oreophasis derbianus</i> (EN)*, <i>Pharomachrus</i> <i>mocinno</i> (NT)*, <i>Penelopina nigra</i> (VU)*	<i>Mazama temama</i> (DD)*, <i>Tapirus</i> <i>bairdii</i> (EN)*
Provincia Bosques secos			
	<i>Crotalus simus</i> (LC, LEA 3)*, <i>Agkistrodon</i> <i>bilineatus</i> (NT, LEA 1 3A)*, <i>Iguana</i> <i>rhinolopha</i> (LEA 3, 3C)*	<i>Momotus mexicanus</i> (LC, LEA 3C), <i>Eupsittula canicularis</i> (VU)*	<i>Leptonycteris</i> <i>yerbabuenae</i> (NT)

Amphibia	Reptilia	Aves	Mammalia
Provincia Costera del Pacífico			
	<i>Agkistrodon bilineatus</i> (NT, LEA 1 3A)*, <i>Iguana rhinolopha</i> (LEA 3, 3C)*, <i>Crotalus simus</i> (LC, LEA 3)*	<i>Amazona</i> <i>auropalliata</i> (CR), <i>Eupsittula canicularis</i> (VU)*	<i>Peromyscus gymnotis</i> (LC), <i>Mazama</i> <i>temama</i> (DD)*, <i>Tapirus bairdii</i> (EN)*

Nota: categorías IUCN: CR = críticamente amenazada, EN = amenazada, VU = vulnerable, NT = cercano a estar amenazado, DD = con datos deficientes y LC = con preocupación menor. * = especies con presencia en más de una provincia.

Registros de ocurrencias de especies

Se compilaron 68,914 registros de las especies seleccionadas que corresponden a 25,380 localidades únicas separadas por 1 km para la especie correspondiente (Apéndice B). Del total de localidades únicas el 76 % (19, 227 registros) corresponden a registros de aves, mientras que solamente el 2 % (472 registros) corresponde a registros de anfibios. Los registros de mamíferos y reptiles corresponden al 7 y 15 % respectivamente. El investigador de la Universidad del Valle M. Sc Daniel Ariano proporcionó registros para *C. defensor* (Gil-Escobedo, en prensa; Malone et al., 2017; Monter et al., 2022) y *C. palearis*.

Modelado de calibración

Se desarrollaron modelos de calibración para las 50 especies seleccionadas, a partir de los cuales se seleccionó el mejor modelo de acuerdo a los criterios empleados (Tablas 4 y C1). Para las especies *L. mayae* y *A. cristifer* ninguno de los modelos generados cumplió con los parámetros establecidos. Todas las especies de la clase Aves presentaron el valor mínimo del multiplicador de regularización, lo que representa modelos más ajustados a los registros de ocurrencias de entrenamiento. Los anfibios mostraron una tendencia a presentar modelos menos complejos con la mayoría con modelos tipo L (5/14) y H (4/14). Los reptiles no presentaron ningún modelo tipo L y la mayoría presentaron tipo H (7/14). Las aves y mamíferos no presentaron modelos tipo H

con una tendencia a los modelos más complejos (LQH y LQHP). Con respecto a los valores AUC, los anfibios presentaron el menor valor promedio (0.81), las aves el mayor valor promedio (0.9) y los reptiles (0.86) y mamíferos (0.85) valores intermedios.

Tabla 4

Resultados del modelado de calibración para las especies seleccionadas en la aplicación Wallace

Especie	Registro s únicos	Mejor modelo	AUC	AIC	Número variables	Valor 10 percentil
Anfibios						
<i>Bolitoglossa cuchumatana</i>	28	rm.2.5_fc.H	0.883	489.961	6	0.537
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	31	rm.1.5_fc.L	0.835	535.139	5	0.275
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	35	rm.0.5_fc.L	0.854	563.822	9	0.2
<i>Bolitoglossa franklini</i>	97	rm.2.5_fc.LQH	0.809	1761.748	9	0.237
<i>Bolitoglossa helmrichi</i>	49	rm.1.5_fc.LQ	0.857	878.694	7	0.265
<i>Bolitoglossa meliana</i>	4	rm.4.5_fc.H	0.934	58.458	1	0.749
<i>Bolitoglossa morio</i>	41	rm.3.5_fc.LQH	0.797	716.317	4	0.449
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	22	rm.0.5_fc.LQ	0.798	388.698	6	0.34
<i>Bolitoglossa salvini</i>	19	rm.3.5_fc.H	0.62	344.812	1	0.617
<i>Craugastor stuarti</i>	37	rm.0.5_fc.L	0.875	726.271	10	0.231
<i>Duellmanohyla soralia</i>	45	rm.5.5_fc.LQ	0.802	748.789	2	0.364
<i>Plectrohyla avia</i>	22	rm.2.5_fc.L	0.742	376.355	3	0.437
<i>Plectrohyla glandulosa</i>	28	rm.3.5_fc.L	0.827	527.961	4	0.324
<i>Pseudoeurycea rex</i>	14	rm.3.5_fc.H	0.687	268.009	2	0.544
Reptiles						
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	174	rm.4.5_fc.LQHP	0.854	4624.451	16	0.306
<i>Anolis cobanensis</i>	65	rm.2.5_fc.H	0.924	1193.624	7	0.132
<i>Anolis cristifer</i>	7	--	--	--	--	--
<i>Anolis petersii</i>	42	rm.7.5_fc.H	0.756	974.076	3	0.524
<i>Bothriechis aurifer</i>	36	rm.6.5_fc.H	0.897	745.981	6	0.395

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Registro s únicos	Mejor modelo	AUC	AIC	Número variables	Valor 10 percentil
<i>Cachryx defensor</i>	67	rm.4.5_fc.LQH	0.813	1481.369	9	0.158
<i>Corytophanes percarinatus</i>	68	rm.2.5_fc.H	0.849	1542.742	9	0.039
<i>Crotalus simus</i>	133	rm.1.5_fc.LQH	0.856	3493.202	18	0.297
<i>Iguana rhinolopha</i>	2031	rm.0.5_fc.LQHP	0.874	54205.70	19	0.275
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	375	rm.0.5_fc.H	0.879	9770.938	19	0.287
<i>Lepidophyma mayae</i>	8	--	--	--	--	--
<i>Micrurus diastema</i>	256	rm.1.5_fc.LQ	0.704	6603.919	10	0.452
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	93	rm.3.5_fc.H			9	0.243
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	358	rm.0.5_fc.LQH	0.841	8640.016	18	0.341
<i>Tantilla jani</i>	17	rm.8.5_fc.H	0.834	338.23	2	0.623
<i>Thamnophis fulvus</i>	127	rm.1.5_fc.LQH	0.92	2722.053	12	0.15
Aves						
<i>Amazona auropalliata</i>	55	rm.0.5_fc.L	0.844	1270.593	13	0.314
<i>Amazona farinosa</i>	3144	rm.0.5_fc.LQHP	0.903	77162.56	19	0.346
<i>Eupsittula canicularis</i>	5954	rm.0.5_fc.LQHP	0.917	148899.1	19	0.413
<i>Meleagris ocellata</i>	846	rm.0.5_fc.LQH	0.875	19474.68	19	0.261
<i>Momotus mexicanus</i>	2720	rm.0.5_fc.LQHP	0.892	69410.14	19	0.392
<i>Oreophasis derbianus</i>	178	rm.0.5_fc.LQ	0.933	3530.551	17	0.155

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Registro s únicos	Mejor modelo	AUC	AIC	Número variables	Valor 10 percentil
<i>Penelopina nigra</i>	766	rm.0.5_fc.LQ	0.893	17875.84	19	0.178
				6		
<i>Pharomachrus mocinno</i>	1128	rm.0.5_fc.LQHP	0.957	23859.93	19	0.277
				7		
<i>Poecilostreptus cabanisi</i>	104	rm.0.5_fc.L	0.942	1930.166	14	0.201
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	4332	rm.0.5_fc.LQHP	0.804	112222.2	18	0.399
				52		
Mamíferos						
<i>Ballantiopteryx io</i>	77	rm.1.5_fc.LQH	0.862	1899.31	14	0.315
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	35	rm.4.5_fcLQHP	0.695	935.847	3	0.577
<i>Cryptotis goodwini</i>	55	rm.1.5_fc.LQH	0.948	1086.989	8	0.271
<i>Habromys lophurus</i>	40	rm.6.5_fc.L	0.88	862.62	1	0.302
<i>Leptoncycteris yerbabuena</i>	864	rm.1.5_fc.LQHP	0.827	23719.80	17	0.362
				1		
<i>Mazama pandora</i>	90	rm.2.5_fc.LQ	0.826	2038.286	10	0.107
<i>Peromyscus grandis</i>	33	rm.2.5_fc.L	0.912	610.66	5	0.152
<i>Peromyscus gymnotis</i>	96	rm.1.5_fc.LQHP	0.882	2055.78	12	0.182
<i>Tapirus bairdii</i>	534	rm.2.5_fc.LQH	0.832	13977.52	16	0.383
				5		

Nota. En los modelos: rm = multiplicador de regularización y fc = combinación de características (*features*).

Modelado con MaxEnt

Se desarrollaron modelados de nicho potencial y proyección de la distribución potencial de 48 especies seleccionadas (Tablas 5 y C2). La variable con mayor contribución acumulada en todos los modelos fue BIO5 Temperatura máxima en el mes más cálido (15.3% de la sumatoria de todos los modelos) seguida por BIO19 precipitación del trimestre más frío (9.5%) y BIO15

estacionalidad de la precipitación (9.2%). Las variables con menor contribución acumulada fueron BIO12 precipitación anual (1.5%) y BIO1 temperatura media anual (2.6%).

Tabla 5

Variables con mayor influencia de modelos desarrollados para las especies seleccionadas

Especie	Porcentaje prueba	Variables con mayor influencia (%)
Anfibios		
<i>Bolitoglossa cuchumatana</i>	10	Bio2(41.1%), Bio5(33.6%), Bio15(17.7%), Bio13(4.4%)
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	10	Bio15(42.9%), Bio3(29.4%), Bio16(21.8%), Bio18(4.1%)
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	10	Bio5(36.7%), Bio3(22.2%), Bio13(14.4%), Bio15(12%)
<i>Bolitoglossa franklini</i>	30	Bio3(42.8%), Bio6(37.7%), Bio14(8.3%), Bio7(6.6%)
<i>Bolitoglossa helmrichi</i>	30	Bio15(43.6%), Bio5(33%), Bio7(7.6%), Bio13(7.3%)
<i>Bolitoglossa meliana</i>	0	Bio19(84%)
<i>Bolitoglossa morio</i>	30	Bio5(41.6%), Bio19(38.4%), Bio18(12.4%), Bio16(7.6%)
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	10	Bio2(48.9%), Bio15(16.6%), Bio13(13.3%), Bio18(9%)
<i>Bolitoglossa salvinii</i>	0	Bio19(48%)
<i>Duellmanohyla soralia</i>	30	Bio9(89.4%), Bio15(10.6%)
<i>Plectrohyla avia</i>	10	Bio5(48%), Bio2(40.9%), Bio16(11.1%)
<i>Plectrohyla glandulosa</i>	10	Bio19(55.1%), Bio5(32.6%), Bio18(11.1%), Bio4(1.2%)
<i>Pseudoeurycea rex</i>	0	Bio9(50.6%), Bio6(26.4%)
Reptiles		

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Porcentaje prueba	Variables con mayor influencia (%)
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	30	Bio15(37.7%), Bio11(33.2%), Bio8(4.3%), Bio9(3.9%)
<i>Anolis cobanensis</i>	30	Bio17(29.3%), Bio9(29.1%), Bio7(13.9%), Bio3(11.9%)
<i>Anolis petersii</i>	30	Bio1(94.8%), Bio17(4.7%), Bio14(0.5%)
<i>Bothriechis aurifer</i>	0	Bio5(46.2%), Bio17(24.6%), Bio10(24%), Bio4(2.3%)
<i>Cachryx defensor</i>	30	Bio16(45.9%), Bio13(24.8%), Bio3(13.7%), Bio10(7.3%)
<i>Corytophanes percarinatus</i>	30	Bio4(32.4%), Bio7(24.9%), Bio3(15.2%), Bio6(15%)
<i>Crotalus simus</i>	30	Bio14(18.6%), Bio3(11.7%), Bio4(11%), Bio6(9.9%)
<i>Iguana rhinolopha</i>	30	Bio11(17.4%), Bio19(16.8%)Bio6(12.6%), Bio8(10.1%)
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	30	Bio17(16%), Bio19(14.7%), Bio15(14.7%), Bio2(8.8%)
<i>Micrurus diastema</i>	30	Bio8(24.7%), Bio4(25.5%), Bio7(20.7%), Bio18(9.8%)
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	30	Bio3(23.8%), Bio5(22.8%), Bio4(15.7%), Bio16(15.5%)
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	30	Bio8(16.7%), Bio16(14%), Bio19(10.8%), Bio15(10.7%)
<i>Tamnophis fulvus</i>	30	Bio10(62.4%), Bio5(16.9%), Bio6(7.3%), Bio18(3.4%)
<i>Tantilla jani</i>	0	Bio13(71.3%), Bio16(12.7%)
Aves		

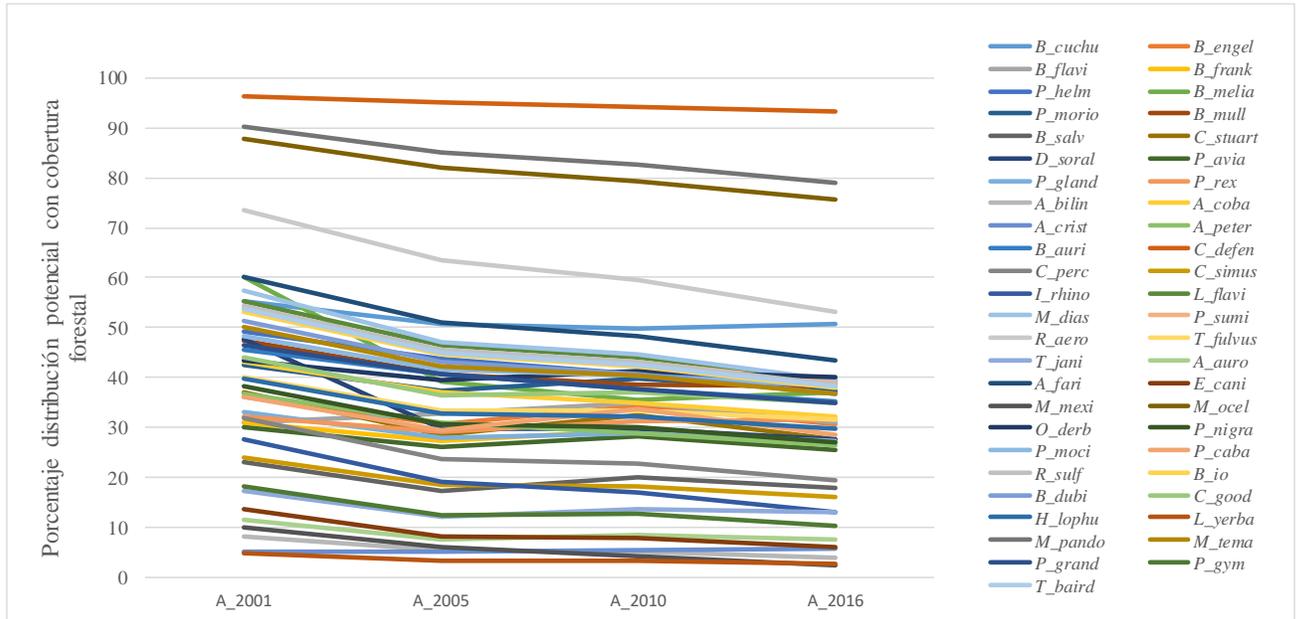
Especie	Porcentaje prueba	Variables con mayor influencia (%)
<i>Amazona auropalliata</i>	30	Bio3(25.3%), Bio17(19.5%), Bio11(16.1%), Bio16(10%)
<i>Amazona farinosa guatemalae</i>	30	Bio19(47.2%), Bio4(9.8%), Bio3(5.9%), Bio10(5.8%)
<i>Eupsittula canicularis</i>	30	Bio6(30.4%), Bio14(18.7%), Bio4(13.6%), Bio13(4.9%)
<i>Meleagris ocellata</i>	30	Bio5(21%), Bio12(18.1%), Bio3(12.4%), Bio9(11.7%)
<i>Momotus mexicanus</i>	30	Bio11(25.1%), Bio15(22.4%), Bio6(11.3%), Bio3(8.5%)
<i>Oreophasis derbianus</i>	30	Bio10(28.3%), Bio5(17.6%), Bio3(8%), Bio6(7.5%)
<i>Penelopina nigra</i>	30	Bio6(24.5%), Bio10(22.4%), Bio5(10.1%), Bio3(7.9%)
<i>Pharomachrus mocinno</i>	30	Bio8(66.9%), Bio4(5%), Bio2(4.9%), Bio5(2.5%)
<i>Poecilostreptus cabanisi</i>	30	Bio3(40.4%), Bio5(25.4%), Bio18(13%), Bio15(8.5%)
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	30	Bio19(32.9%), Bio11(12.4%), Bio4(11.6%), Bio5(6.2%)
Mamíferos		
<i>Ballantiopteryx io</i>	30	Bio14(20%), Bio4(16.2%), Bio13(10.7%), Bio15(9.4%)
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	30	Bio15(72.1%), Bio18(25.1%), Bio5(2.9%)
<i>Cryptotis goodwini</i>	30	Bio5(84.1%), Bio6(5.4%), Bio7(4.2%), Bio3(1.7%)
<i>Habromys lophurus</i>	30	Bio5(100%)
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	30	Bio6(22.7%), Bio15(17%), Bio4(14.3%), Bio12(10.6%)

Especie	Porcentaje prueba	Variables con mayor influencia (%)
<i>Mazama pandora</i>	30	Bio8(34.4%), Bio11(16%), Bio17(14.3%), Bio4(11%)
<i>Mazama temama</i>	30	Bio18(21.9%), Bio5(11.9%), Bio4(9.4%), Bio6(7%)
<i>Peromyscus grandis</i>	10	Bio5(65.1%), Bio15(22.1%), Bio2(8.2%), Bio4(2.7%)
<i>Peromyscus gymnotis</i>	30	Bio19(23.2%), Bio13(21.4%), Bio4(19.2%), Bio15(10.3%)
<i>Tapirus bairdii</i>	30	Bio14(26.6%), Bio4(15.7%), Bio13(9.3%), Bio9(9.2%)

Los resultados de la proyección en el espacio geográfico de los modelos para las condiciones históricas (1,970 - 2,000) y proyección a futuro (2,081 - 2,100) para las especies seleccionadas se presentan en el Apéndice D. Para todas las especies se presentó una tendencia a la disminución continua de la cobertura forestal dentro de su distribución potencial (Figura 3). Para la mayoría de las especies se registró menos del 60 % de la distribución potencial con la cobertura forestal en el país para el año 2001 y con un 40 % o menos para el 2020.

Figura 3

Dinámica de la cobertura forestal en la distribución potencial de las especies seleccionadas



Con respecto a los anfibios, para el año 2016, con excepción de *B. cuchumatana*, todas las especies presentaban menos del 40 % de su distribución potencial con cobertura forestal (Tabla 6). La especie *B. salvinii* es la que presenta una mayor pérdida de cobertura forestal, quedando entre el 18 y 19 % de cobertura en su distribución potencial. Le siguen en cuanto a pérdida de cobertura las especies del género *Plectrohyla*, *C. stuarti* y *B. franklini*.

Tabla 6

Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Amphibia en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020

Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Bolitoglossa cuchumatana</i>	2,304.9	1,274.4	1,168.5	1,146.1	1,171.5	1,331.2
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	3,322.9	1,203.7	1,015.4	1,138.2	1,018.7	1,278.3
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	1,337.0	412.4	437.6	465.2	414.1	537.2
<i>Bolitoglossa franklini</i>	2,952.2	914.7	806.1	867.6	799.2	1,139.8
<i>Bolitoglossa helmrichi</i>	4,390.9	2,156.1	1,920.7	1,785.9	1,703.7	1,921.7
<i>Bolitoglossa meliana</i>	88.1	52.9	34.6	31.4	32.5	55.5
<i>Bolitoglossa morio</i>	3,818.9	1,625.1	1,419.5	1,519.6	1,422.9	1,758.8
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	2,781.2	1,312.4	1,129.9	1,069.4	1,058.5	1,189.8
<i>Bolitoglossa salvinii</i>	6,903.5	1,582.2	1,182.5	1,368.8	1,227.5	1,280.5
<i>Craugastor stuarti</i>	3,319.7	1,225.8	945.3	1,079.9	910.4	1,141.7

Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Duellmanohyla soralia</i>	809.5	385.5	241.2	241.1	224.1	279.4
<i>Plectrohyla avia</i>	2,028.6	606.2	530.3	568.6	517.0	668.2
<i>Plectrohyla glandulosa</i>	8,923.7	2,938.9	2,487.6	2,556.5	2,431.9	3,642.4
<i>Pseudoeurycea rex</i>	5,669.5	1,813.1	1,655.2	1,763.0	1,785.8	2,610.0

Para la mayoría de las especies de reptiles en el 2001 se registró cerca del 50 % o menos de su distribución potencial con cobertura forestal (Tabla 7). Las especies con menor pérdida de cobertura forestal son *C. defensor* y *R. aerolata*, mientras que las especies con mayor pérdida fueron *A. bilineatus* y *T. jani*.

Tabla 7

Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Reptilia en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020

Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	20,084.1	1,618.8	1,044.5	1,000.9	754.9	1,368.3

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Anolis cobanensis</i>	17,112.1	7,394.5	6,310.9	5,981.7	5,496.1	7,091.0
<i>Anolis cristifer</i>	8,248.0	415.3	406.8	447.1	462.8	512.2
<i>Anolis petersii</i>	26,858.6	9,858.1	8,337.5	7,718.7	7,047.8	10,116.3
<i>Bothriechis aurifer</i>	11,528.5	5,238.9	4,692.9	4,345.4	4,056.8	5,260.2
<i>Cachryx defensor</i>	2,218.3	2,139.1	2,110.5	2,092.2	2,071.2	2,048.0
<i>Corytophanes percarinatus</i>	27,895.2	8,858.5	6,603.7	6,336.9	5,393.1	7,437.6
<i>Crotalus simus</i>	32,417.8	7,727.8	6,009.9	5,887.5	5,205.3	6,507.7
<i>Iguana rhinolopha</i>	37,046.5	10,234.8	7,051.1	6,288.2	4,849.7	6,980.5
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	46,685.7	25,849.6	21,701.0	20,495.9	18,391.1	19,042.7
<i>Micrurus diastema</i>	47,703.3	27,301.6	22,451.2	21,225.3	18,762.7	19,621.4
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	50,329.5	27,072.8	22,721.0	21,606.7	19,464.4	20,241.2
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	13,713.8	10,087.8	8,721.4	8,163.7	7,296.2	7,348.9
<i>Thamnophis fulvus</i>	21,669.3	8,682.2	7,227.4	7,210.1	6,824.1	9,678.4
<i>Tantilla jani</i>	4,872.1	835.2	585.1	658.2	638.1	541.9

Para las aves se presenta una tendencia similar a los reptiles, en la cual, para la mayoría de las especies se presentó el 50 % o menos de la distribución potencial con cobertura forestal y una tendencia a la pérdida progresiva en las siguientes décadas (Tabla 8). Las especies con menor pérdida de cobertura forestal fueron *M. ocellata* y *A. farinosa*, sin embargo, esta última presentó una disminución del 60 % en 2001 al 43 % de su distribución potencial en el 2020.

Tabla 8

Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Aves en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020

Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Amazona auropalliata</i>	9,762.4	1,107.5	732.9	825.2	740.1	858.6
<i>Amazona farinosa</i>	31,679.4	19,013.1	16,124.3	15,310.6	13,751.0	13,688.1
<i>Eupsittula canicularis</i>	26,348.6	3,600.5	2,134.1	2,075.3	1,533.9	2,553.1
<i>Meleagris ocellata</i>	6,233.4	626.6	378.2	263.7	147.9	625.1
<i>Momotus mexicanus</i>	13,875.0	12,182.7	11,380.5	11,022.5	10,483.8	10,150.5
<i>Oreophasis derbianus</i>	10,839.6	4,709.7	4,274.9	4,486.3	4,354.6	5,495.7
<i>Penelopina nigra</i>	31,184.9	11,958.9	9,581.9	9,356.7	8,448.3	12,067.7
<i>Pharomachrus mocinno</i>	12,577.2	6,058.2	5,219.8	5,073.6	4,806.2	5,977.0

Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Poecilostrongylus cabanisi</i>	3,638.6	1,314.5	1,067.8	1,226.6	1,035.5	1,339.1
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	52,018.7	28,312.3	23,650.8	22,427.7	20,011.2	20,872.0

Los mamíferos muestran un patrón similar en el cual todas las especies, con excepción de *M. pandora* presentan el 50 % o menos de su distribución potencial con cobertura boscosa en el 2001 y en la actualidad presentan el 40 % o menos (Tabla 9). Las especies con menor porcentaje de su distribución potencial con cobertura en la actualidad son *L. yerbabuena* y *P. gymnotis*. Y la especie con menor pérdida de cobertura es *M. pandora*.

Tabla 9

Estimación de la extensión de hábitat potencial para las especies seleccionadas de la Clase Mammalia en los años 2000, 2005, 2010, 2016 y 2020

Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Balantiopteryx io</i>	50,783.9	27,052.5	22,631.9	21,482.8	19,228.6	20,056.2
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	70,673.2	36,188.6	30,426.5	28,775.3	25,942.9	28,328.2
<i>Cryptotis goodwini</i>	14,529.4	6,378.0	5,294.9	5,395.0	5,057.3	6,170.3

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI–

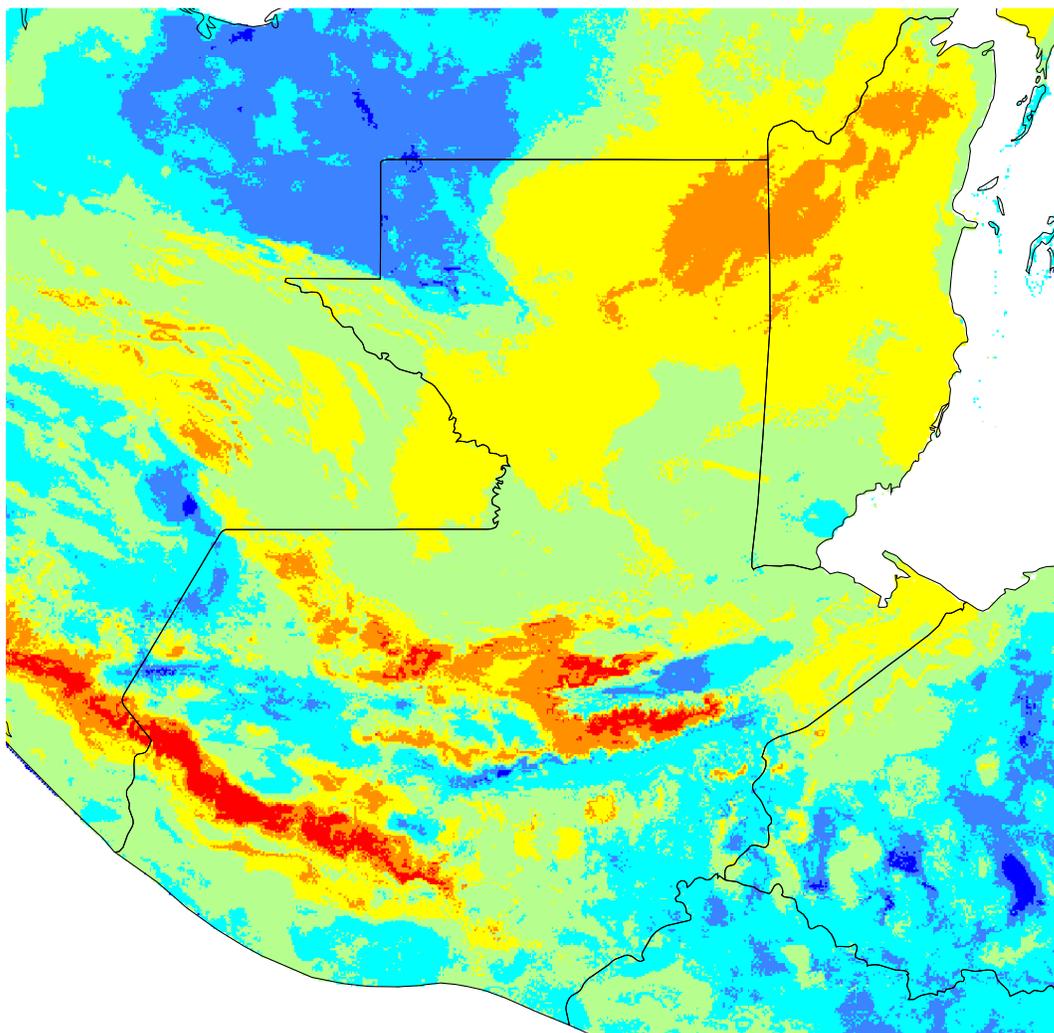
Clase/Especie	Hábitat potencial de modelo (km ²)	2000 (km ²)	2005 (km ²)	2010 (km ²)	2016 (km ²)	2020 (km ²)
<i>Habromys lophurus</i>	25,912.6	10,286.1	8,494.5	8,309.3	7,688.6	9,690.3
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	2,416.5	111.3	81.2	78.6	61.9	118.9
<i>Mazama pandora</i>	12,565.2	11,329.0	10,689.1	10,398.4	9,930.7	9,785.7
<i>Mazama temama</i>	69,702.0	34,813.0	29,415.8	28,166.8	25,498.7	26,934.0
<i>Peromyscus grandis</i>	6,701.2	3,107.5	2,719.8	2,520.0	2,331.6	2,527.3
<i>Peromyscus gymnotis</i>	25,686.7	4,692.6	3,174.1	3,285.4	2,643.6	3,222.5
<i>Tapirus bairdii</i>	56,702.6	30,420.2	25,384.2	24,058.7	21,650.7	22,506.5

Áreas de clave para la conservación de especies amenazadas

En la sumatoria de los mapas binarios de las distribuciones potenciales de las especies seleccionadas de todas las clases, las áreas con los mayores valores corresponden a la cadena volcánica, las sierras de las Minas, Yalijux, Sacranix, Chamá, Cuacús, Cuchumatanes y Merendón, tierras bajas de Petén y tierras bajas del Pacífico en una franja en el pie de monte (Figura 4). Les siguen la sierra de Lacandón, tierras bajas al sur de Petén y tierras bajas del Pacífico en la planicie costera.

Figura 4

Suma de mapas binarios de especies seleccionadas de vertebrados terrestres amenazados presentes en Guatemala



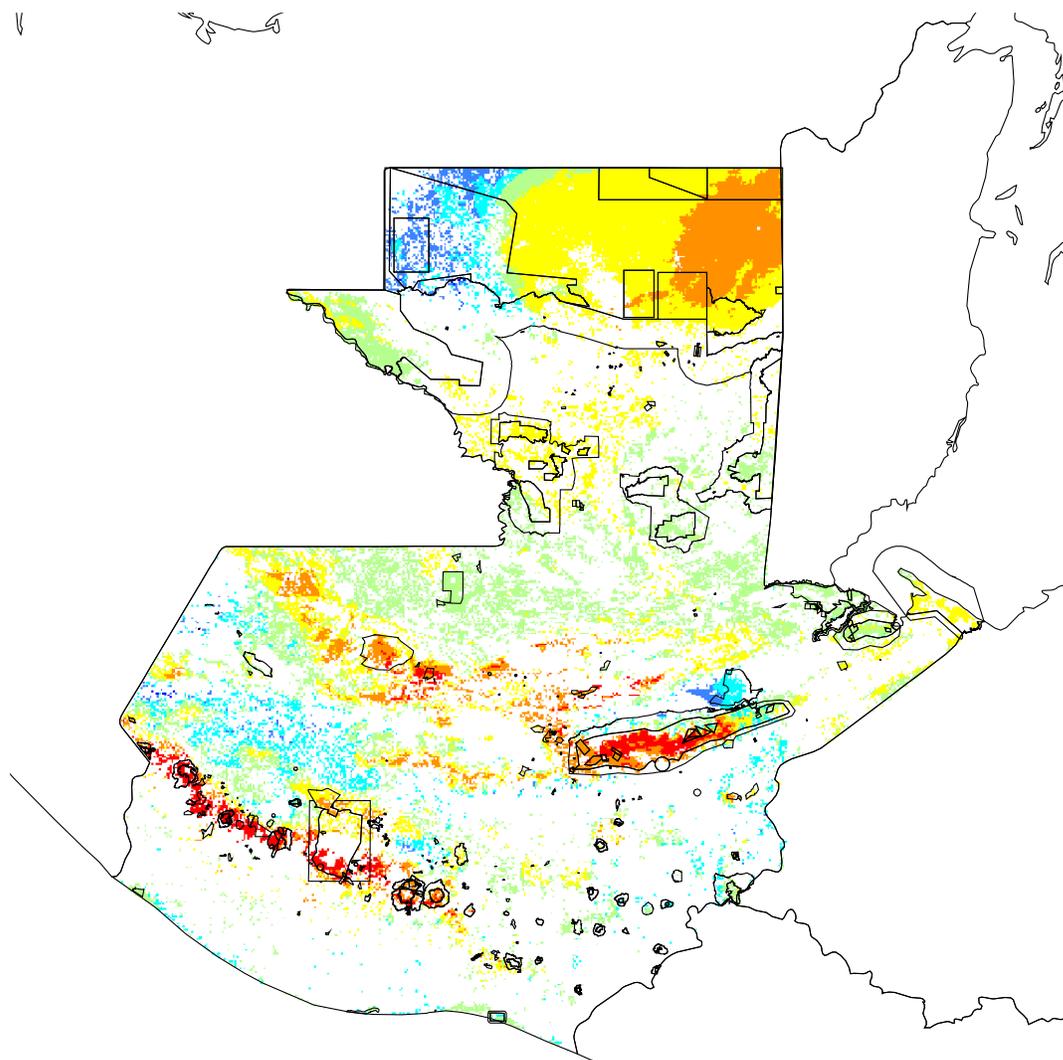
Nota. Los colores en los mapas representan los valores máximos de color rojo hacia los colores azules con los valores mínimos.

En el recorte del mapa de la suma de las distribuciones de especies con la cobertura forestal 2020 sobresalen áreas con altos valores en la cadena volcánica, reserva de la biosfera sierra de las Minas, remanentes en las sierras Yalijux, Cuchumatanes y Chamá y tierras bajas en Petén en la

reserva de la biosfera Maya (Figura 5). Les siguen el parque nacional Sierra de Lacandón y parque nacional Laguna Lachuá, franja transversal del norte y tierras bajas en la RBM y complejos.

Figura 5

Suma de mapas binarios de las especies seleccionadas recortada con la cobertura forestal 2020



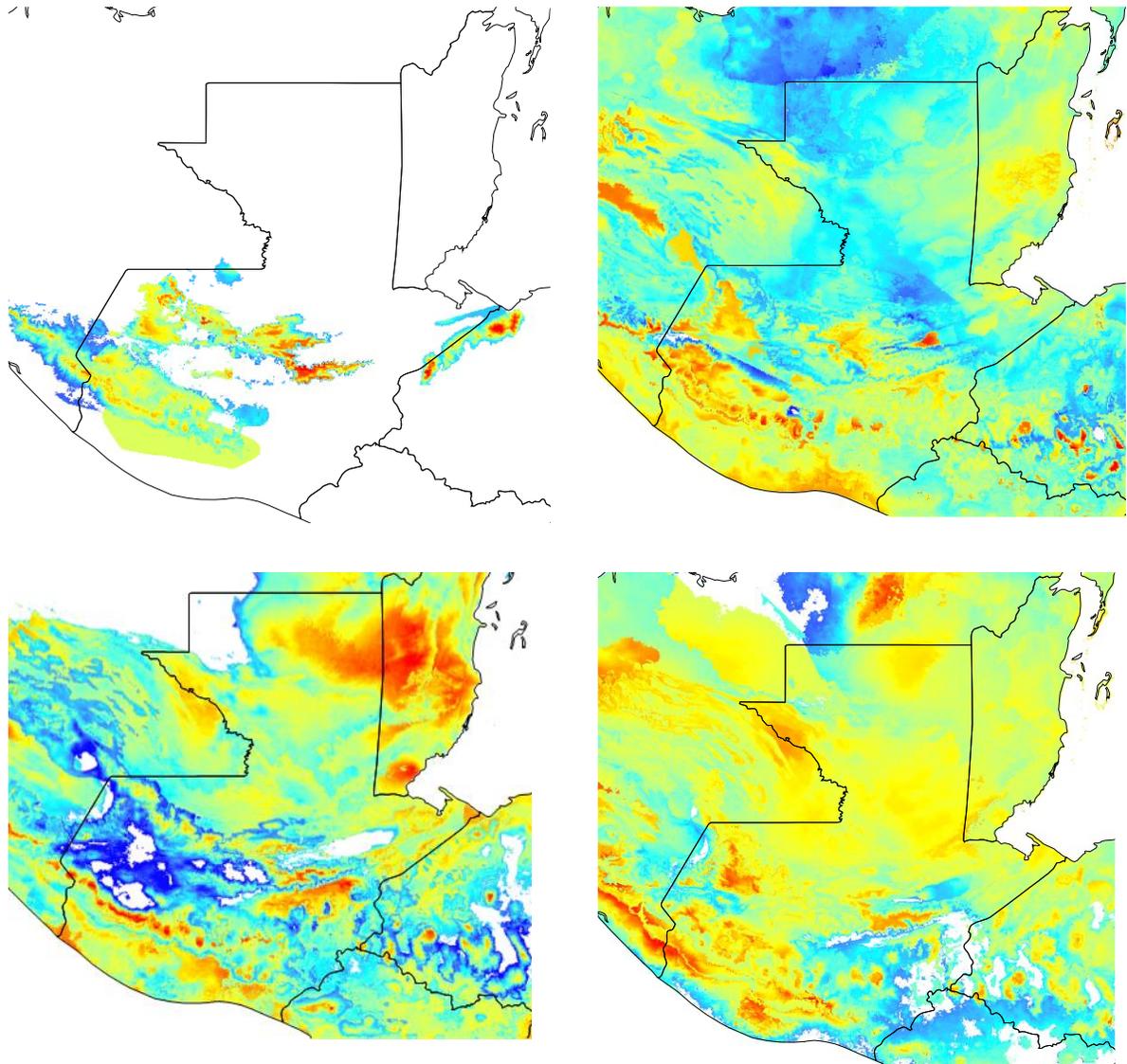
Nota. Los colores en los mapas representan los valores máximos de color rojo hacia los colores azules con los valores mínimos. Los polígonos corresponden al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap).

A partir de los mapas logísticos (probabilidad de ocurrencia) de la distribución potencial de las especies, se crearon mosaicos por clase (Figura 6). Con respecto a la herpetofauna, para los anfibios no se presentan especies para las provincias Yucatánica, Bosques secos y Costera del Pacífico, y las áreas con mayores valores corresponden a las áreas montañosas. Para los reptiles además de las áreas de montaña, también las tierras bajas del Pacífico, valles secos y el centro de Petén corresponden a áreas con los mayores valores. Para la avifauna sobresale además el noreste del país en el departamento de Petén. Para la mastofauna sobresalen áreas montañosas y las tierras bajas del norte del país.

Se crearon mosaicos para las especies seleccionadas de todas las clases para las distintas condiciones bioclimáticas: históricas (1,970 – 2,000) y a futuro (2,081 – 2,100) con los dos escenarios SPP 126 y 585, y se estimaron distintos valores estadísticos (Tabla 10). En ambos escenarios a futuro se presenta una disminución en los valores promedio, sumatoria y máximos en las vertientes del Golfo y Caribe y Bocacosta, así como en el Altiplano; mientras que áreas asociadas a los bosques secos en el valle del río Motagua y la provincia costera del Pacífico aumentan sus valores. Áreas en la cadena volcánica y las sierras de los Cuchumatanes, Chamá, Yalijux y de las Minas mantienen sus altos valores o los aumentan.

Figura 6

Mosaicos con los valores promedio de la probabilidad de ocurrencia de las especies seleccionadas por clase taxonómica



Nota: los mapas corresponden a: superior izquierda = anfibios, superior derecha = reptiles, inferior izquierda = aves e inferior derecha = mamíferos. Los colores en los mapas representan los valores máximos de color rojo hacia los colores azules con los valores mínimos.

Tabla 10

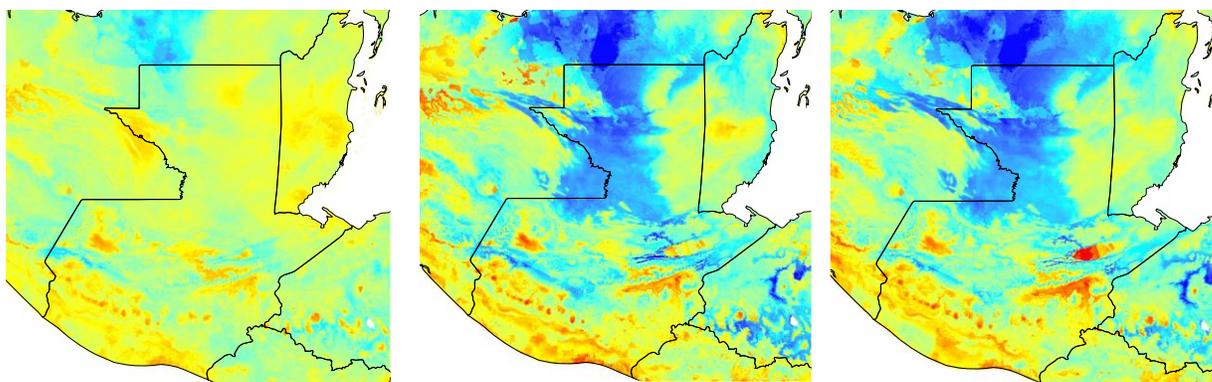
Mosaicos para las especies seleccionadas en el estudio para las condiciones bioclimáticas actuales (1,970 – 2,000) y dos escenarios a futuro (2,081 – 2,100)

Históricas (1,970 – 2,000)

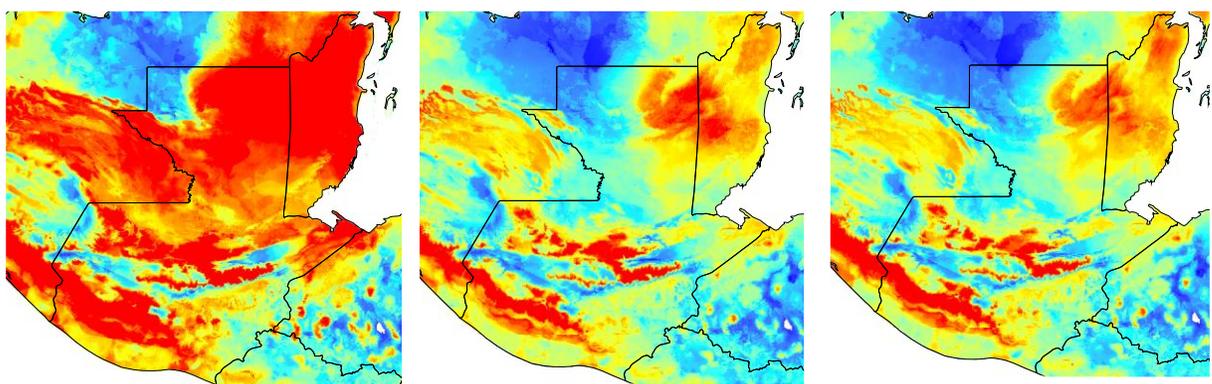
SPP 126 (2,081 – 2,100)

SPP 585 (2,081 – 2,100)

Promedio



Suma

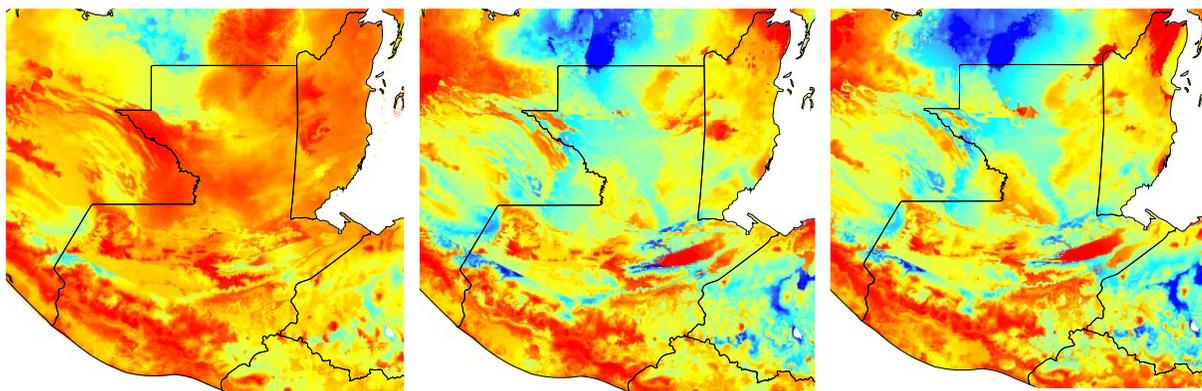


Históricas (1,970 – 2,000)

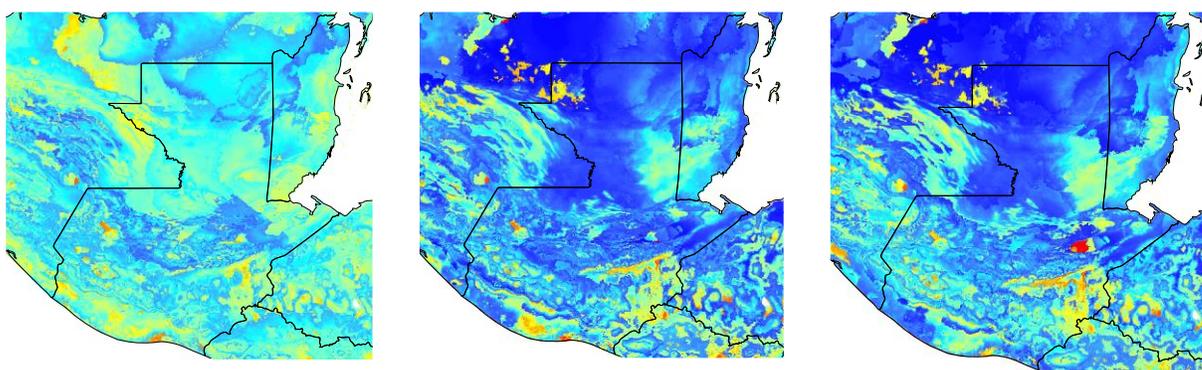
SPP 126 (2,081 – 2,100)

SPP 585 (2,081 – 2,100)

Valores máximos



Valores mínimos

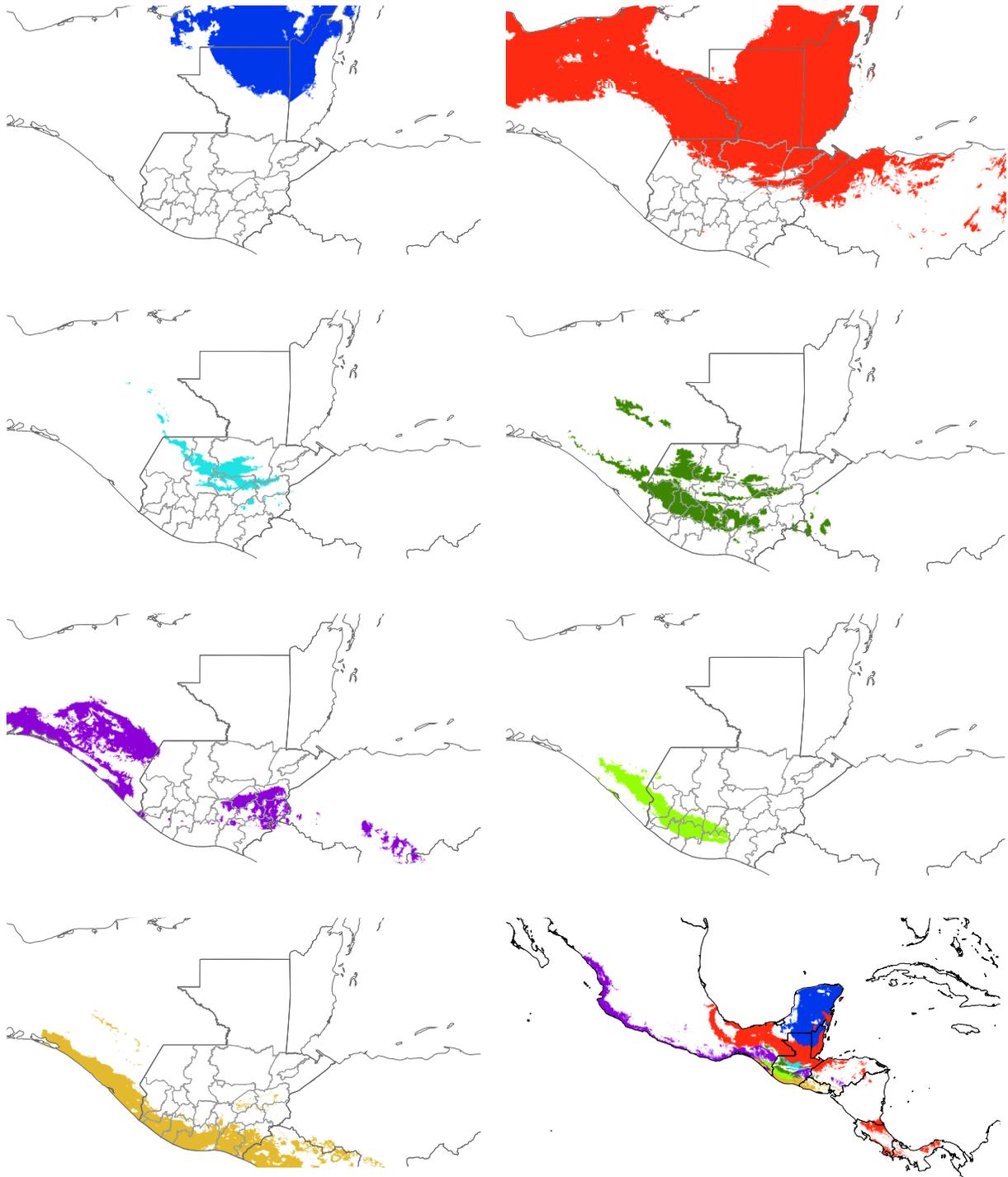


Provincias faunísticas

A partir de las distribuciones potenciales de las especies proyectadas, se crearon mosaicos por provincia faunística de Bustamante et al. (2012) seleccionando las áreas con mayor traslape de las especies con presencia en cada una de las provincias (Figura 7).

Figura 7

Mosaicos de distribuciones potenciales por provincia faunística de Bustamante et al. (2012)

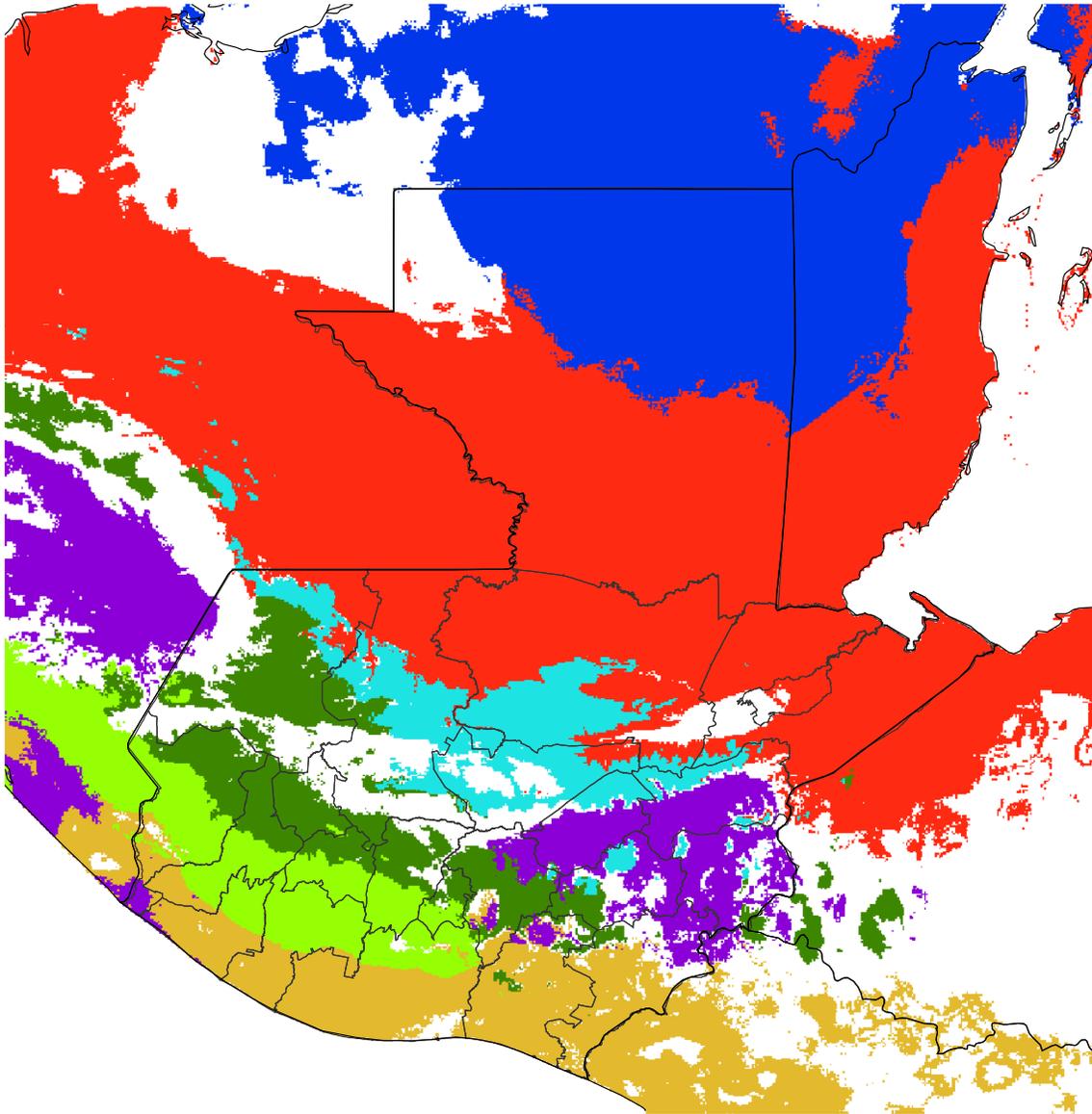


Nota. Los códigos de los colores para las provincias corresponden a: azul = Yucatánica, rojo = Petenera, celeste = Montañosa central, verde oscuro = Altiplano, verde claro = Bocacosta y amarillo = Costera del Pacífico.

A partir de los mosaicos por provincia taxonómica se propone la actualización de la delimitación espacial de las provincias faunísticas de Guatemala propuestas por Bustamante et al. (2012) como un aporte al conocimiento de los patrones de distribución de la diversidad biológica en el país (Figura 8).

Figura 8

Actualización en la delimitación espacial de provincias faunísticas de Guatemala por Bustamante et al. (2012)



Nota. Los códigos de los colores para las provincias corresponden a: azul = Yucatánica, rojo = Petenera, celeste = Montañosa central, verde oscuro = Altiplano, verde claro = Bocacosta y amarillo = Costera del Pacífico.

11.2 Discusión de resultados

Los patrones actuales de la diversidad biológica en Guatemala, derivan del resultado de eventos históricos de origen geológicos, climáticos y biológicos (Iturralde-Vinent, 2006; Jiménez, 2021). La elevada diversidad biológica en la región ha sido promovida por el surgimiento y/o eliminación de barreras físicas o climáticas a través del tiempo, la cuales condujeron al intercambio, aislamiento genético de poblaciones, colonizaciones múltiples y migraciones entre elementos bióticos de las masas continentales de Norte y Suramérica (Daza et al, 2010; Pelegrin et al., 2018; Savage, 1966; 1982).

El área geográfica en la que se distribuye la mayoría de las especies seleccionadas para el modelado está limitada al norte y al sur por alguna de las principales barreras biogeográficas identificadas en la región: istmo de Tehuantepec, falla Motagua-Polochic-Jocotán, depresión de Honduras, depresión de Nicaragua, cordillera de Talamanca e istmo de Panamá (Jiménez, 2021). Estas barreras pueden ser físicas o climáticas y generalmente están asociadas a algunos de los principales elementos fisiográficos de la región (Marshall, 2007).

Estas barreras biogeográficas han tenido impacto en la diversificación de distintos grupos de animales entre los cuales salamandras del grupo franklini, varios linajes de serpientes, roedores del género *Peromyscus*, aves y escarabajos del género *Ogyges* (Álvarez-Castañeda et al, 2019; Cano et al., 2018; Daza et al., 2010; Eisermann y Avendaño, 2006; Griscom, 1932; Jiménez, 2021; Ordóñez-Garza et al., 2010; Wake y Lynch, 1982).

En la selección de especies, en todos los casos fue clave contar con el apoyo de especialistas en los distintos grupos en el país.

Para los anfibios se consideró contar con representantes de las principales áreas de distribución en el país (Cuchumatanes, sierra de las Minas, sierra de Chuacús, sierra del Merendón y cadena volcánica), debido al alto porcentaje de endemismo en este grupo, asociado al aislamiento en distintas cadenas montañosas o áreas geográficas (Campbell y Vannini, 1989; Stuart, 1943). Las especies de salamandras *B. salvini*, *B. franklini* y *P. rex* fueron seleccionadas pues representan especies que ocupan distintas zonas altitudinales o franjas, la zona tropical, la subtropical o bosque

nuboso y zona templada, respectivamente (Stuart, 1943; Wake et al., 1992). Para los reptiles se consideraron las distribuciones de la lista roja principalmente.

Para la avifauna, las especies propuestas además de las provincias de Bustamante et al. (2012), también representan las áreas propuestas por Griscom (1932). Con respecto a las tierras bajas, las especies *A. guatemalae* y *R. sulphuratus* corresponden a la vertiente Caribe. Para la vertiente del Pacífico, *A. auropalliata* corresponde a las aves que únicamente tienen presencia en la vertiente Pacífico. En la zona tropical árida *M. mexicanus* con presencia únicamente en los valles interiores, la especie *E. canicularis* que se comparte con los valles interiores y vertiente del Pacífico y la especie *M. ocellata* que es endémica de Yucatán. Para las tierras altas, *P. nigra* es una especie monotípica que se distribuye de Chiapas al norte de Nicaragua y *O. derbianus* corresponde a la zona templada, siendo una especie confinada a las altas altitudes que representa a una subfamilia de la familia Cracidae de origen neotropical.

La especie *C. goodwini* en la revisión realizada por Woodman (2019) se determinó que lo que previamente se consideró como una especie corresponde a un complejo de especies, donde se describieron tres nuevas especies que fueron separadas, siendo *Cryptotis eckerlini*, *Cryptotis matsoni* y *Cryptotis montecristo*. La especie *C. goodwini* (sensu stricto) limita su distribución a una porción de la sierra Madre en Guatemala. De modo que, los resultados para esta especie deben interpretarse como un complejo de especies, y a futuro debe ampliarse el conocimiento de la distribución de las especies recientemente descritas.

Se encontraron vacíos de información principalmente para anfibios y mamíferos menores. Las aves presentan mayor cantidad de registros gracias al aporte de plataformas de ciencia ciudadana como eBird y iNaturalist. Entre los vacíos de información, además de la falta de registros para varias especies, también se encontró la presencia de registros de especies fuera del rango reportado por la UICN, por ejemplo, *Craugastor stuarti*, *Plectrohyla avia*, *Anolis petersii* y *Plestiodon sumichrasti*. Lo cual indica la necesidad de actualización y curación, tanto de las bases de datos, como de los mapas en la lista roja de la UICN.

Con respecto a la distribución potencial específica de algunas especies, se encontraron diferencias con respecto a la literatura. Para anfibios, *B. franklini* en Köhler (2011) se presenta en una faja más delgada y *P. glandulosa* no concuerda con IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2020) y

se presenta una franja más angosta con Köhler (2011). Para los resptiles, *P. sumichrasti* presenta una distribución más al norte en el departamento de Petén que la descrita en Köhler (2003) y Lee et al. (2013), *C. simus* presenta variaciones con respecto a Köhler (2003) y Dwyer et al. (2022) y *A. bilineata* posee una población en el Parque Nacional Laguna Lachuá que no aparece en la distribución proyectada.

En el caso de las aves, para *O. derbianus* se proyecta una distribución en la vertiente Caribe, la cual no es registrada por Eisermann y Avendaño (2006). BirdLife International (2020) reporta esta área como con posible ocurrencia y Cobar (2006) presenta registros históricos para esta vertiente. Para los mamíferos, Matson et al., 2016 encontraron que *P. grandis* domina en abundancia en sierra de las Minas, coincidiendo con los resultados, y *M. pandora* se presenta una extensión de su rango de distribución reportado.

De las variables con mayor contribución en todos los modelos, la BIO15 estacionalidad de la precipitación también se encontró como una de las variables con mayor contribución para especies de herpetofauna en México (Urbina-Cardona y Flores-Villela, 2010). Las variables con mayor contribución a los modelos se hallaron algunas coincidencias con las proyectadas por Urbina-Cardona y Flores-Villela (2010) para herpetofauna de México, siendo BIO4 para *M. diastema.*, BIO13 para *T. jani*, BIO18 para *T. fulvus*, BIO3 para *C. percarinatus*. Para otras especies no se encontraron coincidencias, siendo *B. franklini*, *B. mulleri*, *P. avia*, *A. bilineatus*, *A. petersii*, *I. rhinolopha* y *L. flavimaculatum*.

En cuanto a la pérdida de cobertura forestal dentro de las distribuciones potenciales de las especies, es evidente que las especies con menor pérdida corresponden a aquellas presentes en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén, evidenciando la importancia de esta reserva para la conservación de las mismas. Las especies con mayor pérdida son las que corresponden a la Planicie costera del Pacífico, lo cual coincide con la elevada transformación que ha ocurrido en esta región en la cual se han eliminado por completo la cobertura boscosa como resultado de los cultivos extensivos de caña de azúcar.

La distribución de las especies seleccionadas se limita al país y áreas vecinas cercanas. En los anfibios y mamíferos pequeños faltan áreas del oriente con especies endémicas como *Bolitoglossa*

eremia, *Bolitoglossa suchitanensis*, *Cryptotis eckerlini*, *Cryptotis matsoni* y *Cryptotis montecristo*.

Las montañas del mico también poseen especies endémicas de anfibios que no están representadas.

Las áreas clave identificadas coinciden con áreas de alto valor para la diversidad biológica identificadas por Bustamante et al. (2012) y Estrada et al. (2015), las cuales corresponden a los sistemas montañosos, incluyendo la cadena volcánica y las sierras de las Minas, Chamá, Sacranix, Yalijux, Merendón y Cuchumatanes, así como áreas en tierras bajas al norte del país en el departamento de Petén.

En general las tierras altas de Centroamérica nuclear han sido reconocidas como áreas de riqueza y endemismo para distintos grupos de vertebrados y escarabajos pasálidos (Campbell y Vannini, 1989; Savage, 1982; Schuster et al., 2000). En la herpetofauna se incluyen géneros endémicos como *Craugastor*, *Pseudoerycea* y *Botriechis* (Duellman y Campbell, 1992; Flores-Villela y Martínez-Salazar, 2009). Para la avifauna se reportan 22 especies endémicas para tierras altas del norte de Centroamérica (Eisermann y Avendaño, 2006). También es un área de endemismo para la mastofauna (Olguín-Monroy et al., 2012). De acuerdo con Griscom (1932) la avifauna de las tierras altas presenta una mayor proporción de géneros y especies endémicas con relación a las tierras bajas del Caribe, lo que sugiere el arribo de varios de los grupos presentes hace mucho tiempo, llegando a ocurrir especiación a nivel específico, incluso a nivel genérico.

Entre las áreas de importancia en las tierras altas resalta la sierra de las Minas, identificada como el área de mayor riqueza de herpetofauna y mamíferos menores en bosques nubosos y un área con alto grado de endemismo para distintos grupos de vertebrados con 22 especies de anfibios, 12 de reptiles, 16 de aves y nueve mamíferos, así como para escarabajos pasálidos (Campbell, 1982; Estrada, 2017; Matson et al., 2016; Schuster et al., 2000). Se estima que contiene el 40.8% de las especies de herpetofauna de la región (Campbell y Vannini, 1989). En esta área se presenta el traslape de las provincias Montañosa central y Altiplano, lo que incrementa la diversidad de hábitats y por lo tanto la diversidad de especies presentes.

La sierra de las Minas está asociada, dada su proximidad, con las sierras de Sacranix y Yalijux, con las cuales comparte un alto porcentaje de especies de herpetofauna (Campbell, 1982; Campbell y Vannini, 1989). En este sentido, se resalta la importancia del corredor del bosque nuboso, ya que permitiría la conectividad entre estas dos importantes áreas. Siendo aún más importante en el

contexto de una elevada fragmentación de la cobertura boscosa en esta área y en el contorno de la sierra Yalijux (Pope et al., 2015). Estas áreas en conjunto son de gran importancia y presentan especies con distribución restringida a esta región y sus alrededores, tales como *Bolitoglossa odonnelli*, *B. helmrichi*, *Craugastor xucanebi*, *B. aurifer*, *P. grandis*, *Sorex ibarraí*, entre otras (Köhler, 2003; 2011; Matson y Ordóñez-Garza, 2017). La presencia de este patrón en la distribución de especies pertenecientes a distintas clases de vertebrados podría indicar la presencia de procesos locales que influyeron en la divergencia genética de estos clados.

La Sierra Yalijux, en el sitio Chelemhá presenta la mayor riqueza de mamíferos menores en bosques nubosos de la región con 15 especies, le sigue cerro Pinalón en la sierra de las Minas con 12 especies (Matson et al., 2014; 2016). En Yalijux se reparte la dominancia entre varias especies, a diferencia de la mayoría de sitios donde dominan una o dos especies (Matson et al., 2014).

A su vez, los bosques nubosos de estas dos áreas se asocian con la sierra de los Cuchumatanes en cuanto a herpetofauna (Campbell, 1982). Esta es otra área de riqueza y endemismo que contiene el 42% de especies de salamandras en Guatemala y Belice (Campbell y Vannini, 1989). Para mamíferos menores, la sierra de los Cuchumatanes presenta 13 especies en cinco localidades, con diez especies con la mayor abundancia registrada en cualquier sitio (Matson et al., 2012).

Otra de las áreas de importancia identificadas asociada las tierras altas de Centroamérica nuclear es la cadena volcánica, la cual también ha sido identificada como un área de endemismo de herpetofauna, ya que presenta un alto porcentaje de las especies de salamandras (42 %) y ranas (40 %) de las especies presentes en Guatemala y Belice (Campbell y Vannini, 1989).

Estas dos últimas áreas, a pesar de encontrarse en distintas vertientes, presentan intercambio de especies de herpetofauna y avifauna, especialmente por aquellas especies que sobrepasan la franja subtropical (Campbell, 1982; Griscom, 1932).

Con respecto a las tierras bajas, la especie *M. ocellata* es el representante sureño de la familia Meleagridae, es muy distintivo para haberse originado en esta región ecológicamente reciente siendo un relicto del norte (Griscom, 1932). Por lo que se sugiere que ocurrió una colonización reciente de estas áreas, las cuales estuvieron sumergidas.

La avifauna de las tierras bajas presenta una mayor variación a nivel subespecífico (Griscom, 1932). Sin embargo, cambios y actualizaciones en la taxonomía pueden cambiar este patrón, como el caso de la especie *Amazona guatemalae* considerada previamente como una subespecie de *Amazona farinosa*.

Otra área de importancia es la península de Yucatán (Bustamante et al., 2012; Savage, 1982). La avifauna presenta nueve especies endémicas de la península (Eisermann y Avendaño, 2006).

Los bosques secos de la zona tropical árida presentan un elevado componente de géneros y especies endémicos entre los que se incluye el género *Meleagris* (Griscom, 1932). Los valles interiores desérticos contienen seis especies que no se distribuyen en la costa del Pacífico en El Salvador, Nicaragua y Honduras, entre las que se incluye *M. castaneiceps* (Griscom, 1932).

En la propuesta de la actualización de la delimitación espacial de provincias faunísticas, se presentan diferencias con respecto al mapa de Bustamante et al. (2012), las cuales se deben a la escala de la información espacial utilizada. La actualización se realiza a partir de una mayor resolución de la información espacial, por lo que es una representación más ajustada de su posible disposición en el territorio nacional.

A partir de la actualización espacial para las provincias de Bustamante et al. (2012), las mismas corresponden a los grandes ensambles de herpetofauna de Centroamérica, tierras bajas del este y oeste, tierras bajas del oeste (Pacífico) y tierras altas de Guatemala (Savage, 1982). También con la regionalización para mamíferos por Olguín-Monroy et al. (2012).

La provincia Yucatánica corresponde a una de las áreas principales de endemismo en la región para herpetofauna, avifauna y mastofauna en la región (Griscom, 1932; Olguín-Monroy et al., 2012; Savage, 1982).

Se presenta un traslape entre las provincias Yucatánica y Petenera, lo cual puede aumentar la riqueza y presencia de especies endémicas. Con respecto a la herpetofauna, esta área contiene la mayor riqueza de especies de Guatemala y Belice con un 48.6 % de las especies presentes, 81.8 % de las tortugas de agua dulce, 57.3 % de lagartos y 56.8 % de especies de serpientes (Campbell y Vannini, 1992).

En la provincia Petenera, para la avifauna la mayoría de especies corresponden a la zona tropical húmeda con presencia solamente en la vertiente Caribe de acuerdo con Griscom (1932). Para la mastofauna se reconoce la región Sierra Lacandona como un área de endemismo, por lo cual podría representar una subdivisión de esta provincia (Olguín-Monroy et al., 2012).

Bustamante et al. (2012) sugieren que la provincia Petenera es una zona de transición entre las provincias Yucatánica y Montañosa central, ya que no presenta especies exclusivas. Las relaciones entre estas provincias son evidentes en cuanto a la herpetofauna, ya que se asocian las áreas Sierran, Quecchian y Peten como un grupo de cluster que puede estar asociado a Huehuetenangan (Campbell y Vannini, 1989). También para la mastofauna, presentan una asociación las áreas El Petén-Belice, Sierra Lacandona y Altos de Guatemala en un clado (Olguín-Monroy et al., 2012). Sin embargo, en la actualización los límites parecen ser más claros entre las provincias Montañosa central y Petenera, que la Petenera con la Yucatánica, las cuales presentan un traslape en el noreste del país.

La sierra Caral en la sierra del Merendón, de acuerdo a Bustamante et al. (2012) corresponde a la provincia Altiplano, sin embargo, esta presenta relaciones con la provincia Petenera en cuanto a herpetofauna (Campbell y Vannini, 1992). Así mismo, al pertenecer al bloque Chortí, podría representar otra provincia o ser una subdivisión como proponen Campbell y Vannini (1989) para la herpetofauna, derivado de su historia geológica y fisiográfica y su elevado grado de endemismo (Townsend, 2014). Esta área requiere de un mayor estudio de las relaciones biogeográficas con otras áreas de la región.

Las provincias Bocacosta, Altiplano y Montañosa Central conforman a las tierras altas de Centroamérica nuclear, una de las principales áreas de endemismo para herpetofauna, avifauna y mastofauna en la región (Eisermann y Avendaño, 2006; Olguín-Monroy et al., 2012; Savage, 1982). Sin embargo, se presentan diferencias entre las especies de las vertientes Pacífico y Caribe con respecto a la herpetofauna de los bosques nubosos, aun cuando hay intercambio de especies (Campbell, 1982). Para la avifauna, Griscom (1932) reconoce dos divisiones de la zona subtropical, la del Pacífico y de Verapaz. Por lo que las tres provincias representan variaciones en esta región mayor de riqueza y endemismo como ya se ha indicado.

La provincia del Pacífico con respecto a la herpetofauna se asocia con la vertiente de Pacífico sureña, de El Salvador a noroeste de Costa Rica (Savage, 1982). Con respecto a mastofauna corresponde a la región Tehuantepec-Usulután similar a la de la herpetofauna limitada al norte por el istmo de Tehuantepec (Olguín-Monroy et al., 2012).

La avifauna de esta provincia corresponde a la fauna de la zona tropical árida con especies presentes solamente en la vertiente del Pacífico con al menos 24 especies (Griscom, 1932). En el pacífico del norte de Centroamérica se registran tres especies endémicas (Eisermann y Avendaño, 2006).

Así mismo, se comparten al menos 16 especies/subespecies de la avifauna con la vertiente del Pacífico (Griscom, 1932). En las especies del presente estudio es evidente con *A. bilineata*, *C. simus* y *E. canicularis*. Solo 20 especies de avifauna están presentes en valles interiores de la zona tropical árida (Griscom, 1932).

El traslape que se presenta entre las provincias Costera del Pacífico con el Altiplano y Bocacosta, puede representar una alta diversidad biológica en una limitada franja altitudinal.

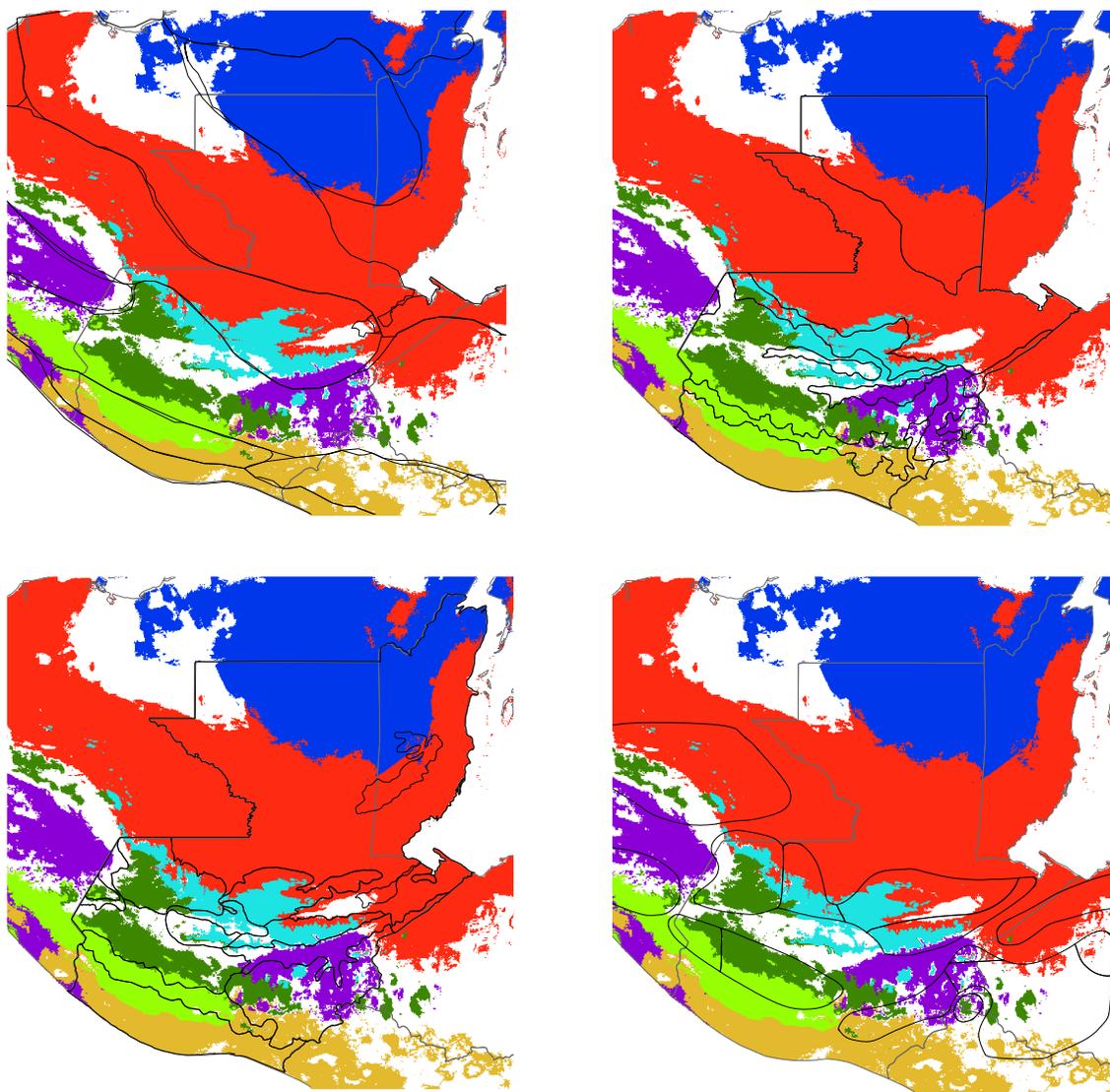
Al comparar la actualización de la delimitación espacial de las provincias faunísticas con las áreas propuestas por Campbell y Vannini (1989) para herpetofauna, biomas por Villar (2008) y áreas de endemismo para escarabajos por Schuster y colaboradores (2000), se encuentran similitudes en los límites espaciales de las unidades propuestas por los distintos autores (Figura 9). Sin embargo, en el presente estudio corresponde a variables bioclimáticas. Entre las similitudes y diferencias, el límite sur de la provincia Yucatánica se sugiere un poco más al norte que lo propuesto por Villar (2008) para el bioma Selva tropical húmeda.

Con respecto al límite de la provincia Montañosa central coincide de manera general con los límites propuestos por los distintos autores, sin embargo, tanto Campbell y Vannini (1989) como Schuster et al. (2000) sugieren subdivisiones que corresponden a las sierras de Cuchumatanes, Chamá, Chuacús y de las Minas. Así mismo, estos dos autores proponen a la sierra de la Cuchumatanes como una unidad, la cual, estaría incluyendo dos provincias. La provincia de la Bocacosta también coincide de manera general con las áreas propuestas, sin embargo, en la

actualización se sugiere una franja altitudinal más ancha. Schuster et al. (2000) también proponen una subdivisión en esta área.

Figura 9

Comparación de la actualización en la delimitación espacial de provincias faunísticas de Bustamante et al. (2012) con clasificaciones faunísticas previas



Nota. Superior izquierda = Bustamante et al. (2012), superior derecha = biomas de Villar (2008), inferior izquierda = áreas faunísticas por Campbell y Vannini (1992) e inferior derecha = áreas de endemismo para coleópteros por Schuster et al. (2000).

Los bosques secos se representan en el bioma chaparral espinoso de Villar (2008) y áreas de herpetofauna de Campbell y Vannini (1989) coincidiendo con su distribución en el valle del Motagua y en Huehutenango. Los bosques secos de Salamá y otros asociados al río Chixoy no se aprecian en el mapa, lo cual puede deberse a la escala del mapa, así como a la falta de información espacial de especies en estas áreas. En el oriente del país se presenta una situación compleja con la presencia de distintas provincias faunísticas, lo cual se representa en el área Jutiapan para la herpetofauna por Campbell y Vannini (1989). Esta discontinuidad de la provincia Altiplano en el oriente que podría permitir conectividad entre el valle del río Motagua y la provincia costera del Pacífico. Esta ruta se cree que fue utilizada por géneros como *Heloderma* para su dispersión hacia los valles interiores del río Motagua (Dyson et al., 2022; Stuart, 1962). Por la escala no se evidencian todos los valles secos, como por ejemplo los de Salamá, los cuales pueden ser continuos y forman un importante corredor (Stuart, 1962).

Con respecto a las relaciones biogeográficas, en cuanto a la avifauna, en general las tierras bajas tienen mayor afinidad con Suramérica y las tierras altas tanto del norte como del sur (Eisermann y Avendaño, 2006). Sin embargo, entre las especies seleccionadas, varias de ellas corresponden a un componente de origen centroamericano en el cual se incluye el género *Plectrohyla* en los anfibios y los géneros *Iguana*, *Corytophanes*, *Ctenosaura*, *Agkistrodon* y *Bothriechis* en los reptiles (Savage, 1982). Este componente habría derivado de componentes suramericanos ancestrales que posteriormente fueron aislados al norte por las condiciones climáticas de mayor aridez y de Suramérica al no existir temporalmente una conexión terrestre, y se desarrollaron en conjunto con componentes provenientes del *Old Northern* (Savage, 1966; 1982). Representantes de componente *Old Northern* está el género *Bolitoglossa* para anfibios, *Rhinoclemmys*, *Lepidophyma* y *Heloderma* para reptiles

El género *Ctenosaura* se presenta como una muestra de un clado fragmentado en componentes de tierras bajas en las vertientes del Atlántico y Pacífico debido a la elevación de las principales cadenas montañosas de Centroamérica nuclear (Savage, 1982). El género *Crotalus* se considera un representante del componente *Young Northern* (Savage, 1982).

12. Referencias

- Almazroui, M., Islam, M. N., Saeed, F., Saeed, S., Ismail, M., Ehsan, M. A., Diallo, I., O'Brien, E., Ashfaq, M., Martínez-Castro, D., Cavazos, T., Cerezo-Mota, R., Tippett, M. K., Gutowski, Jr., W. J., Alfaro, E. J., Hidalgo, H. G., Vichot-Llano, A., Campbell, J. D., Kamil, S., ... Barlow, M. (2021). Projected changes in temperature and precipitation over the United States, Central America, and the Caribbean in CMIP6 GCMs. *Earth Systems and Environment*, 5 (2021), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00199-5>
- Alvarez-Castañeda, S. T., Lorenzo, C., Segura-Trujillo, C. A. y Pérez-Consuegra, S. (2019). Two new species of *Peromyscus* from Chiapas, Mexico, and Guatemala. En Bradley, R. D., Genoways, H. H., Schmidly, D. J., y Bradley, L. C. (Eds) *From field to laboratory: a memorial volume in honor of Robert J. Baker*, 543-558. Special Publications, Museum of Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA. https://www.researchgate.net/publication/336445089_Two_New_Species_of_Peromyscus_from_Chiapas_Mexico_and_Guatemala
- Andrade, G. I. y Londoño, M. C. (2016). Cadena de valor en la generación del conocimiento para la gestión de la biodiversidad. *Biodiversidad en la práctica*, 1(1), 1-20. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9889>
- Andrade, G. I. y Wills, E. (2010). Tipos, modos de generación y gobernanza del conocimiento para la gestión de la biodiversidad. *Ambiente y Desarrollo*, 14(27), 55-78. <http://hdl.handle.net/10554/22788>
- Aguilera, A. L. (2020). *Análisis de viabilidad poblacional de *Tapirus bairdii* (Gil, 1865) en proyecciones de escenarios de calidad de hábitat para su conservación en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ariano, D. (2010). Identificación de vacíos de conservación y priorización de un portafolio de áreas protegidas potenciales en bosques de montaña de Guatemala utilizando a las lagartijas arborícolas del género *Abronia* (Sauria: Anguidae) como modelo. Universidad Autónoma de Madrid, Universidad Complutense, Universidad de Alcalá de Henares y Fundación Fernando González Bernáldez.

- Ariano, D. y Salazar, G. (2007). Notes on the distribution of the endangered lizard, *Heloderma horridum charlesbogerti*, in the dry forests of eastern Guatemala: An application of multi-criteria evaluation to conservation. *Iguana*, 14(3), 152-158.
- Asociación Balam para la Conservación de los Recursos Naturales y Culturales Integrados. (2007). Análisis espacial y generación de capas de información para el análisis de vacíos del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas fase III. The Nature Conservancy y Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Barrios, M. A. (2009). *Distribución de Phyllophaga (Scarabaeidae: Melolonthinae) en Guatemala*. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/B199.pdf>
- Barrios, M., García, P., Orellana, R., García, M., Burgos, C., del Cid, J., y Cruz, H. (2014). Conocimiento del patrimonio natural de Guatemala, 25 años de investigación y manejo de información: centro de datos para la conservación –CDC-. *Ciencia y Conservación*, 5, 26-37.
- Barve, N., Barve, V. Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., Soberón, J., y Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*, 222 (11), 1810-1819. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.02.011>
- BirdLife International. (2020). *Oreophasis derbianus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T22678453A177970135. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T22678453A177970135.en>.
- Bustamante, D. C., Estrada, C. G., García, M., y Machuca, O. (2012). *Análisis de la efectividad ecológica de los espacios terrestres incluidos en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP)*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2011-026.pdf>
- Campbell, J. A. (1982). The biogeography of the cloud forest herpetofauna of Middle America with special reference to the Sierra de Las Minas of Guatemala. Ph.D. dissertation, University of Kansas, Lawrence, Kansas, United States

- Campbell, J. A., y Vannini, J. P. (1989). Distribution of amphibians and reptiles in Guatemala and Belize. *Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology*, 4 (1), 1-21.
- Cano, E. B., Schuster, J. C. y Morrone, J. J. (2018) Phylogenetics of *Ogyges* Kaup and the biogeography of Nuclear Central America (Coleoptera, Passalidae). *ZooKeys*, 737, 81–111. <https://doi.org/10.3897/zookeys.737.20741>
- Castellanos, S. A. (2017). *Diversidad genética de Triatoma dimidiata (Latreille, 1811), en zonas fronterizas e hiperendémicas de la enfermedad de Chagas, entre Guatemala y El Salvador*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/B281.pdf>
- Centro de Estudios Conservacionistas. (2022). *Catálogo de autoridades taxonómicas de la fauna de Guatemala (versión 2.5) [Rastreo de Elemento: Vertebrata]*. Centro de Datos para la Conservación (CDC), Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LIGkHBR7hJq6Mx2ImdFg_FL32oWGrB4bTSxTzhzzPxA/edit?usp=sharing
- Chapman, A. D. (2005a). *Principles and methods of data cleaning – primary species and species-occurrence data, version 1.0*. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org/document/80528>
- Chapman, A. D. (2005b). *Principles of Data Quality, version 1.0*. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. <https://doi.org/10.15468/doc.jrgg-a190>
- Chapman, A. D. (2005c). *Uses of primary species-occurrence data, version 1.0*. Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen. <http://www.gbif.org/document/80545>
- Chapman, A. D. y Grafton, O. (2008). *Guide to best practices for generalizing primary species-occurrence data, version 1.0*. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. <https://doi.org/10.15468/doc-b02j-gt10>

- Chapman, A. D. y Wieczorek, J. (Eds). (2006). *Guide to best practices for georeferencing*. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. <https://doi.org/10.15468/doc-2zpf-zf42>
- Chevalier, M., Zarzo-Arias, A., Guélat, J., Mateo, R. G., y Guisan, A. (2022) Accounting for niche truncation to improve spatial and temporal predictions of species distributions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 944116. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.944116>
- Cóbar, A. J. (2006). *Distribución actual y selección de sitios para el estudio y conservación del pavo de cacho (Oreophasis derbianus G.R. Gray, 1844) en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango, Guatemala*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2461.pdf
- Cóbar, A. J., Dávila, C. V., Véliz, M. E., y Maza, A. (2010). *Caracterización de la distribución y uso de hábitat del chipe cachete dorado (Dendroica chrysoparia) para su conservación en la región noroccidental, central y oriental de los bosques de pino-encino de Guatemala*. <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202008.44.pdf>
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. (2002). *Apoyo al sistema de gestión de información sobre la biodiversidad*. Reporte final. <http://www.bionica.info/biblioteca/Abreu2002Biodiversidad.pdf>
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2005). *Programa estratégico regional de monitoreo y evaluación de la biodiversidad. Proyecto regional "Establecimiento de un Programa para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano" (PCCBM)*. Autor.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. (2012). *CONABIO Dos décadas de historia 1992-2012*. México: Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/web/pdf/Conabio_Dos_Decadas_de_Historia_web.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. (2013a). *REMIB*. Recuperado el 05/05/2014, en http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/acerca_remib.html

- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. (2013b). SIMEBIO. Recuperado el 05/05/2014, de http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/simebio.html
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2009). *Lista de especies amenazadas de Guatemala – LEA- y listado de especies flora y fauna silvestres Cites de Guatemala*. Documento técnico 67 (02-2009). Guatemala: autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2010). *Integración de los análisis de vacíos ecológicos y estrategias para conservación. Documento técnico 84 (01-2010)*. Guatemala: The Nature Conservancy - CONAP.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2017). *Manual para uso del Sistema Nacional de Información sobre Diversidad Biológica de Guatemala (SNIDB gt)*. Documento Técnico No. 07-2017. Guatemala: autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2009). *Biodiversidad marina de Guatemala: análisis de vacíos y estrategias para su conservación*. Conap, Marn y TNC. Documento técnico 69 (02-2009).
- Daza, J. M., Castoe, T. A., y Parkinson, C. L. (2010). Using regional comparative phylogeographic data from snake lineages to infer historical processes in Middle America. *Ecography*, 33(2), 343-354. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06281.x>
- Duellman, W. E. y Campbell, J. A. (1992). Hylid frogs of the genus *Plectrohyla*: Systematics and phylogenetic relationships. *Miscellaneous Publications. Museum of Zoology, University of Michigan*, 181, 1–32.
- Dwyer, Q., Lamar, W., Porrás, L.W., Solórzano, A., Sunyer, J., y Chaves, G. (2022). *Crotalus simus* (amended version of 2014 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2022: e.T197480A217775736. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T197480A217775736.en>.
- Dyson, C. J., Pfennig, A., Ariano-Sánchez, D., Lachance, J., Mendelson III, J. R., y Goodisman, M. A. D. (2022). Genome of the endangered Guatemalan Beaded Lizard, *Heloderma*

- charlesbogerti*, reveals evolutionary relationships of squamates and declines in effective population sizes. *G3 Genes/Genomes/Genetics*, 2022, jkac276. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkac276>
- Eisermann, K. y Avendaño, C. (2006). Diversidad de aves en Guatemala, con una lista bibliográfica. En Cano, E. (Ed). *Biodiversidad de Guatemala, vol 1*. Universidad del Valle de Guatemala. 674pp.
- Eken, G., Bennun, L., Brooks, T. M., Darwall, W., Fishpool, L. D. C., Foster, M., Knox, D., Langhammer, P., Matiku, P., Radford, E., Salaman, P., Sechrest, W., Smith, M. L., Spector, S., y Tordoff, A. (2004) Key biodiversity areas as site conservation targets. *Bioscience* 54, 1110–1118. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[1110:kbaasc\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[1110:kbaasc]2.0.co;2)
- Escobedo, N., López, J. E., y Escobar, D. D. (2018). *Distribución potencial de las abejas nativas de Guatemala ante posibles escenarios del cambio climático, fase II: Bombus (Apidae: Bombini)*. Informe DIGI. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2018-17.pdf>
- Estrada, C. G. (2017). Diversidad y endemismo de vertebrados terrestres en Sierra de las Minas, Guatemala. *Revista Yu'am*, 2(3), 5-16. <https://www.revistayuam.com/diversidad-endemismo-vertebrados-terrestres-sierra-las-minas-guatemala/#:~:text=En%20total%20se%20identificaron%2059,de%20Sierra%20de%20las%20Minas.>
- Estrada, C., García, M., y Machuca, O. (2015). Análisis de la efectividad ecológica de los espacios terrestres incluidos en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP). *Ciencia y Conservación*, 6, 7-13. <https://ls3.usac.edu.gt/revistacecon/detallearticulo.php?c=336ya=1298>
- Fagan, J. y Komar, O. (2016). Peterson field guide to birds of northern Central America.
- Fick, S. E. y Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

- Flores-Villela, O. y Martínez-Salazar, E. A. (2009). Historical explanation of the origin of the herpetofauna of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(3), 817-833.
- García, M. J., y Leonardo, R. (2016). Clasificación del hábitat potencial del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii* Gill, 1865) para su conservación en Guatemala. *Therya*, 7(1), 107-12. <https://doi.org/10.12933/therya-16-345>
- García, M. J., Leonardo, R., García, L., y Gómez, I. (2009). *Estado actual de conservación del Tapir (Tapirus bairdii) en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas*. FONACON, Guatemala.
- García, M. J., Leonardo, R., Gómez, I., y García, L. (2008). *Estado actual de conservación del Tapir (Tapirus bairdii) en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Guatemala.
- Gil-Escobedo, J., C. Chinchilla, F. Yanes, A. Echeverría, G. Salazar, R. García, D. Ariano-Sánchez. 2022. Distribución y habitat de la iguana de cola espinosa yucateca (*Cachryx defensor*) y sus cambios bajo escenarios de cambio climático. En prensa.
- Griscom, L. (1932). The distribution of bird-life in Guatemala: A contribution to a study of the origin of Central American bird-life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 64.
- Gutjahr, O., Putrasahan, D., Lohmann, K., Jungclaus, J. H., von Storch, J.-S., Brüggemann, N., Haak, H., y Stössel, A. (2019). Max Planck Institute Earth System Model (MPI-ESM1.2) for the High-Resolution Model Intercomparison Project (HighResMIP). *Geoscientific Model Development*, 12, 3241–3281. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-3241-2019>
- Illescas, M. J., Dix, M., y Maldonado, M. L. (2011). *Sistema Guatemalteco de información sobre biodiversidad (SGIB) para la planificación de manejo de vida silvestre y áreas protegidas (Fase IV): anfibios y reptiles* (Informe final Proyecto FD18-2006). Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202006.18.pdf>

Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Universidad del Valle de Guatemala, y Universidad Rafael Landívar. (2019). *Cobertura forestal de Guatemala 2016 y dinámica de cobertura forestal 2010-2016*. Guatemala. <http://www.sifgua.org.gt/Documentos/Cobertura%20Forestal/Cobertura%202016/Memoria%20Tecnica%20Mapa%20Cobertura%20Forestal%202016.pdf>

IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2020). *Plectrohyla glandulosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55875A54363236. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T55875A54363236.en>.

Iturralde-Vinent, M. A. (2006). El origen paleogeográfico de la biota de Guatemala. En: Cano, E. B (Ed.), *Biodiversidad de Guatemala Volumen I*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Jiménez, R. A. (2021). Biogeografía y evolución de la biodiversidad en Guatemala, ¿qué nos ha contado el ADN?. *Revista Científica*, 30(1). <https://doi.org/10.54495/revistacientifica.v30i1.19>

Jolón-Morales, M. R. y Sánchez-Castañeda, R. (2006). *Actualización de la lista de especies amenazadas de flora y fauna silvestres de Guatemala. Fase I*. Informe de Consultoría. Guatemala: CONAP-Países Bajos-PROBIOMA.

Josse, C., Young, B., Lyons-Smyth, R., Brooks, T., Frances, A., Comer, P., Petry., ... Moscoso, A. (2013). Desarrollo de insumos para la toma de decisiones de conservación en la cuenca amazónica occidental. *Ecología Aplicada*, 12(1), 45-65. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.437>

Juffe-Bignoli, D., Brooks, T. M., Butchart, S. H. M., Jenkins, R. B., Boe, K., Hoffmann, M., Angulo, A., Bachman, S., Böhm, M., Brummitt, N., Carpenter, K. E., Comer, P. J., Cox, N., Cuttelod, A., Darwall, W. R. T., Di Marco, M., Fishpool, L. D. C., Goettsch, B., Heath, M., Hilton-Taylor, C., Hutton, J., Johnson, T., Joolia, A., Keith, D. A., Langhammer, P. F., Luedtke, J., Lughadha, E. N., Lutz, M. ... Kingston, N. (2016). Assessing the cost of global

- biodiversity and conservation knowledge. *PLoS ONE*, 11(8), e0160640. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160640>
- Kass, J. M., Vilela, B., Aiello-Lammens, M. E., Muscarella, R., Merow, C., y Anderson, R. P. (2017). Wallace: A flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution*, 2018, 9, 1151–1156. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12945>
- Kelling, S. (2008). *Significance of organism observations: Data discovery and access in biodiversity research*. Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen.
- Knight, A. T., Smith, R. J., Cowling, R. M., Desmet, P. G., Faith, D. P., Ferrier, S., Gelderblom, C. M., Grantham, H., Lombard, A. T., Maze, K., Nel, J. F., Parrish, J. D., Pence, G. Q. K., Possingham, H. P., Reyers, B., Rouget, M., Roux, D., y Wilson, K. A. (2007). Improving the key biodiversity areas approach for effective conservation planning. *BioScience*, 57(3), March 2007, 256–261. <https://doi.org/10.1641/B570309>
- Köhler, G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpeton.
- Köhler, G. (2003). *Reptiles of Central America*. Herpeton.
- Larsen, F.W., Turner, W.R., y Brooks, T. M. (2012) Conserving critical sites for biodiversity provides disproportionate benefits to people. *PLoS ONE* 7(5), 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036971>
- Laterra, P., Jobbagy, E. G., y Paruelo, J. M. (Eds). (2011). *Valoración de servicios ecosistémicos Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Chile: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Lee, J., Mandujano, R. C., y López-Luna, M. A. (2013). *Plestiodon sumichrasti* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T199752A114580634. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T199752A2609556.en>.

- Leiva, E. M. (2015). *Efecto del cambio climático en la distribución geográfica de tres ranas arborícolas (Anura: Hylidae) y presencia de quitridio en la reserva de uso múltiple cuenca del lago de Atitlán (RUMCLA), Guatemala.* <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/B261.pdf>
- Levin, N., Coll, M., Frascchetti, S., Gal, G., Giakoumi, S., Göke, C., Heymans, J. J., ... Kark, S. (2014). Biodiversity data requirements for the systematic conservation planning in the Mediterranean sea. *Marine Ecology Progress Series*, 508, 261-281. <https://doi.org/10.3354/meps10857>
- Liria, J. y Navarro, J. C. (2010). Modelo de nicho ecológico en *Haemagogus* Williston (Diptera: Culicidae), vectores del virus de la fiebre amarilla. *Revista Biomédica*, 21(3), 149-161.
- Malone, C., Reynoso, V. y Buckley, L. (2017). Never judge an iguana by its spines: Systematics of the Yucatan spiny tailed iguana, *Ctenosaura defensor* (Cope, 1866). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.07.010>
- Marshall, J. (2007). The geomorphology and physiographic provinces of Central America. En Bundschuh y Alvarado (EDS). *Central America: geology, resources and hazards*.
- Martínez-López, O., Koch, J. B., Martínez-Morales, M. A., Navarrete-Gutiérrez, D., Enríquez, E., y Vandame, R. (2021). Reduction in the potential distribution of bumble bees (Apidae: *Bombus*) in Mesoamerica under different climate change scenarios: Conservation implications. *Global Change Biology*, 27(9), 1772-1787. <https://doi.org/10.1111/gcb.15559>
- Matson, J. O., Eckerlin, R. P., Pérez Consuegra, S. G., y Ordóñez-Garza (2016). Small mammals from three mountain ranges in Nuclear Central America. *Annals of Carnegie Museum*, 83(4), 269-285. <https://doi.org/10.2992/007.083.0403>
- Matson, J. O. y Ordóñez-Garza, N. (2017). The taxonomic status of Long-tailed shrews (Mammalia: genus *Sorex*) from Nuclear Central America. *Zootaxa*, 4236 (3), 461–483. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4236.3.3>

- Matson, J. O., Ordóñez-Garza, N., Bulmer, W., y Eckerlin, R. P. (2012). Small mammal communities in the Sierra de los Cuchumatanes, Huehuetenango, Guatemala. *Mastozoología Neotropical*, 19, 71–84. <https://mn.sarem.org.ar/article/small-mammal-communities-in-the-sierra-de-los-cuchumatanes-huehuetenango-guatemala/>
- Matson, J. O., Ordóñez-Garza, N., Woodman, N., Bulmer, W., Eckerlin, R. P. y Hanson, J. D. (2014). Small mammals from the Chelemhá Cloud Forest Reserve, Alta Verapaz, Guatemala. *Southwestern Naturalist*, 59, 258–262. <https://doi.org/10.1894/F14-TAL-60.1>
- Merow, C., Smith, M. J., y Silander, J. A. (2013) A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36, 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación [MAGA]. (2021). *Determinación de la cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1: 50,000 de la república de Guatemala, año 2,020*. Dirección de información geográfica, estratégica y gestión de riesgos, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
- Monter Pozos, A., Hernández-Hernández, J., Nahuat-Cervera, P., y Avilés, R. (2022). La iguana Chopito (*Cachryx defensor*), endémica de la provincia biótica de la península de Yucatán. *Bioagrocencias*, 15 (1), 77-84. <http://dx.doi.org/10.56369/BAC.4300>
- NatureServe. (2014). Metodología de Patrimonio Natural. Sección Standars y Methods. Disponible en <http://www.natureserve.org/conservationtools/standards-methods/natureserve-coremethodology>
- Ordóñez-Garza, N., Matson, J. O., Strauss, R. E., Bradley, R. D., y Salazar-Bravo, J. (2010). Patterns of phenotypic and genetic variation in three species of endemic Mesoamerican *Peromyscus* (Rodentia: Cricetidae), *Journal of Mammalogy*, 91(4), 848–859. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-A-167.1>
- Olguín-Monroy, H. C., Gutiérrez-Blando, C., Ríos-Muñoz, C. A., León-Paniagua, L., y Navarro-Sigüenza, A. G. (2013). Regionalización biogeográfica de la mastofauna de los bosques tropicales perennifolios de Mesoamérica. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 937-969.

- Pelegrin, J. S., Gamboa, S., Menéndez, I., Hernández, M. (2018). El Gran Intercambio Biótico Americano: una revisión paleoambiental de evidencias aportadas por mamíferos y aves neotropicales. *Ecosistemas*, 27(1), 5-17. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1455>
- Phillips, S. J., Dudík, M., y Schapire, R. E. (2006). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- Plasencia, A. H. y Escalona, G. (2014). Caracterización del área de distribución geográfica potencial de las especies de aves psitácidas de la Península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1509-1522. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000400020&lng=en&tlng=es.
- Pope, I., Bowen, D., Harbor, J., Shao, G., Zanotti, L., y Burniske, G. (2015) Deforestation of montane cloud forest in the Central Highlands of Guatemala: contributing factors and implications for sustainability in Q'eqchi' communities. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(3), 201-212. <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2014.998738>
- Prado, L. y Cazalli, G. (2007). *Sistema guatemalteco de información sobre biodiversidad (SGIB), fase II : Moluscos* (Informe final Proyecto Fodecyt 2004.22). Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202004.22.pdf>
- Ramírez, M. (2018). *Modelado de la distribución potencial de los primates de Guatemala: Alouatta pigra, Alouatta palliata y Ateles geoffroyi* (Informe EDC). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Reid, F. (2009). *A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico*. Oxford University press.
- Savage, J. M. (1966). The origins and history of the Central America herpetofauna. *Copeia*, 4, 719-766. <https://doi.org/10.2307/1441404>

- Savage, J. M. (1982). The enigma of the Central American herpetofauna: Dispersal or vicariance? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69, 464-547. <https://doi.org/10.2307/2399082>
- Schank, C., Mendoza, E., García, M., Cove, M., Jordan, C. A., O’Farrill, G., Meyer, N., Lizcano, D., Estrada, N., Poot, C., y Leonardo, R. (2015). Integrating current range-wide occurrence data with species distribution models to map the potential distribution of Baird’s Tapir. *Tapir Conservation Newsletter*, 24(33), 15-25. <https://zenodo.org/badge/DOI/10.5281/zenodo.23417.svg>
- Schuster, J. C., Cano, E., y Cardona, C. (2000). Un método sencillo para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala, usando Passalidae (Coleoptera) como organismos indicadores. *Acta Zoológica Mexicana*, 80, 197-209.
- Silva, A. R. (2019). *Modelado de nicho ecológico actual de dos especies de psitácidos en peligro de extinción (Ara macao cyanoptera y Amazona auropalliata), en Guatemala.* <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/B301.pdf>
- Simoës, M., Romero-Alvarez, D., Nuñez-Penichet, C., Jiménez, L., y Cobos, M. E. (2020). General theory and good practices in ecological niche modeling: A basic guide. *Biodiversity Informatics*, 15 (2), 67-68. <https://doi.org/10.17161/bi.v15i2.13376>.
- Soberón, J., Osorio-Olvera, L., y Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2017), 437–441. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>
- Stuart, L. C. (1957). Herpetofaunal dispersal routes through northern Central America. *Copeia*, 1957(2), 89-94. <https://doi.org/10.2307/1439394>
- Stuart, L. C. (1943). Taxonomic and geographic comments on Guatemalan salamanders of the genus *Oedipus*. *Miscellaneous publications of zoology, University of Michigan*, 56.
- Taylor, R. S. (1982). Value-added processes in the information life cycle. *Journal of the American Society for information science*, 30, 341-346. <https://doi.org/10.1002/asi.4630330517>
- The Nature Conservancy [TNC]. (1982). *Natural Heritage Program, Operation Manual*. Arlington Virginia: autor.

- Townsend, J. (2014). Characterizing the Chortís block biogeographic province: geological, physiographic, and ecological associations and herpetofaunal diversity. *Mesoamerican Herpetology*, 1, 204–252.
- Tun, J. M. (2021). Cambios en la disponibilidad de hábitat del mono aullador (*Alouatta pigra*) y mono araña (*Ateles geoffroyi*) en Guatemala (1991-2016) y proyecciones a futuro (Informe EDC Biología). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (2001). *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN Species Survival Commission.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (2010). *Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria. Version 8.1*. UK: IUCN Species Survival Commission.
- Urbina-Cardona, J. N. y Flores-Villela, O. (2010). Ecological-niche modeling and prioritization of conservation-area networks for mexican herpetofauna. *Conservation Biology*, 24 (4), 1031-1041. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01432.x>
- Valdez, O. I., Marroquín, D. E., Rosales, A. C., Jolón, M. R., Ramírez, C. B., Valle, L. A., Pilar, M. del P. ... Godínez, C. V. (1999a). *Fauna en peligro de extinción de Guatemala: Inventarios rápidos para la conservación* (Informe final Proyecto Fodecyt 38.1997). Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201997.38.pdf>
- Valdez, O. I., Marroquín, D. E., Orellana, R. E., Pérez, S. G., Sandoval, K. J., Villar, L., Godínez, C. V., ... Reyes, L. E. (1999b). *Fauna en peligro de extinción en Guatemala: Estudios de biodiversidad* (Informe final Proyecto Fodecyt 34.1998). Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201998.34.pdf>
- Valdez, O. I., Marroquín, D. E., Orellana, R. E., Pérez, S. G., Sandoval, K. J., Villar, L., Godínez, C. V., ... Reyes, L. E. (1999c). Evaluación y conocimiento del patrimonio natural faunístico en peligro de extinción en Guatemala. *Revista Científica*, 12, 33-37.

- Valdez, O. I., Pérez, S. G., Orellana, R. E., Sandoval, K. J., Villar, L., Cano, E. B., Grajeda, A. L., ... Flores, M. E. (2000). *Fauna en peligro de extinción en Guatemala: Estudios de biodiversidad (Parte II)* (Informe final Proyecto FD 70-99). Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencias y Tecnología.
<http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201999.70.pdf>
- Vielman, I. y Jolón, M. (2010). *Biodiversidad terrestre de Guatemala: análisis de vacíos y estrategias para su conservación*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Serviprensa
- Villar, L. (2008). *La flora silvestre de Guatemala*. Editorial Universitaria Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Wake, D. B. y Lynch, J. F. (1982). Evolutionary relationships among Central American salamanders of the *Bolitoglossa franklini* Group, with a description of a new species from Guatemala. *Herpetologica*, 38 (2), 257-272. <https://www.jstor.org/stable/3892328>
- Wake, D. B., Papenfuss, T. J., y Lynch, J. F. (1992). Distribution of salamanders along elevational transects in Mexico and Guatemala. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 1, 303-319.
- Woodman, N. (2019). Three new species of small-eared shrews, genus *Cryptotis*, from El Salvador, Guatemala, and Honduras (Mammalia: Eulipotyphla: Soricidae). *Special Publications of the Museum of Texas Tech University*, 72, 1–46.

13. Apéndice

Apéndice A. Listado de especies seleccionadas para modelados de distribución potencial

Tabla A1

Listado de especies consideradas para el modelado incluyendo su taxonomía y categoría en la lista roja de la UICN

Especie	Autoridad(es)	Nombre común	Nombre en inglés	UICN
Clase Amphibia				
Orden Caudata				
Familia Plethodontidae				
<i>Bolitoglossa cuchumatana</i>	(Stuart, 1943)	Salamandra, niño dormido	Oak Forest Salamander	EN
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	(Schmidt, 1936)	Salamandra, niño dormido	Engelhardt's Mushroomtongue Salamander	EN
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	(Schmidt, 1936)	Salamandra, niño dormido	Yellow-legged Mushroomtongue Salamander	EN
<i>Bolitoglossa franklini</i>	(Schmidt, 1936)	Salamandra, niño dormido	Franklin's Mushroomtongue Salamander	VU
<i>Bolitoglossa helmrichi</i>	(Schmidt, 1936)	Salamandra, niño dormido	Coban Mushroomtongue Salamander	VU
<i>Bolitoglossa meliana</i>	Wake y Lynch, 1982	Salamandra, niño dormido	Mexican Mushroomtongue Salamander	EN

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Autoridad(es)	Nombre común	Nombre en inglés	UICN
<i>Bolitoglossa morio</i>	(Cope, 1869)	Salamandra, niño dormido	Cope's Mushroomtongue Salamander	VU
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	(Brocchi, 1883)	Salamandra, niño dormido	Müller's Mushroomtongue Salamander	VU
<i>Bolitoglossa salvinii</i>	(Gray, 1868)	Salamandra, niño dormido	Salvin's Mushroomtongue Salamander	VU
<i>Pseudoeurycea rex</i>	(Dunn, 1921)	Salamandra	Royal False Brook Salamander	CR
Orden Anura				
Familia Craugastoridae				
<i>Craugastor stuarti</i>	(Lynch, 1967)	Rana	Stuart's Robber Frog	VU
Familia Hylidae				
<i>Duellmanohyla soralia</i>	(Wilson y McCranie, 1985)	Rana	Copan Brook Frog	EN
<i>Plectrohyla avia</i>	Stuart, 1952	Rana	Greater Spikethumb Frog	EN
<i>Plectrohyla glandulosa</i>	(Boulenger, 1883)	Rana	Forest Spikethumb Frog	CR
<i>Plectrohyla guatemalensis</i>	Brocchi, 1877	Rana	Guatemala Spikethumb Frog	NT
<i>Atlantihyla panchoi</i>	(Duellman y Campbell, 1982)	Rana	Guatemala Stream Frog	CR
<i>Smilisca baudinii</i>	(Duméril y Bibron, 1841)		Mexican Treefrog	LC
<i>Tripurion petasatus</i>	(Cope, 1865)	Rana Cabeza de Pala		LC

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Autoridad(es)	Nombre común	Nombre en inglés	UICN
Clase Reptilia				
Orden Testudines				
Familia Geoemydidae				
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	(Duméril y Bibron, 1851)	Tortuga, mojina	Furrowed wood turtle	NT
Orden Squamata				
Familia Corytophanidae				
<i>Corytophanes percarinatus</i>				LC
Familia Dactyloidae				
<i>Anolis cobanensis</i>	Smith, 1968			VU
<i>Anolis cristifer</i>	Smith, 1968	Lagartija, abaniquillo	Crested Lichen Anole, Cristifer Anole	DD
<i>Anolis petersii</i>	Bocourt, 1873	Lagartija, abaniquillo	Peter's anole	NT
Familia Iguanidae				
<i>Cachryx defensor</i>	(Cope, 1866)	Iguana cola-espinosa yucateca	Yucatán Spiny-tailed Iguana	VU
<i>Ctenosaura palearis</i>	Stejneger, 1899	Iguana	Guatemalan Spiny-tailed Iguana	EN
<i>Iguana rhinolopha</i>				LC
Familia Scincidae				
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	(Cope, 1867)			LC
Familia Xantusiidae				
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	Duméril, 1851	Lagartija nocturna de puntos amarillos	yellow-spotted night lizard	LC
<i>Lepidophyma mayae</i>	Bezy, 1973	Lagartija, escorpión nocturno maya		NT

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Autoridad(es)	Nombre común	Nombre en inglés	UICN
Familia Anguidae				
<i>Abronia fimbriata</i>	(Cope, 1885)	Lagartija		EN
<i>Abronia vasconcelosii</i>	(Bocourt, 1871)	Lagartija		VU
<i>Celestus rozellae</i>				LC
Familia Helodermatidae				
<i>Heloderma alvarezi</i>				VU
<i>Heloderma charlesbogerti</i>				EN
Familia Colubridae				
<i>Tantilla jani</i>	(Günther, 1895)	Culebra, culebra-ciempies de Jan		VU
Familia Natricidae				
<i>Thamnophis fulvus</i>				LC
Familia Elapidae				
<i>Micrurus latifasciatus</i>				LC
Familia Viperidae				
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	Günther, 1863	Serpiente, cantil de agua		NT
<i>Bothriechis aurifer</i>	(Salvin, 1860)	Serpiente, cantil	Yellow-blotched Palm Pit Viper	VU
<i>Crotalus simus</i>				LC
Familia Elapidae				
<i>Micrurus diastema</i>	(Duméril, Bibron y Duméril, 1854)	Coral		LC
Clase Aves				

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI–

Especie	Autoridad(es)	Nombre común	Nombre en inglés	UICN
Orden Galliformes				
Familia Cracidae				
<i>Penelopina nigra</i>	(Fraser, 1852)	Pava pajuil, pasha	Highland guan	VU
<i>Oreophasis derbianus</i>	G.R. Gray, 1844	Pavo de cacho	Horned guan	EN
Familia Odontophoridae				
<i>Colinus virginianus</i>	(Linnaeus, 1758)	Codorniz de virginia	Northern bobwhite	NT
Familia Phasianidae				
<i>Meleagris ocellata</i>	Cuvier, 1820	Pavo ocelado	Ocellated turkey	NT
Orden Trogoniformes				
Familia Trogonidae				
<i>Pharomachrus mocinno</i>	De La LLave, 1832	Quetzal	Resplendent quetzal	NT
Orden Coraciiformes				
Familia Momotidae				
<i>Momotus mexicanus</i>	Swainson, 1827	Momoto mexicano	Russet-crowned motmot	LC
Orden Piciformes				
Familia Ramphastidae				
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Lesson, 1830	Tucán, tucán piquiverde	Keel-billed toucan	NT
Orden Psittaciformes				
Familia Psittacidae				
<i>Eupsittula canicularis</i>				VU
<i>Amazona farinosa</i>	(Boddaert, 1783)	Loro real	Mealy parrot	NT

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Autoridad(es)	Nombre común	Nombre en inglés	UICN
<i>Amazona auropalliata</i>	(Lesson, 1842)	Loro nuca amarilla	Yellow-naped parrot	CR
Orden Passeriformes				
Familia Cardinalidae				
<i>Passerina versicolor</i>	Bonaparte, 1838	Azulillo morado	Varied bunting	LC
Familia Thraupidae				
<i>Poecilostreptus cabanisi</i>	(P.L. Sclater, 1868)	Tángara celeste	Azure-rumped tanager	VU
Clase Mammalia				
Orden Rodentia				
Familia Heteromyidae				
<i>Heteromys nelsoni</i>	Merriam, 1902	Rata	Nelson's spiny pocket mouse	EN
<i>Heteromys salvini</i>	(Thomas, 1893)			LC
Familia Cricetidae				
<i>Habromys lophurus</i>	(Osgood, 1904)	Ratón	Crested-tailed deer mouse	NT
<i>Peromyscus grandis</i>	Goodwin, 1932	Ratón	Large deer mouse, giant deer mouse	NT
<i>Peromyscus mayensis</i>	Carleton y Huckaby, 1975	Ratón	Mayan deer mouse	CR
<i>Peromyscus gymnotis</i>	(Thomas, 1894)	Ratón Orejas Pelonas	Naked-eared Deer Mouse	LC
<i>Reithrodontomys tenuirostris</i>	Merriam, 1901	Ratón	Narrow-nosed harvest mouse	EN
Orden Eulipotyphla				
Familia Soricidae				

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Autoridad(es)	Nombre común	Nombre en inglés	UICN
<i>Cryptotis goodwini</i>	(Jackson, 1993)	Musaraña de orejas pequeñas de Guatemala	Goodwin's Broad-clawed Shrew	LC
Orden Chiroptera				
Familia Emballonuridae				
<i>Balantiopteryx io</i>	Thomas, 1904	Murciélago azulejo de Guatemala	Thomas's sac-winged bat	VU
Familia Phyllostomidae				
<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	Martínez y Villa-R., 1940	Murciélago	Lesser Long-nosed Bat	NT
Familia Vespertilionidae				
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	(van Gelder, 1959)	Murciélago de las islas tres marías	Van Gelder's bat	NT
Orden Perissodactyla				
Familia Tapiridae				
<i>Tapirus bairdii</i>	(Gill, 1865)	Danta, danto, tapir	Central American Tapir, Baird's Tapir	EN
Orden Artiodactyla				
Familia Cervidae				
<i>Mazama pandora</i>	Merriam, 1901	Cabro bayo	Yucatan brown brocket	VU
<i>Mazama temama</i>	(Kerr, 1792)	Venado colorado, cabrito, cabro	Brocket deer	DD

Apéndice B. Referencias de los datos descargados de GBIF

Especie	Cita GBIF
<i>Atlantihyla panchoi</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.6w5ppy
<i>Bolitoglossa cuchumatana</i>	GBIF.org (29 July 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.ejf3ny
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	GBIF.org (18 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.y4nfnm
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	GBIF.org (16 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.dfyu2c
<i>Bolitoglossa franklini</i>	GBIF.org (06 September 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.mhyf8t
<i>Bolitoglossa helmrichi</i>	GBIF.org (16 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.6dh7p2
<i>Bolitoglossa meliana</i>	GBIF.org (16 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.wc3945
<i>Bolitoglossa morio</i>	GBIF.org (30 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.e5r8vv
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	GBIF.org (07 September 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.53ds44
<i>Bolitoglossa salvinii</i>	GBIF.org (21 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.u383t
<i>Craugastor stuarti</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.ufd7kp
<i>Duellmanohyla soralia</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.f32hce
<i>Oedipina stenopodia</i>	GBIF.org (21 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.7axb3g

Especie	Cita GBIF
<i>Oedipina taylori</i>	GBIF.org (21 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468
<i>Plectrohyla avia</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.mxa78u
<i>Plectrohyla glandulosa</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.422t73
<i>Plectrohyla pokomchi</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.xgckhj
<i>Pseudoeurycea rex</i>	GBIF.org (31 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.drtaws
<i>Smilisca baudinii</i>	GBIF.org (21 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.jyns5a
<i>Triprion petasatus</i>	GBIF.org (21 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.52g94m
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.mxym96
<i>Agkistrodon bilineatus bilineatus</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.aapa5j
<i>Anolis cobanensis</i>	GBIF.org (18 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.8vj5mw
<i>Anolis cristifer</i>	GBIF.org (17 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.tjygmR
<i>Anolis petersii</i>	GBIF.org (10 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.ynpfnh
<i>Bothriechis aurifer</i>	GBIF.org (9 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.dffxjh
<i>Cachryx defensor</i>	GBIF.org (09 September 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.a87s4z

Especie	Cita GBIF
<i>Celestus rozellae</i>	GBIF.org (17 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.d75ers
<i>Corytophanes percarinatus</i>	GBIF.org (21 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.fzsafa
<i>Crotalus simus</i>	GBIF.org (26 May 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.4faz75
<i>Heloderma charlesbogerti</i>	GBIF.org (04 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.dsd9up
<i>Iguana rhinolopha</i>	GBIF.org (26 May 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.xkx6cv
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	GBIF.org (4 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.dsd9up
<i>Lepidophyma mayae</i>	GBIF.org (17 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.znsc2w
<i>Micrurus diastema</i>	GBIF.org (04 October 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.hp5g9q
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	GBIF.org (17 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.mxzmd5
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	GBIF.org (9 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.ugdjt2
<i>Tantilla jani</i>	GBIF.org (18 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.g8sa3c
<i>Thamnophis fulvus</i>	GBIF.org (21 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.aeef5r
<i>Xenosaurus grandis</i>	GBIF.org (18 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.y4nfn
<i>Amazona auropalliata</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.3yxkg5

Especie	Cita GBIF
<i>Amazona farinosa</i>	GBIF.org (7 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.p5v2tu
<i>Colinus virginianus</i>	GBIF.org (31 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.gc3k62
<i>Cyrtonyx ocellatus</i>	GBIF.org (10 June 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.nzdqbh
<i>Eupsittula canicularis</i>	GBIF.org (4 March 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.ms6z6t
<i>Melanoptila glabrirostris</i>	GBIF.org (31 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.652hfv
<i>Meleagris ocellata</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.h9858s
<i>Momotus mexicanus</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.vz5mzd
<i>Oreophasis derbianus</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.jzu8rp
<i>Passerina versicolor</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.by9edk
<i>Penelopina nigra</i>	GBIF.org (10 June 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.yqftwj
<i>Pharomachrus mocinno</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.pafk8j
<i>Poecilostreptus cabanisi</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.7yqkms
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	GBIF.org (24 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.anukgb
<i>Balantiopteryx io</i>	GBIF.org (14 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.x

Especie	Cita GBIF
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	GBIF.org (14 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.muxwe7
<i>Cabassous centralis</i>	GBIF.org (14 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.r2rfr4
<i>Cryptotis goodwini</i>	GBIF.org (15 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.5yvvhg
<i>Cryptotis mayensis</i>	GBIF.org (17 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.vr3chj
<i>Habromys lophurus</i>	GBIF.org (14 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.cu5wnq
<i>Heteromys nelsoni</i>	GBIF.org (8 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.4dzw4r
<i>Heteromys salvini</i>	GBIF.org (15 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.7bbyrt
<i>Leptoncyteris yerbabuena</i>	GBIF.org (31 August 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.kqnqec
<i>Mazama pandora</i>	GBIF.org (8 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.6f93sq
<i>Mazama temama</i>	GBIF.org (8 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.vfbf3r
<i>Peromyscus grandis</i>	GBIF.org (8 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.d5tcyu
<i>Peromyscus gymnotis</i>	GBIF.org (15 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.cbwzre
<i>Peromyscus mayensis</i>	GBIF.org (8 February 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.tyk8ea22225

Apéndice C. Parámetros obtenidos en los modelados de nicho ecológico

Tabla C1

Parámetros obtenidos en el modelado de calibración para las especies seleccionadas con la aplicación Wallace

Especie	Registros únicos	Tipo de partición	Mejor modelo	Variables
Anfibios				
<i>Bolitoglossa cuchumatana</i>	28	Jackknife	rm.2.5_fc.H	2,3,4,5,13,15
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	31	Jackknife	rm.1.5_fc.L	3,15,16,18,19
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	35	Jackknife	rm.0.5_fc.L	2,3,4,5,7,13,15,18,19
<i>Bolitoglossa franklini</i>	97	Jackknife	rm.2.5_fc.LQH	2,3,6,7,12,13,14,17,19
<i>Bolitoglossa helmrichi</i>	49	Jackknife	rm.1.5_fc.LQ	3,5,7,13,14,15,19
<i>Bolitoglossa meliana</i>	4	Jackknife	rm.4.5_fc.H	19
<i>Bolitoglossa morio</i>	41	Jackknife	rm.3.5_fc.LQH	5,16,18,19
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	22	Jackknife	rm.0.5_fc.LQ	2,5,7,13,15,18
<i>Bolitoglossa salvini</i>	19	Jackknife	rm.3.5_fc.H	19
<i>Craugastor stuarti</i>	37	Jackknife	rm.0.5_fc.L	3,4,7,9,11,13,14,15,18,19
<i>Duellmanohyla soralia</i>	45	Checkerboard 1	rm.5.5_fc.LQ	9,15
<i>Plectrohyla avia</i>	22	Jackknife	rm.2.5_fc.L	2,5,16
<i>Plectrohyla glandulosa</i>	28	Jackknife	rm.3.5_fc.L	4,5,18,19
<i>Pseudoeurycea rex</i>	14	Jackknife	rm.3.5_fc.H	6,9
Reptiles				
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	174	Checkerboard 1	rm.4.5_fc.LQHP	2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,18,19
<i>Anolis cobanensis</i>	65	Checkerboard 1	rm.2.5_fc.H	2,3,4,7,9,13,17
<i>Anolis cristifer</i>	7	Jackknife		
<i>Anolis petersii</i>	42	Checkerboard 1	rm.7.5_fc.H	1,11,14
<i>Bothriechis aurifer</i>	36	Jackknife	rm.6.5_fc.H	3,4,5,7,10,17
<i>Cachryx defensor</i>	67	Checkerboard 1	rm.4.5_fc.LQH	1,3,5,6,10,13,15,16,17
<i>Corytophanes percarinatus</i>	68	Checkerboard 1	rm.2.5_fc.H	3,4,6,7,11,12,14,15,18
<i>Crotalus simus</i>	133	Checkerboard 1	rm.1.5_fc.LQH	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Iguana rhinolopha</i>	2031	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQHP	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Registros únicos	Tipo de partición	Mejor modelo	Variables
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	375	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.H	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Lepidophyma mayae</i>	8	Jackknife		
<i>Micrurus diastema</i>	256	Checkerboard 1	rm.1.5_fc.LQ	3,4,5,6,7,8,13,17,18,19
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	93	Checkerboard 1	rm.3.5_fc.H	2,3,4,5,8,13,15,16,19
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	358	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQH	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Tantilla jani</i>	17	Checkerboard 1	rm.8.5_fc.H	4,16
<i>Thamnophis fulvus</i>	127	Checkerboard 1	rm.1.5_fc.LQH	2,4,5,6,7,10,12,13,14,15,18,19
Aves				
<i>Amazona auropalliata</i>	55	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.L	3,4,5,6,8,11,12,13,15,16,17,18,19
<i>Amazona farinosa</i>	3144	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQHP	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Eupsittula canicularis</i>	5954	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQHP	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Meleagris ocellata</i>	846	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQH	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Momotus mexicanus</i>	2720	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQHP	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Oreophasis derbianus</i>	178	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQ	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,15,16,17,18,19
<i>Penelopina nigra</i>	766	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQ	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Pharomachrus mocinno</i>	1128	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQHP	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Poecilocereops cabanisi</i>	104	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.L	1,2,3,4,5,7,8,12,13,14,15,16,17,18
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	4332	Checkerboard 1	rm.0.5_fc.LQHP	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
Mamíferos				
<i>Ballantiopteryx io</i>	77	Checkerboard 1	rm.1.5_fc.LQH	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,13,15,17,18
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	35	Jackknife	rm.4.5_fcLQHP	11,15,17
<i>Cryptotis goodwini</i>	55	Checkerboard 1	rm.1.5_fc.LQH	3,5,6,7,14,15,16,19
<i>Habromys lophurus</i>	40	Checkerboard 1	rm.6.5_fc.L	5
<i>Leptoncycteris yerbabuena</i>	864	Checkerboard 1	rm.1.5_fc.LQHP	1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Especie	Registros únicos	Tipo de partición	Mejor modelo	Variables
<i>Mazama pandora</i>	90	Checkerboard 1	rm.2.5_fc.LQ	3,4,8,9,11,12,13,14,15,17
<i>Peromyscus grandis</i>	33	Jacknife	rm.2.5_fc.L	2,4,5,15,19
<i>Peromyscus gymnotis</i>	96	Checkerboard 1	rm.1.5_fc.LQHP	2,3,4,6,7,8,12,13,15,17,18,19
<i>Tapirus bairdii</i>	534	Checkerboard 1	rm.2.5_fc.LQH	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,13,14,15,16,18,19

Apéndice D. Proyecciones de distribución potencial de especies seleccionadas

Tabla D1

Proyecciones de la distribución potencial de especies seleccionadas de la Clase Amphibia para condiciones actuales y proyecciones a futuro (2081-2100)

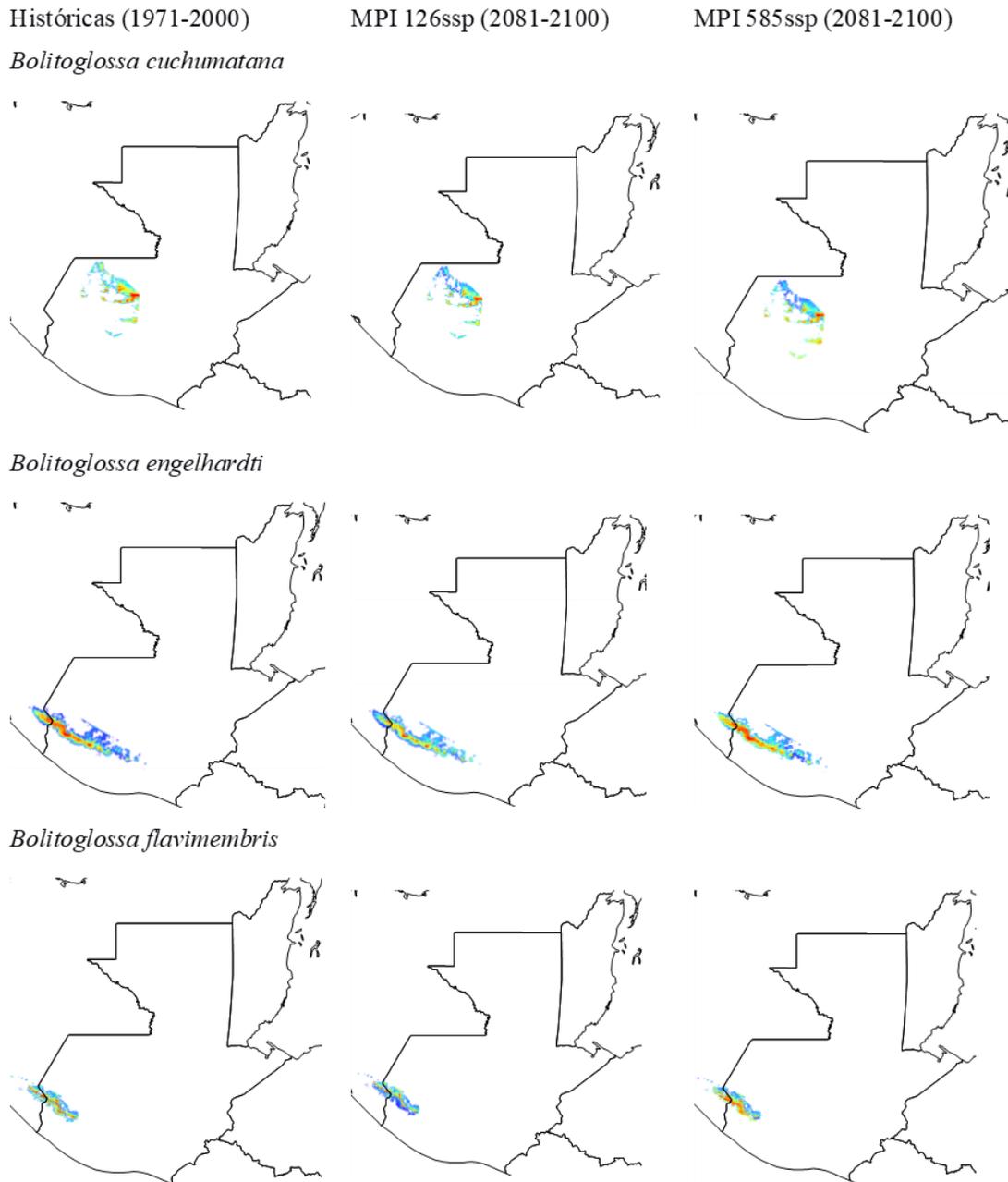
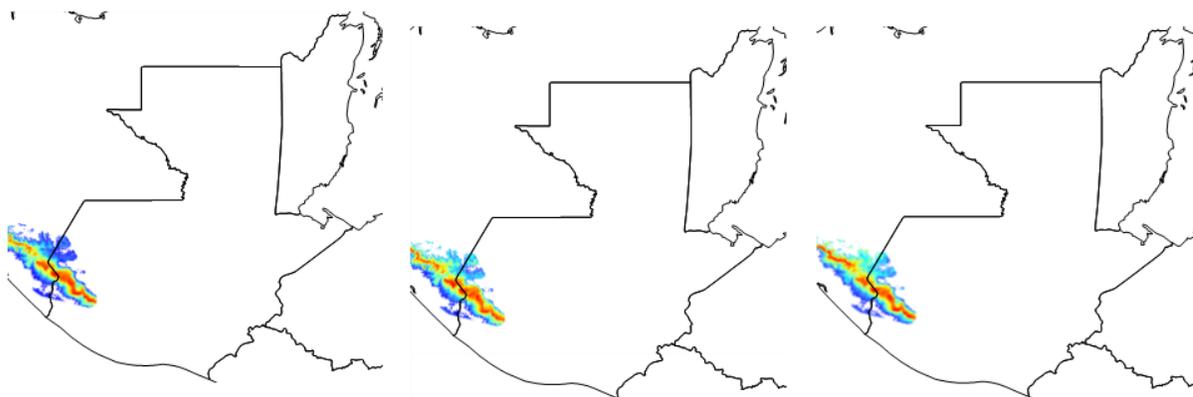
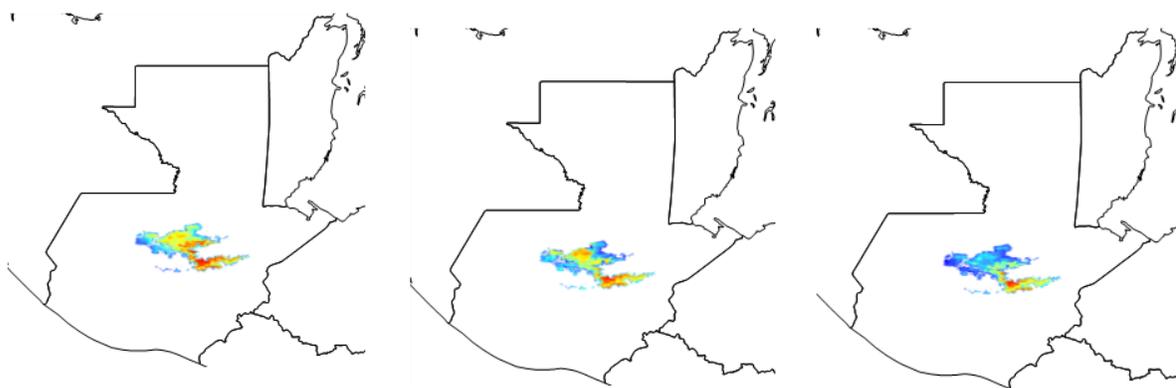


Tabla D1 (continuación)

Bolitoglossa franklini



Bolitoglossa helmrichi

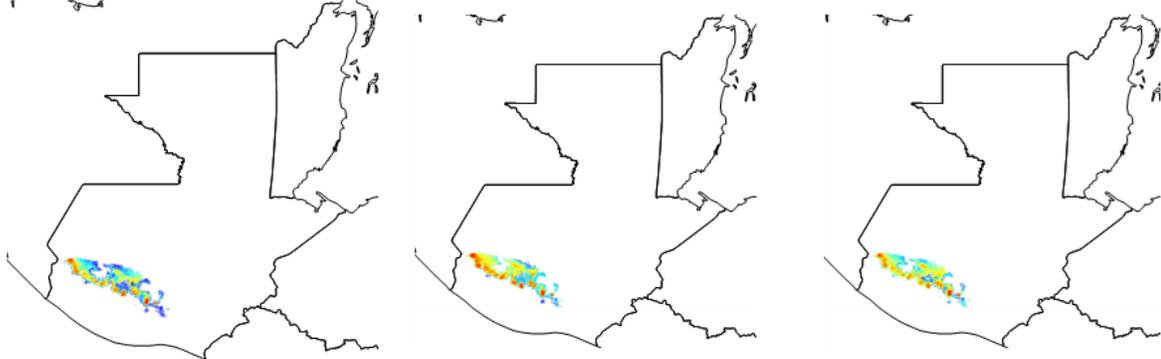


Bolitoglossa meliana

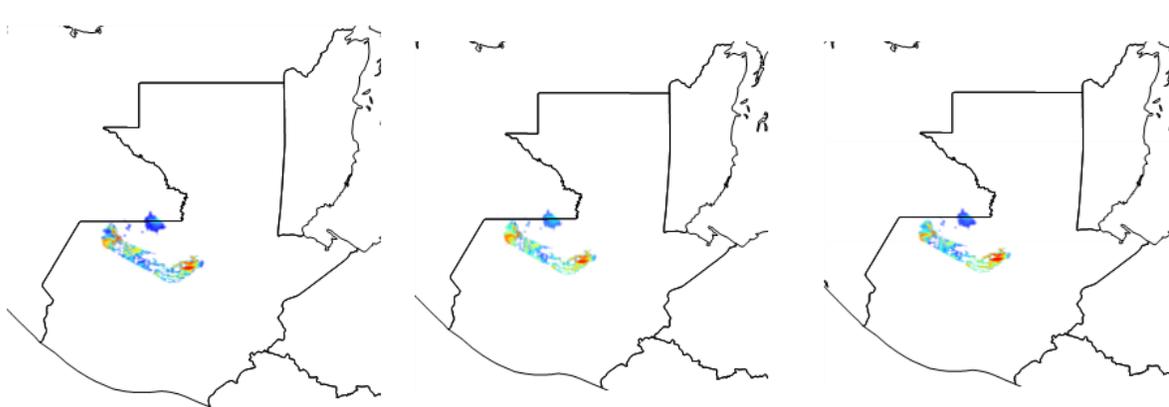


Tabla D1 (continuación)

Bolitoglossa morio



Bolitoglossa mulleri



Bolitoglossa salvinii

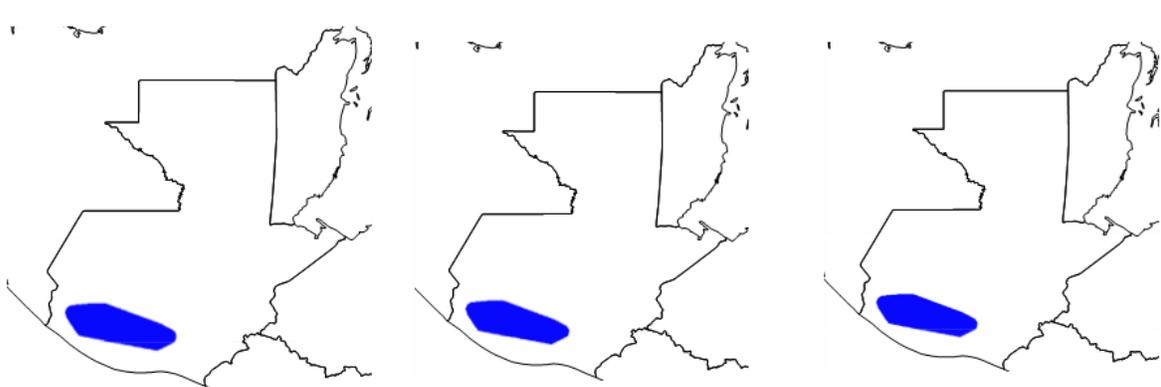


Tabla D1 (continuación)

Craugastor stuarti



Duellmanohyla soralia

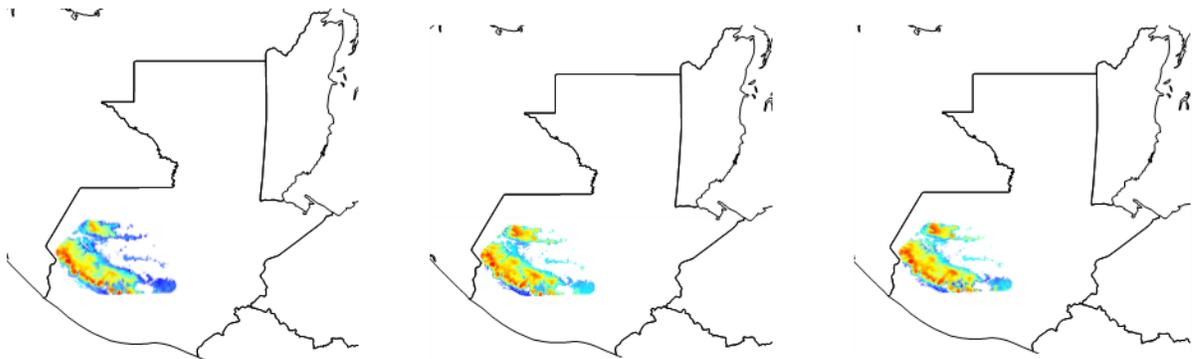


Plectrohyla avia



Tabla D1 (continuación)

Plectrohyla glandulosa



Pseudoeurycea rex

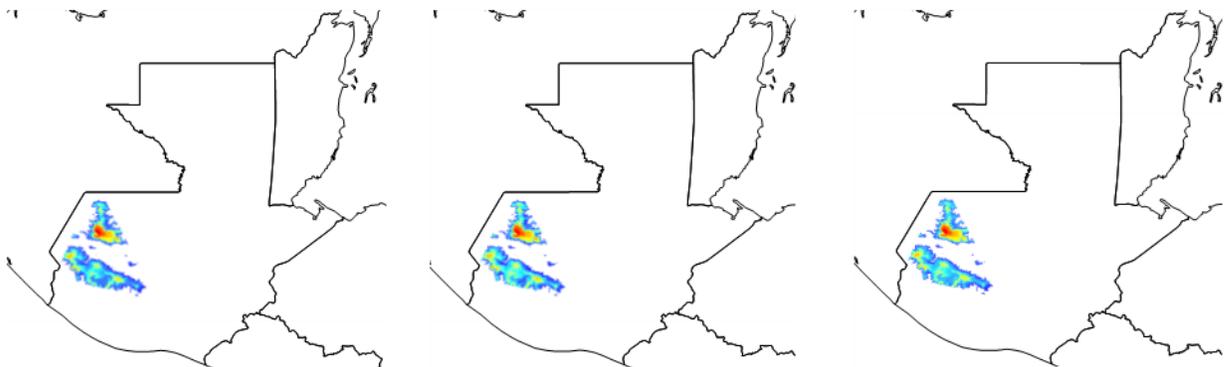
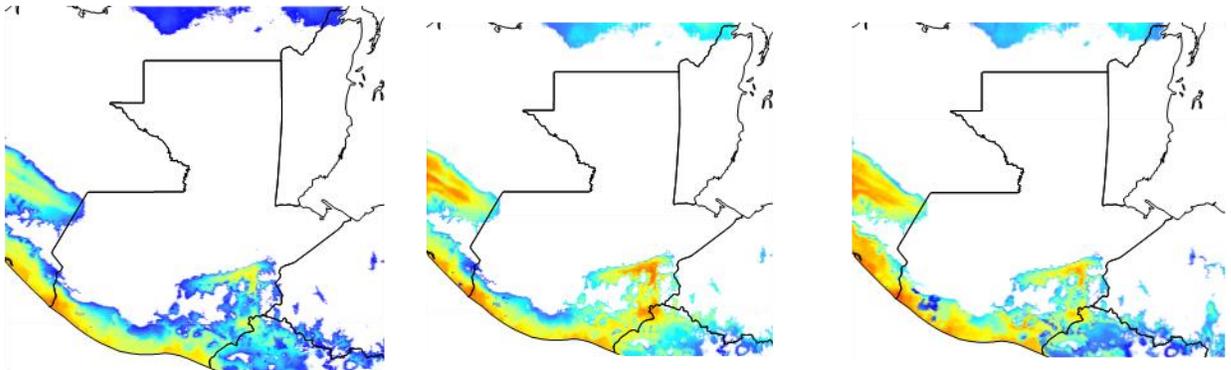


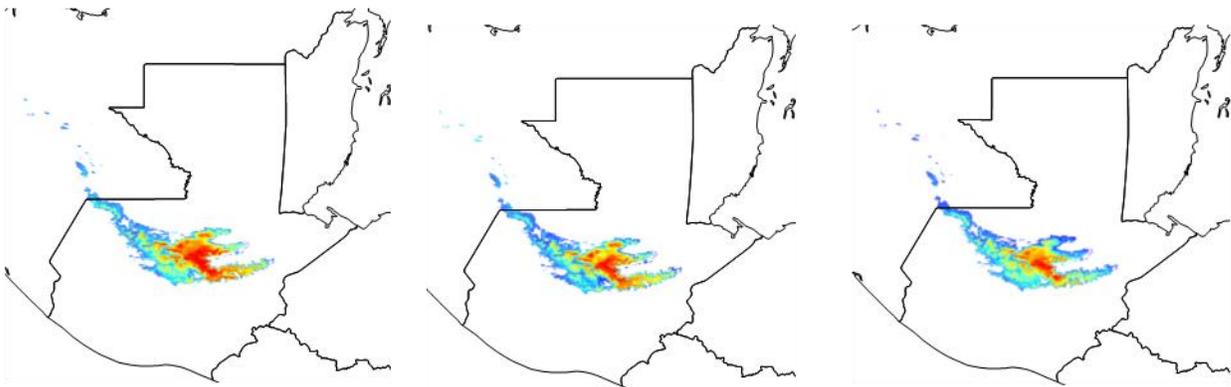
Tabla D2

Proyecciones de la distribución potencial de especies seleccionadas de la Clase Reptilia para condiciones actuales y proyecciones a futuro (2081-2100)

Agkistrodon bilineatus



Anolis cobanensis



Anolis cristifer

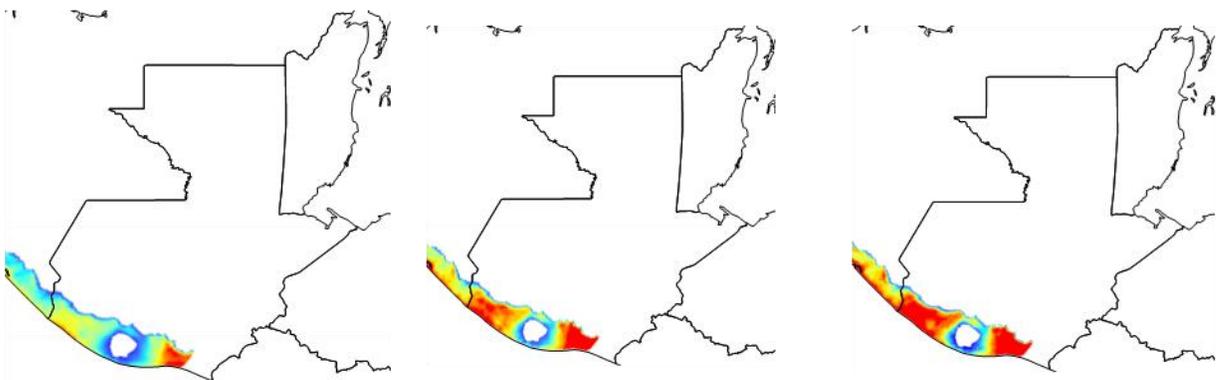
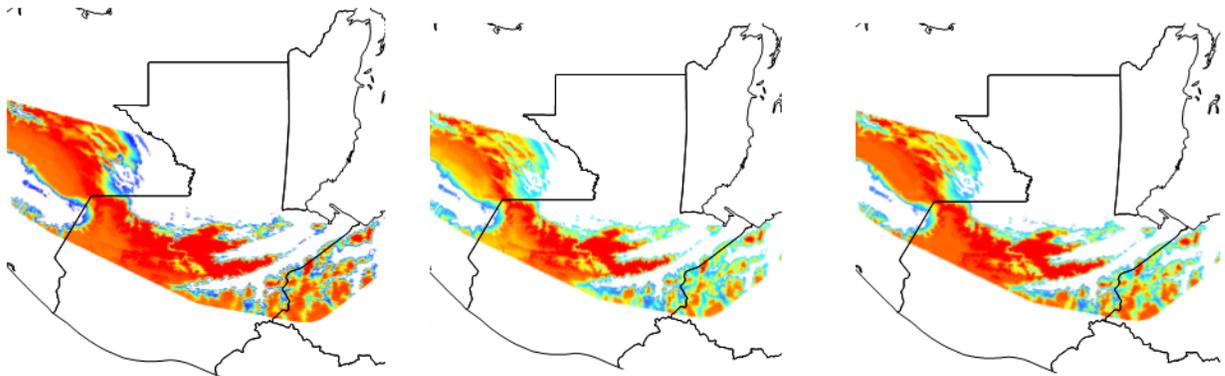


Tabla D2 (continuación)

Anolis petersii



Bothriechis aurifer

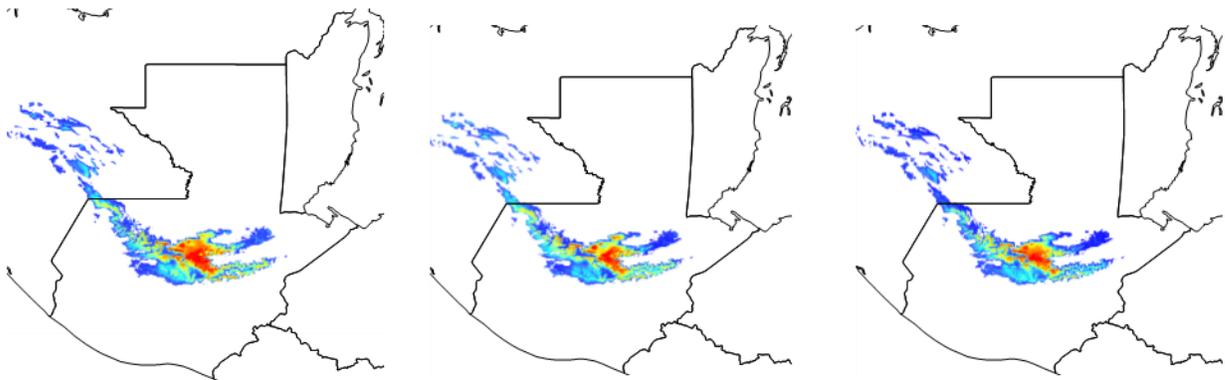
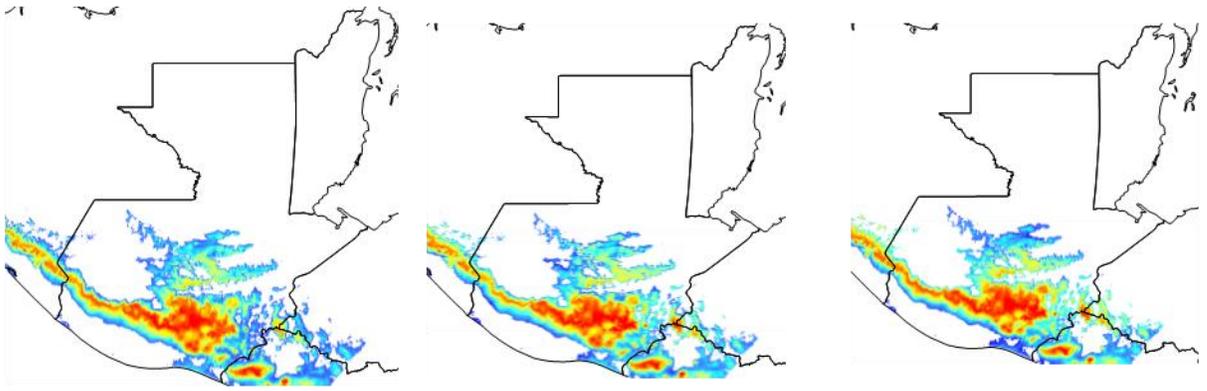
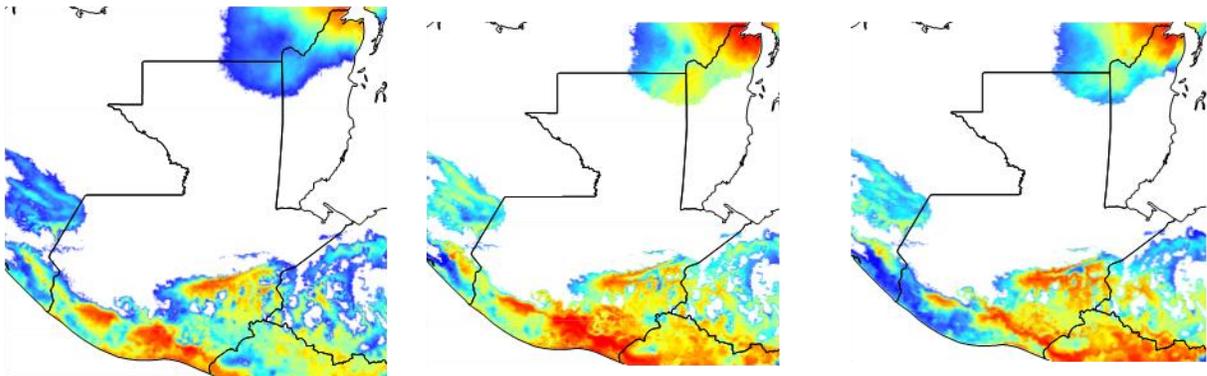


Tabla D2 (continuación)

Corytophanes percarinatus



Crotalus simus



Iguana rhinolopha

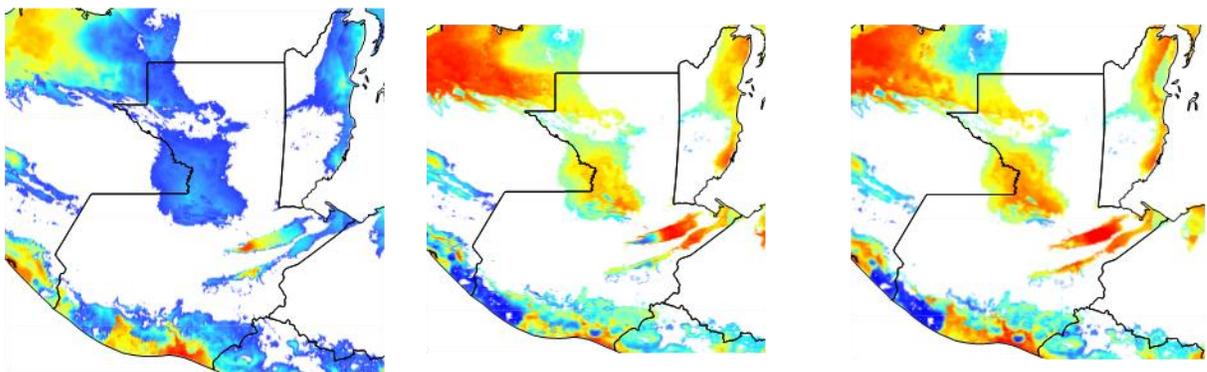
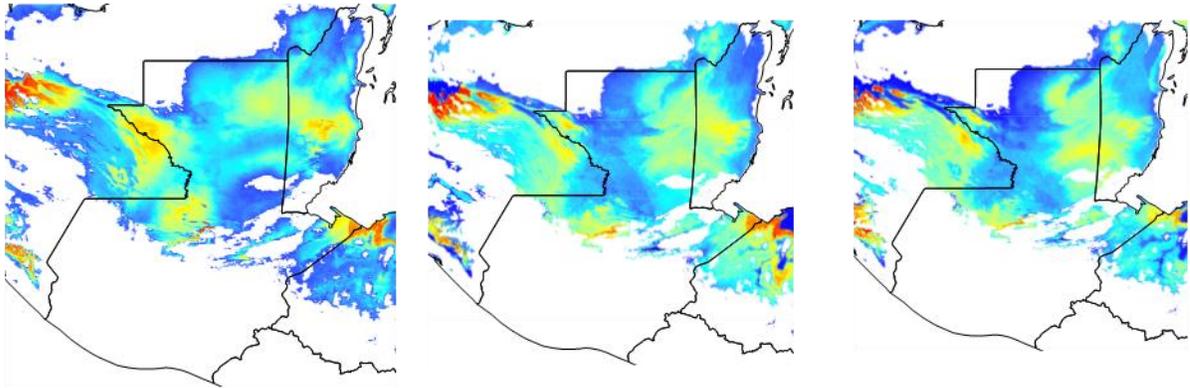
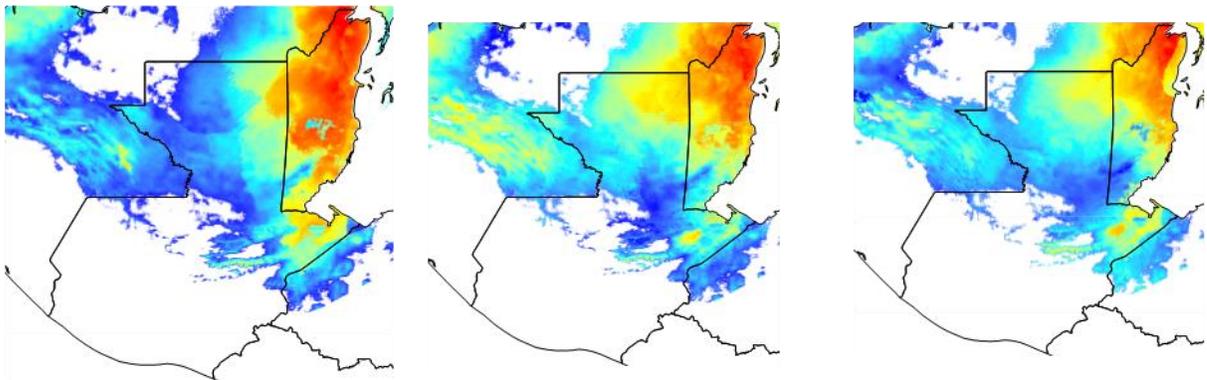


Tabla D2 (continuación)

Lepidophyma flavimaculatum



Micrurus diastema



Plestiodon sumichrasti

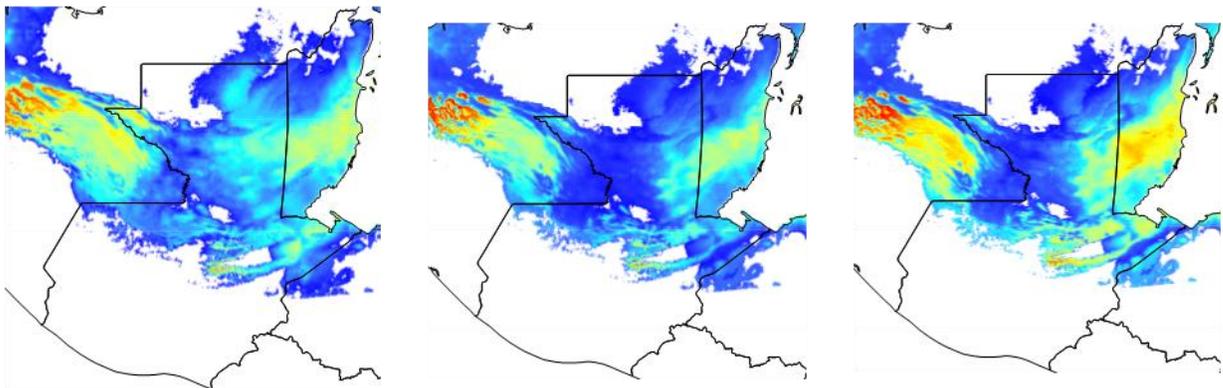
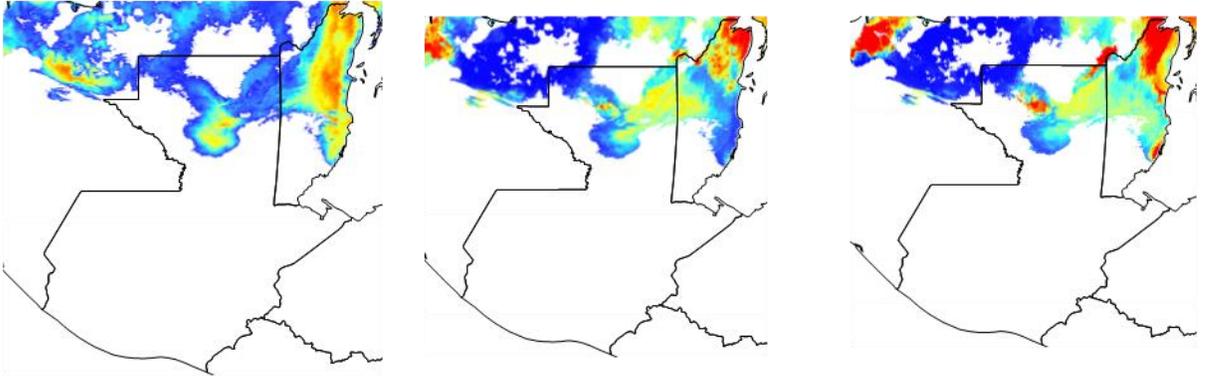
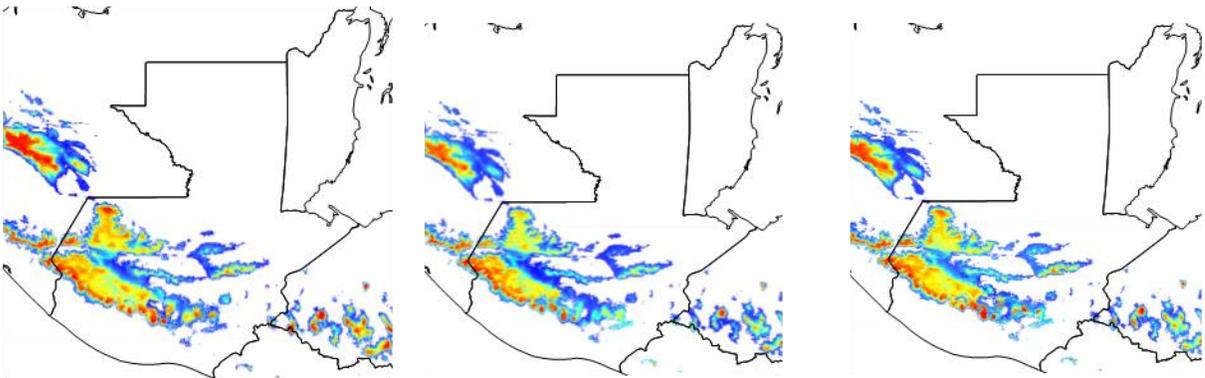


Tabla D2 (continuación)

Rhinoclemmys areolata



Thamnophis fulvus



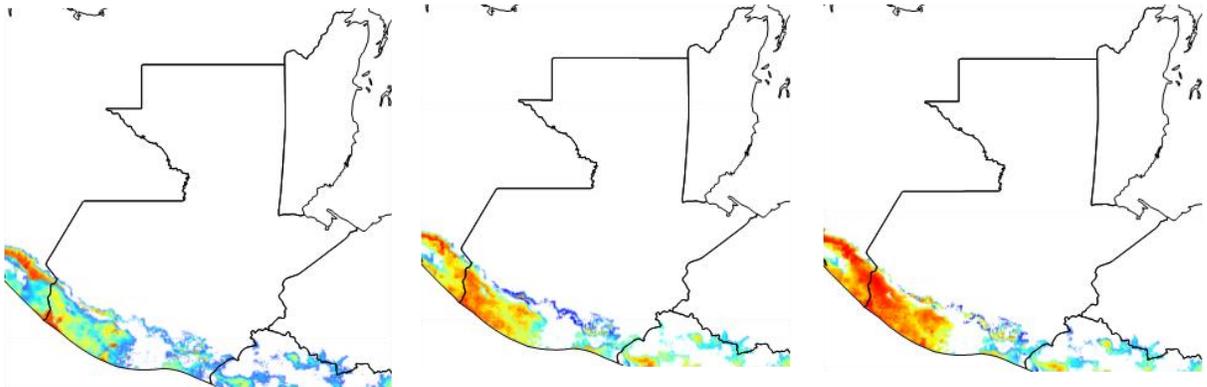
Tantilla jani



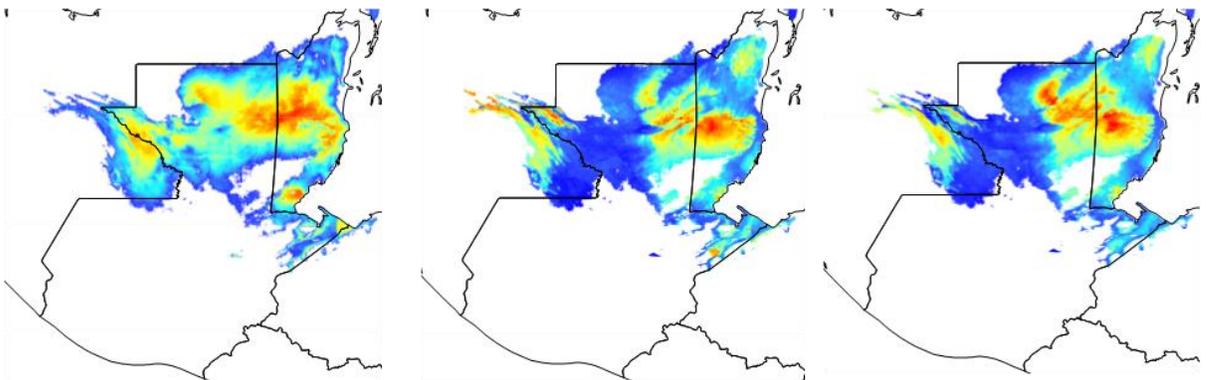
Tabla D3

Proyecciones de la distribución potencial de especies seleccionadas de la Clase Aves para condiciones actuales y proyecciones a futuro (2081-2100)

Amazona auropalliata



Amazona farinosa



Eupsittula canicularis

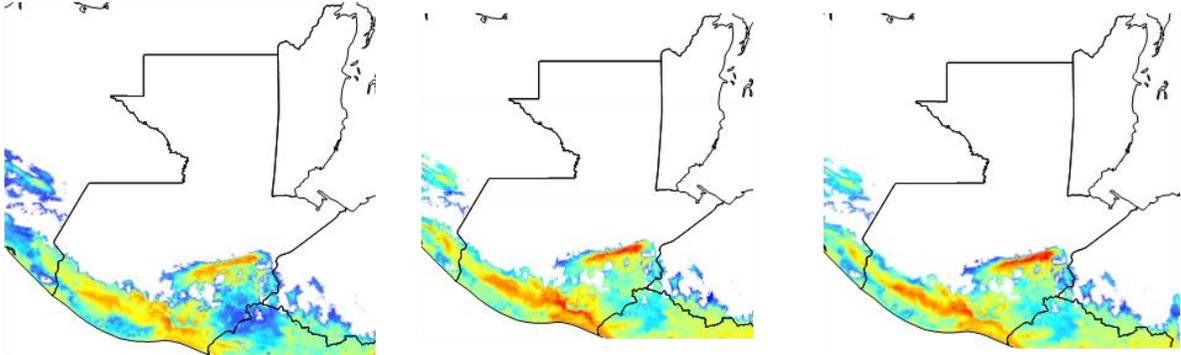
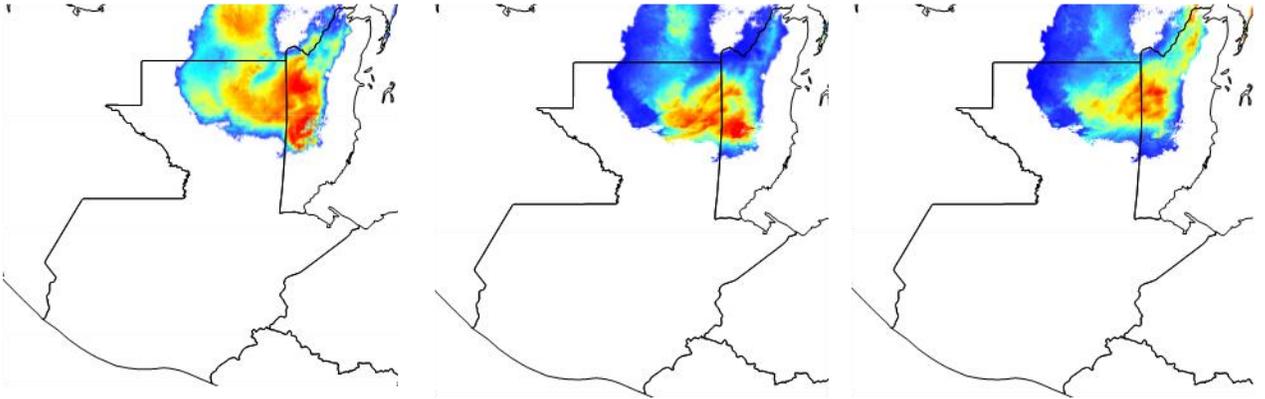
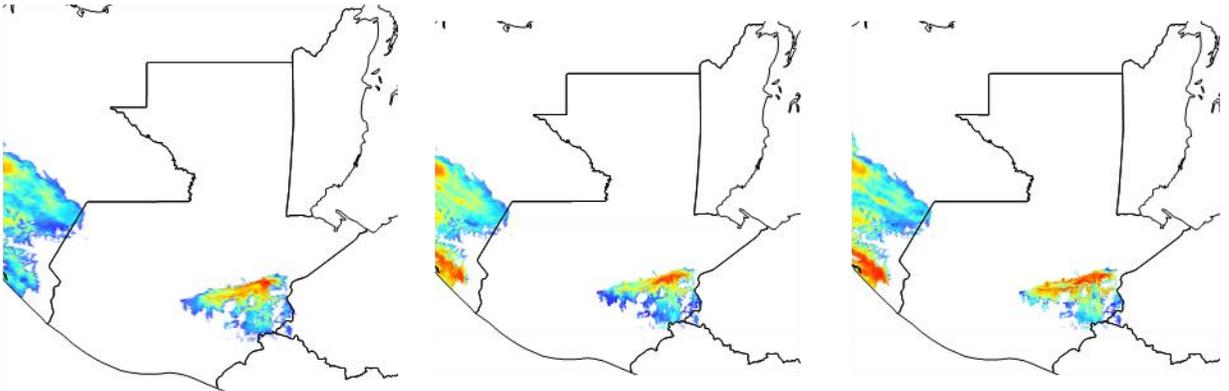


Tabla D3 (continuación)

Meleagris ocellata



Momotus mexicanus



Oreophasis derbiamus

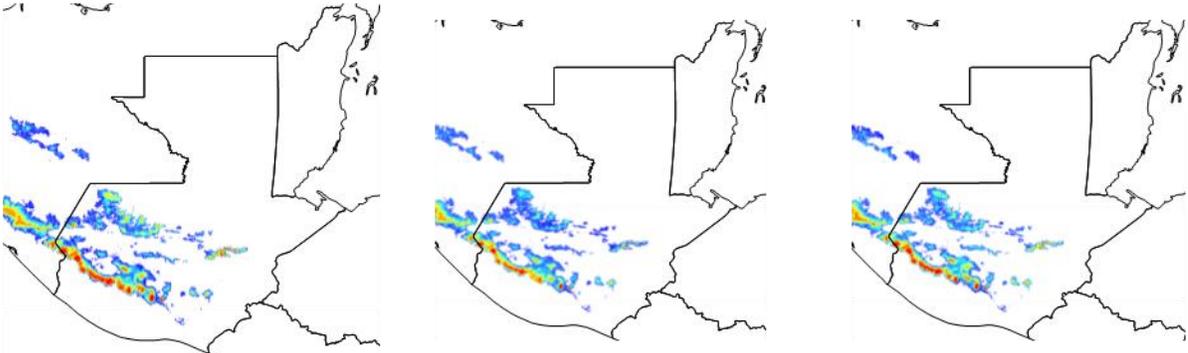
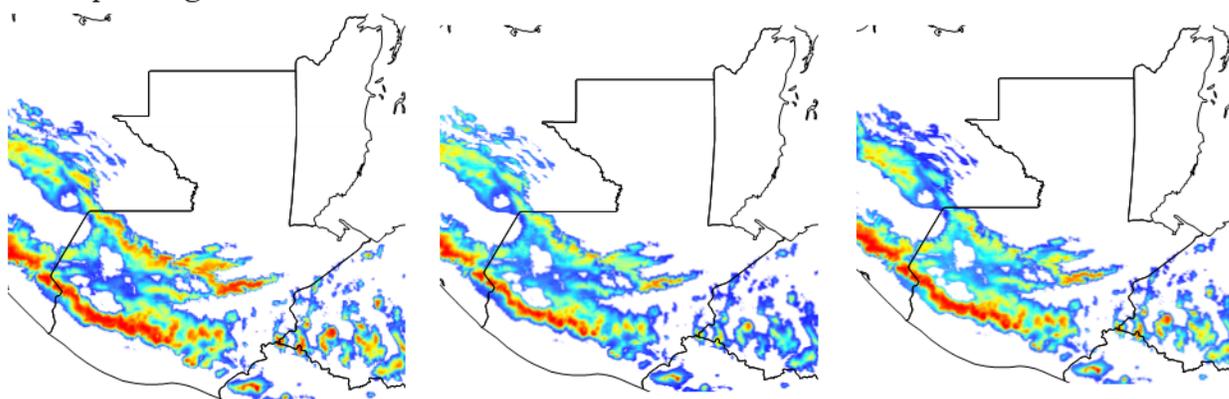
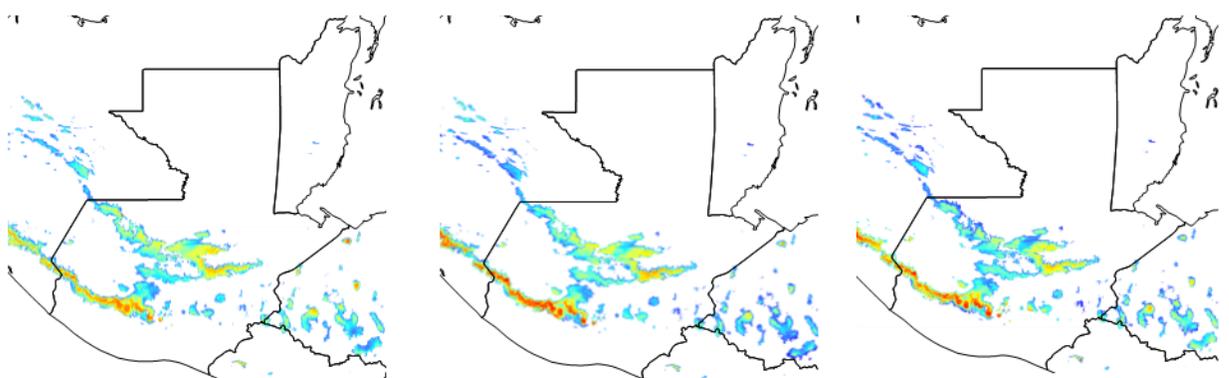


Tabla D3 (continuación)

Penelopina nigra



Pharomachrus mocinno



Poecilostreptus cabanisi

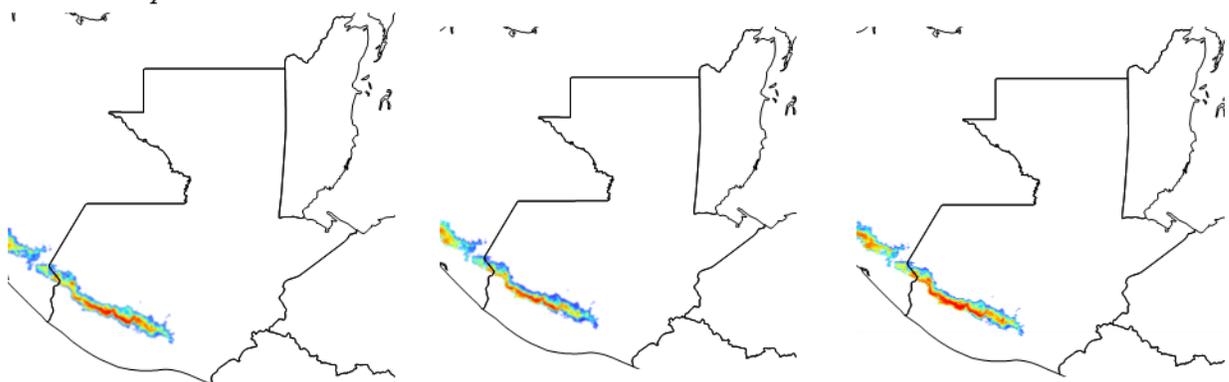


Tabla D3 (continuación)

Ramphastos sulfuratus

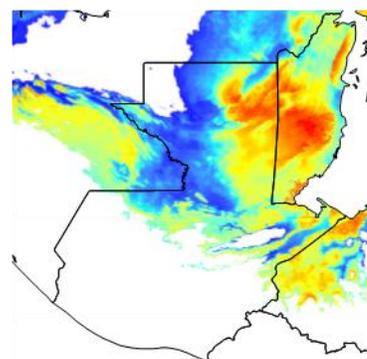
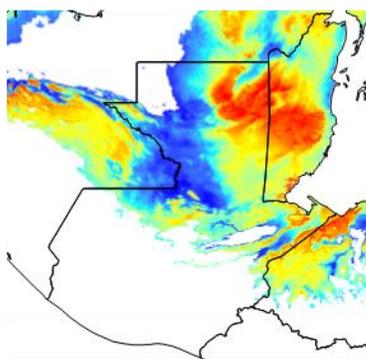
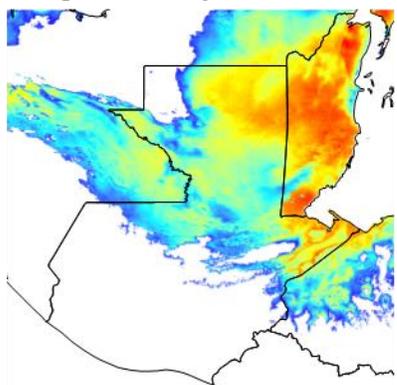
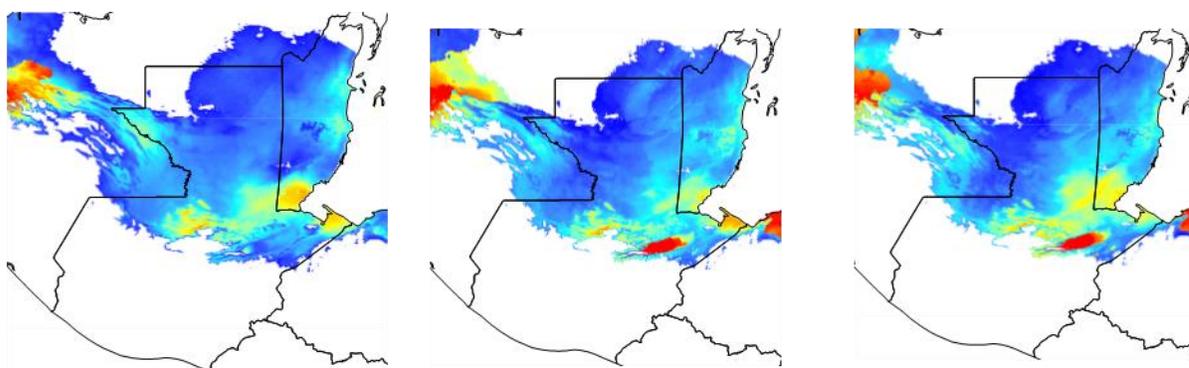


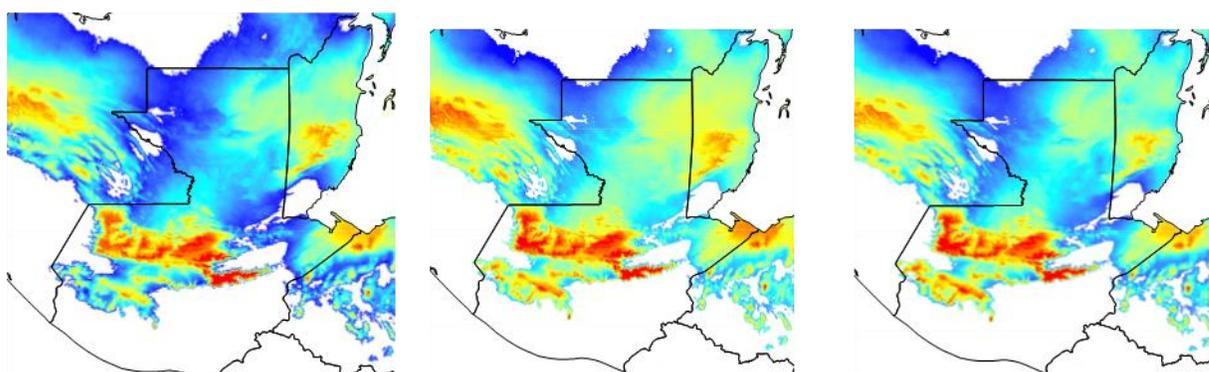
Tabla D4

Proyecciones de la distribución potencial de especies seleccionadas de la Clase Mammalia para condiciones actuales y proyecciones a futuro (2081-2100)

Balantiopteryx io



Bauerus dubiaquercus



Cryptotis goodwini

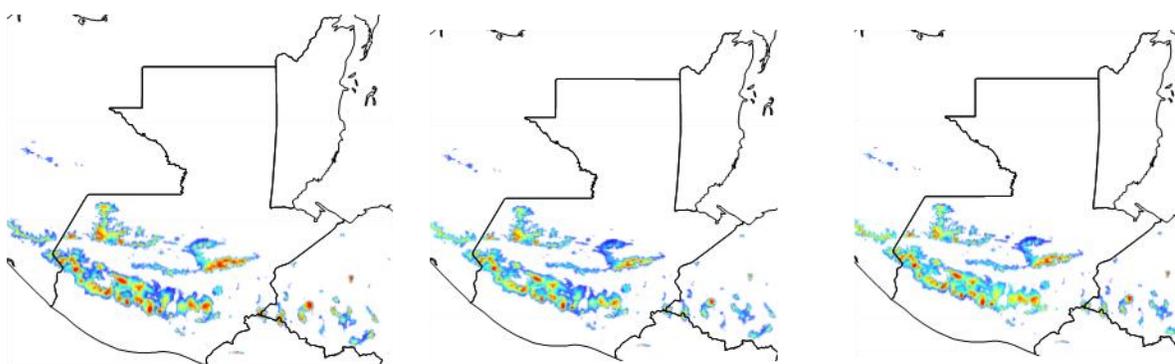
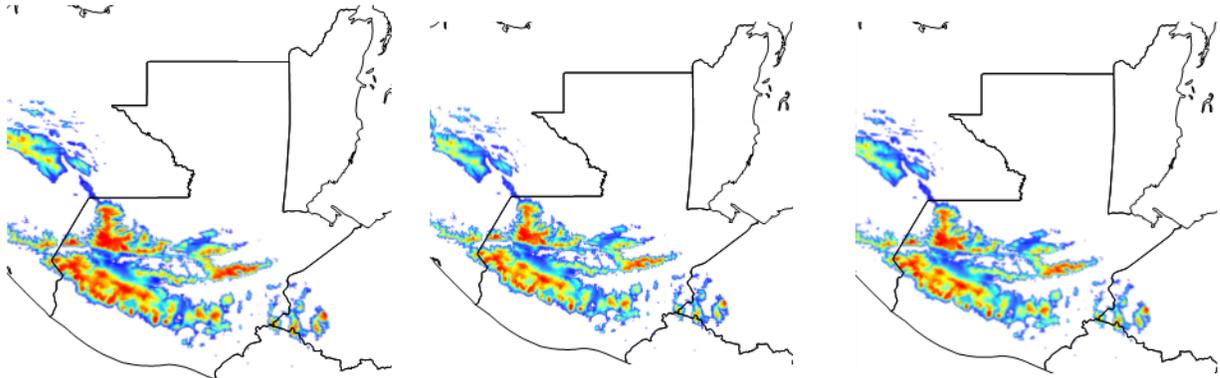
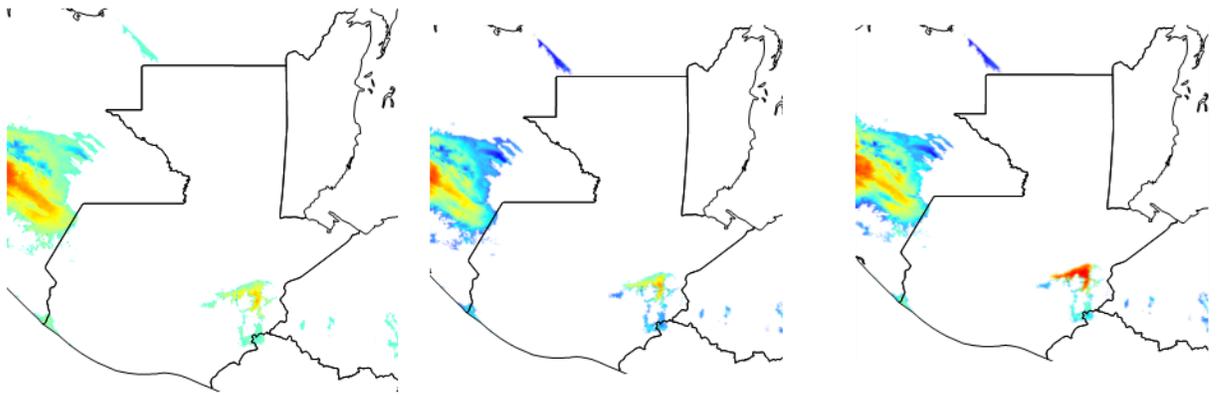


Tabla D4 (continuación)

Habromys lophurus



Leptonycteris yerbabuena



Mazama pandora

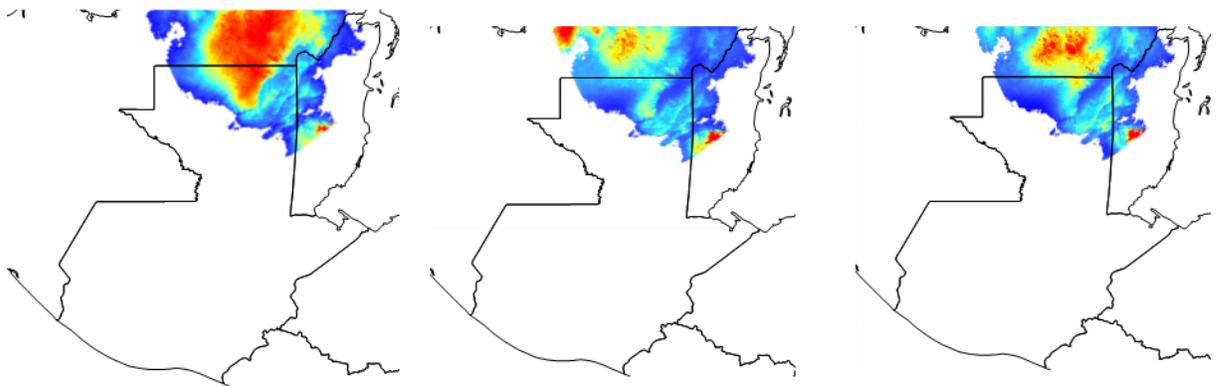
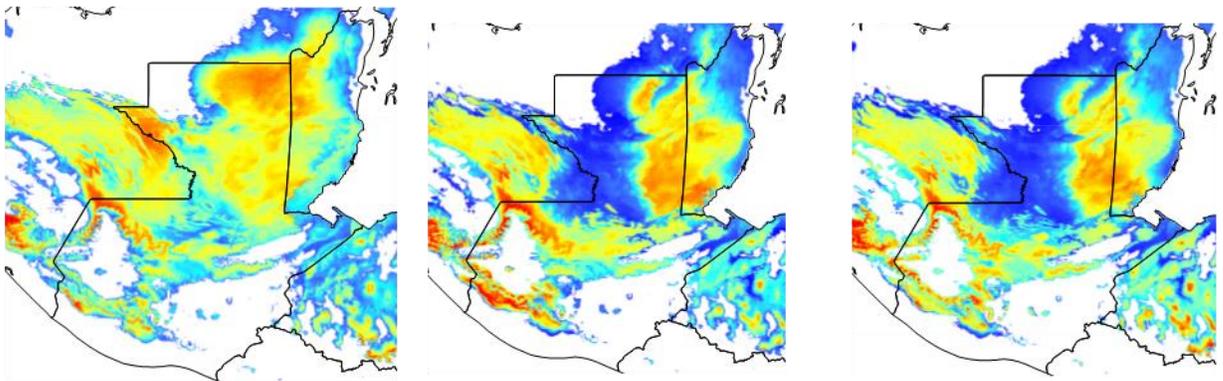
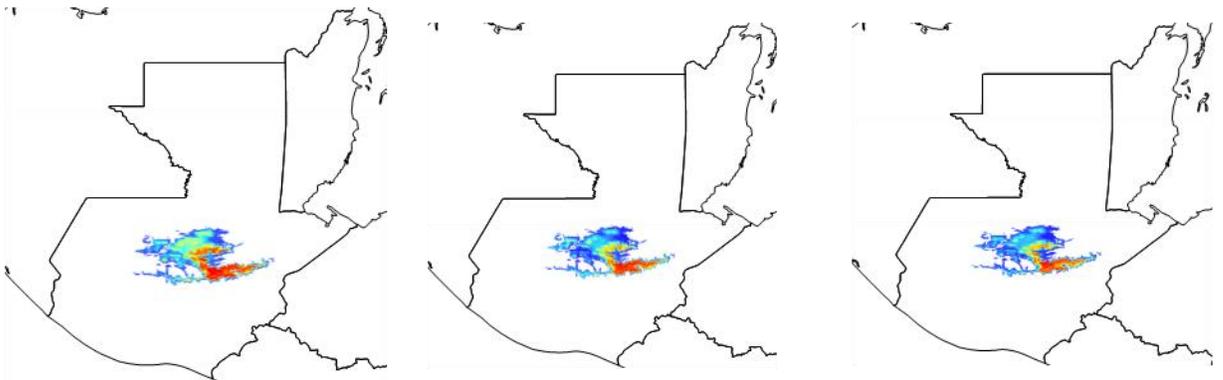


Tabla D4 (continuación)

Mazama temama



Peromyscus grandis



Peromyscus gymnotis

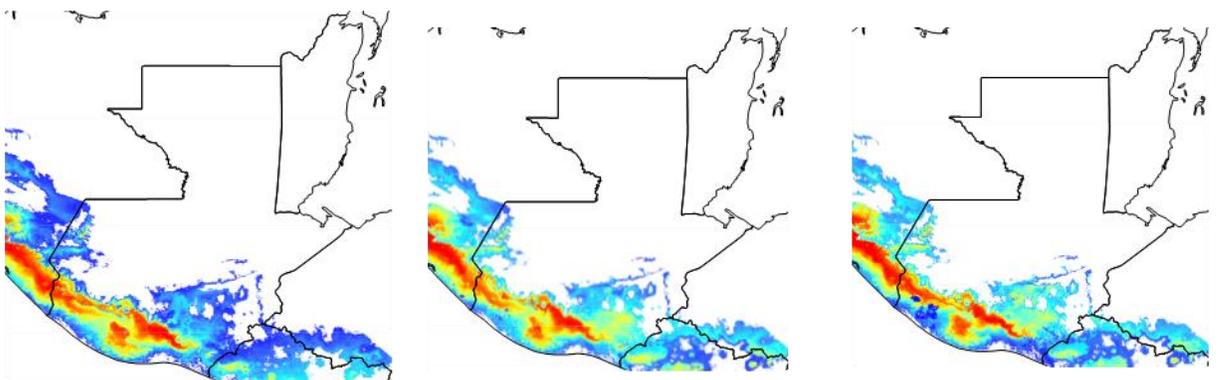
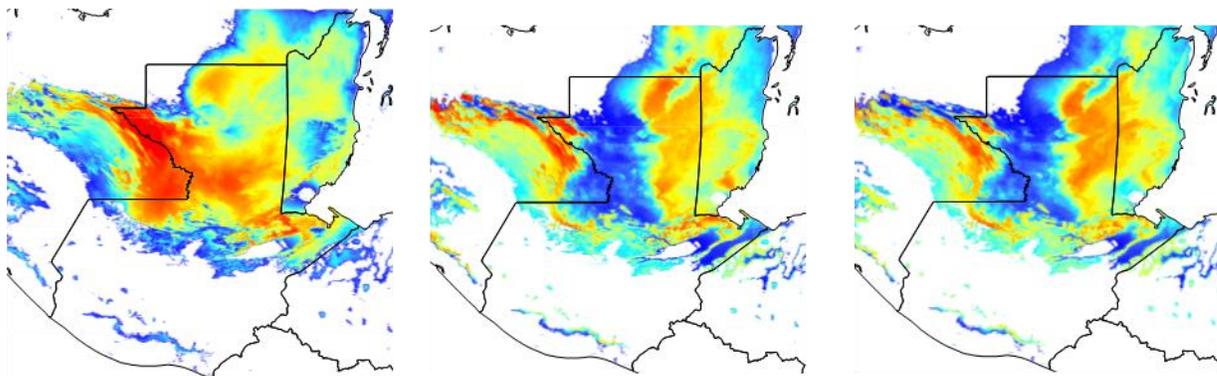


Tabla D4 (continuación)

Tapirus bairdii



14. Aspectos éticos y legales

Dado que la temática del proyecto estaba relacionada con la diversidad biológica del país, se tramitó la licencia de investigación respectiva ante el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap). Se obtuvo la licencia número: DVCB 15-2022 en la Forma LI No 00833-B.

15. Vinculación

El CDC mantiene un vínculo institucional con la ONG internacional NatureServe y su red de instituciones socias de la cual el CDC del Cecon forma parte. A través de la red se darán a conocer los resultados del proyecto con el fin de recibir retroalimentación, apoyo en futuros análisis e integración de la información generada a plataformas mundiales relacionadas con las KBAs.

Otro vínculo del proyecto fue una de las plataformas que integra información sobre diversidad biológica en el país, el portal de biodiversidad de Guatemala, que compartió información valiosa para el manejo de datos sobre las especies.

Entre el recurso humano del proyecto participaron estudiantes de las carreras de biología y diseño gráfico de la Usac que realizaron actividades del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), con lo cual se contribuyó con la formación de profesionales, así como con el desarrollo de actividades de servicio, docencia y extensión de la Usac.

Durante el desarrollo del proyecto se contó con la asesoría de especialistas en los distintos grupos de vertebrados para revisar la selección de especies y se tuvo comunicación con instituciones o proyectos que realizan acciones en los territorios para la conservación de las especies seleccionadas en el estudio. Entre los especialistas que colaboraron se encuentran: Daniel Ariano (UVG), Javier Rivas (Usac), Andrid Ramírez (Usac), Nicté Ordóñez (Utex), Samanta Orellana (ASU), Oscar Martínez (Ecosur) y Carlos Vásquez (Usac). Entre las instituciones o proyectos se encuentran: Proyecto Cadena Volcánica (MARN-PNUD), comité para la estrategia del quetzal (CONAP y socios) y la ONG Vivamos Mejor.

16. Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Algo importante a considerar con respecto a la difusión y divulgación de los resultados del proyecto, es que se generó información sensible sobre especies amenazadas y sitios críticos para la diversidad biológica, por lo que, el material de divulgación que se genere contendrá información útil para la toma de decisiones, sin proveer datos específicos de localidades de las especies que puedan promover su aprovechamiento ilegal o vulnerar la integridad de sus poblaciones.

Para los tomadores de decisión como Conap, Marn, Cecon, entre otros, se editarán, a modo de material divulgativo y en formato digital e impreso, los listados de estudios recopilados, así como los mapas que se generaron como resultado del estudio. Siempre considerando lo mencionado en el párrafo anterior sobre la información sensible y las buenas prácticas para generalizar datos de observaciones de especies (Chapman y Grafton, 2008).

Para la comunidad académica se elaboró un artículo científico con los resultados del estudio para ser publicado en la revista Ciencia, Tecnología y Salud de la Digi u otra revista indexada. Resultados parciales se presentaron en el simposio para la conservación del quetzal en octubre 2022. Los resultados finales se presentarán en otros congresos y simposios nacionales e internacionales.

Para un público más amplio, los resultados del proyecto serán divulgados a través del Catálogo de especies desarrollado por el CDC y el Departamento de Procesamiento de Datos de la Usac, en el cual se presenta para los distintos usuarios, información sobre las especies de vertebrados de Guatemala. Este catálogo está disponible para investigadores, estudiantes, docentes y público en general en la dirección: <http://cdc.usac.edu.gt>. Este portal es actualizado y enriquecido de manera periódica.

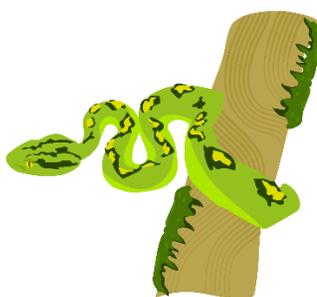
Adicionalmente, se contó con la participación de la estudiant de EPS de diseño gráfico de la facultad de Arquitectura de la Usac María Fernanda Hernández en la elaboración de material gráfico para la divulgación de los resultados del estudio. La estudiante realizó ilustraciones de especies representativas de las distintas provincias faunísticas de Bustamante et al. (2012) e infografías sobre las siete provincias faunísticas (Figura 10 y Figura 11). Este material servirá como un insumo importante para la divulgación de los resultados.

Figura 10

Muestra de ilustraciones de especies seleccionadas para la divulgación del estudio realizadas por EPS de Diseño Gráfico USAC



Bolitoglossa salvinii



Bothriechis aurifer



Agkistrodon bilineatus



Pharomachrus mocinno



Penelopina nigra



Momotus mexicanus



Oreophasis derbianus



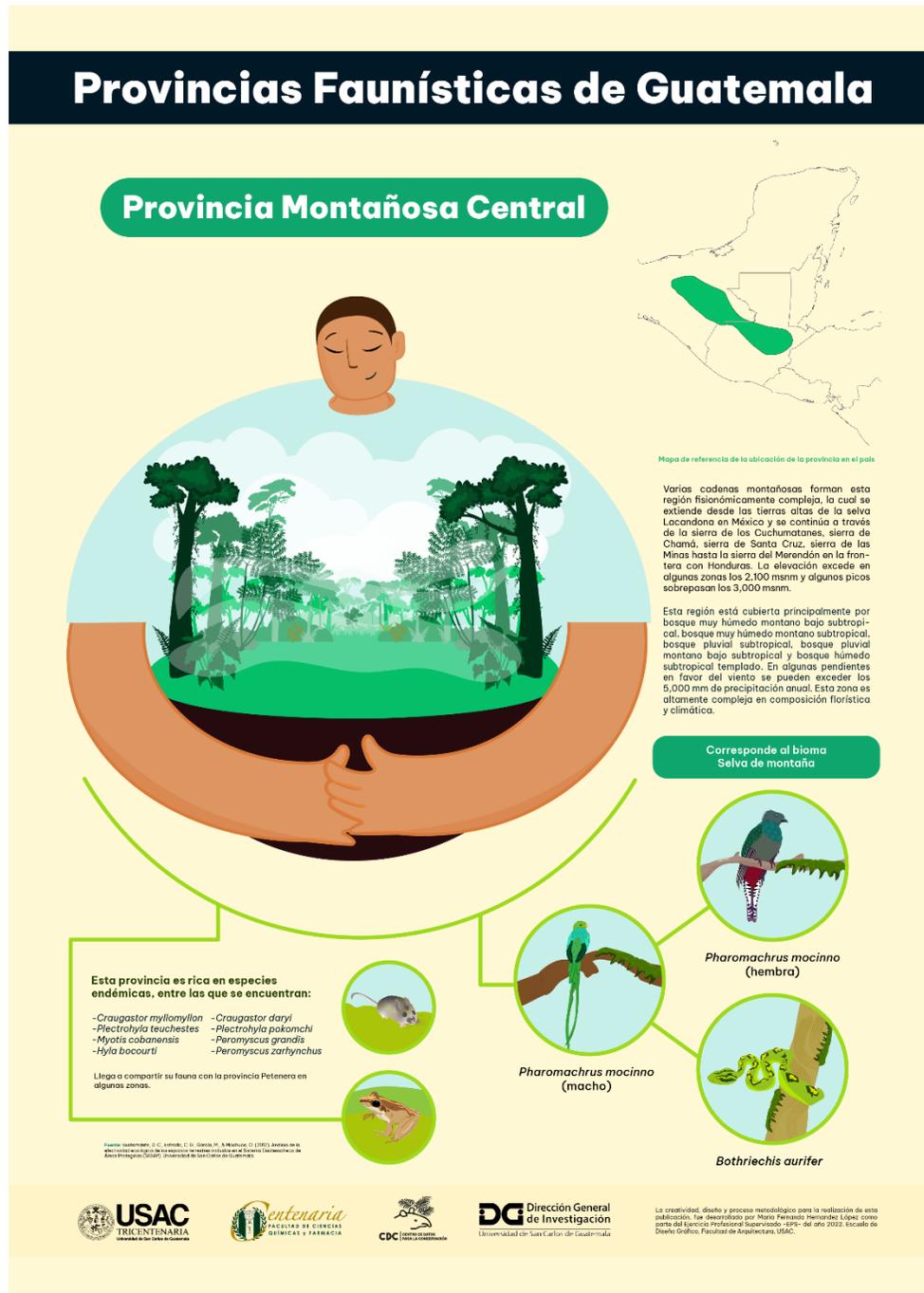
Mazama pandora



Tapirus bairdii

Figura 11

Muestra de infografía sobre provincias faunísticas como material divulgativo del estudio realizada por EPS de Diseño Gráfico USAC



17. Aporte de la propuesta de investigación a los ODS

La presente investigación contribuyó en alcanzar metas del Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres, ya que se generó información que puede ser utilizada en el desarrollo de estrategias orientadas a reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica y proteger las especies amenazadas.

El contar con información espacial a través del mapa de áreas clave para la conservación de especies amenazadas, facilitará la integración de los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

18. Orden de pago final

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Manolo José García Vettorazzi	Coordinador	20020921	Sí	

19. Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Lic. Manolo José García Vettorazzi Coordinador del proyecto de investigación	Firma
Fecha: 10/01/2023	

20. Aval de la Directora del instituto de investigación

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto “*Actualización de la delimitación espacial de áreas clave para la conservación de fauna amenazada en Guatemala*” en mi calidad de Directora del instituto de investigaciones químicas y biológicas, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. Dra. María Eunice Enríquez Cotton Directora instituto de investigación	Firma
Fecha: / /	

21. Visado de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. Dra. Sandra E. Herrera Ruiz Coordinadora del Programa Universitario de Investigación	Firma
Fecha: / /	

Vo.Bo. Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Programas Universitarios de Investigación	Firma
Fecha: / /	