



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
ECOLOGÍA

**DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA, TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS REGISTROS
DE PRESENCIA DE ANFIBIOS EN MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

BRIAN EDWIN SIUROB ESPÍNDOLA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. HIBRAIM ADÁN PÉREZ MENDOZA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA XOCHIMILCO
DR. DIEGO CHAPARRO HERRERA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, Abril, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
ECOLOGÍA

**DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA, TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS REGISTROS
DE PRESENCIA DE ANFIBIOS EN MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

BRIAN EDWIN SIUROB ESPÍNDOLA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. HIBRAIM ADÁN PÉREZ MENDOZA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA XOCHIMILCO
DR. DIEGO CHAPARRO HERRERA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2022

COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

OFICIO CPCB/265/2022

ASUNTO: Oficio de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Subcomité de Biología Experimental y Biomedicina del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **29 de noviembre de 2021** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **(SISTEMÁTICA)** del estudiante **SIUROB ESPÍNDOLA BRIAN EDWIN** con número de cuenta **309159362** con la tesis titulada **“Distribución taxonómica, temporal y espacial de los registros de presencia de anfibios en México”**, realizada bajo la dirección del **DR. HIBRAIM ADAN PÉREZ MENDOZA**, quedando integrado de la siguiente manera:

Presidente: DR. OSCAR ALBERTO FLORES VILLELA
Vocal: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER
Vocal: DRA. ANGELA PATRICIA CUERVO ROBAYO
Vocal: DRA. LETICIA MARGARITA OCHOA OCHOA
Secretario: DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 14 de marzo de 2022

COORDINADOR DEL PROGRAMA



DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA



Agradecimientos institucionales

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad para vivir aún más la Biología.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para realizar los estudios de posgrado a través de la beca número 749999.

Al director de esta tesis, Dr. Hibraim Adán Pérez Mendoza, cuya labor he llegado a entender más en función del *ser* que del *deber ser*. Bajo su tutela no sólo adquirí conocimiento que antes me era desconocido, sino que también comprendí que desde la academia y la docencia se puede cambiar la vida de una persona. Siempre le estaré agradecido.

A los miembros del comité tutorial, Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa y Dr. Diego Chaparro Herrera, por sus consejos y comentarios, sobre todo cuando este proyecto pasó por momentos complicados.

Agradecimientos personales

A todas las personas involucradas en la elaboración de este proyecto. Por ayudarme a ver lo que antes no podía ver. Por ampliar mis horizontes.

A quienes formaron parte del jurado de esta tesis. Dr. Oscar Flores Villela, Dr. Enrique Martínez Meyer, Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa, Dra. Leticia Margarita Ochoa Ochoa y Dra. Ángela Patricia Cuervo Robayo, por enriquecer este trabajo.

Dedicatoria

A mi familia. Pasaran los años y nunca terminaré de dimensionar cuánto es que soy gracias a ustedes.

A mis amistades, por los cachitos de vida compartidos.

A todas las personas con las que he coincidido, presentes o ausentes. Si algo he aprendí de la Biología y he confirmado en más de una ocasión, es que las ausencias son tan importantes como las presencias. No las vemos, pero ahí están.

A quienes he amado. A quienes me han amado.

Índice

Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Objetivos	7
Antecedentes	8
Metodología.....	9
Resultados	12
Discusión	32
Conclusiones	42
Referencias bibliográficas	44
Anexo	56

Resumen

Para conocer mejor la diversidad biológica es necesario entender la información existente sobre ésta. Los anfibios son un taxón muy diverso en México, sobre el cual muchos estudios han utilizado datos de presencia. En el presente estudio trabajamos con registros de anfibios del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB). Antes (328,201) y después (63,410) de un proceso de depuración, computamos el número de registros por orden y familia taxonómica, tipo de registro, país de procedencia de la colección y década en la que se realizó. En algunos casos no observamos cambios en las proporciones, pero en otros sí, como en el país de procedencia de la colección y la década de colecta, lo cual podría deberse al incremento de registros albergados en colecciones científicas mexicanas y el aumento de registros basados en observaciones. También investigamos el cambio de la superficie con al menos un registro de anfibios en función de tres distintas resoluciones espaciales (10, 5 y 2.5 minutos) y en tres distintos periodos (1900-1939, 1940-1979 y 1980-2019). El área del territorio mexicano con al menos un registro de anfibio es escala dependiente. Históricamente, los estados con mayor cantidad de estos registros son: Veracruz, Chiapas y Oaxaca. Por su parte, las sierras templadas son la ecorregión en la que se han tomado mayor cantidad de registros de anfibios en México a lo largo del tiempo. El presente trabajo también tenía por objetivo identificar variables que, dados los datos, explicaran la distribución espacial de los registros de anfibios en México en tres distintas resoluciones. El análisis constó de modelos de regresiones binomiales negativas cero infladas. A diez minutos de resolución son las cuencas hidrológicas y las provincias fisiográficas las variables que, dados los datos, mejor explican su distribución espacial. Mientras que, a 5 y 2.5 minutos de resolución, son las provincias fisiográficas y la distancia a carreteras. Identificar sesgos en los registros de anfibios es un asunto urgente y algo para considerar en futuros esfuerzos de muestreo con la finalidad de llenar vacíos en el conocimiento de la diversidad biológica.

Abstract

To better know biological diversity is necessary to understand the available information about it. Amphibians are a very diverse taxon in Mexico and many studies have used occurrence records. Here, I work with amphibians records from Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB). Before (328,2001) and after (63,410) a depuration process, I count the number of records by taxonomic order and family, record type, collection country from which the record was derived, and decade in which the record was made. In some cases I do not observe changes in the proportions, but in others we do, such as in the collection country and the decade. These changes could be due to the increase in records housed in Mexican scientific collections and the increase in records based on observations. I also investigated surface change with at least one amphibian record as a function of three different spatial resolutions (10, 5 y 2.5 minutos) and over three different time periods (1900-1939, 1940-1979 y 1980-2019). The area of the Mexican territory with at least one amphibian record is scale dependent. Historically, the states with the largest number of these records are: Veracruz, Chiapas and Oaxaca. As well, Sierras templadas is the ecoregion in which the greatest number of amphibian records have been made in Mexico over time. This study identified variables related to the spatial distribution of amphibians records in Mexico at three different spatial resolutions. The analysis included zero-inflated negative binomial regression models. The most relevant variables were, at 10 minutes, hydrological basins and physiographic provinces. At 5 and 2.5 minutes it were physiographic provinces and the distance to the road network. Identifying biases on amphibians records is an urgent issue and something to consider in future collect efforts in order to adequately fill the gaps in biological knowledge.

Introducción

Dado su valor intrínseco e importancia para la humanidad, es imperativo conocer y entender mejor la biodiversidad, por lo cual resulta necesario comprender la naturaleza de la información disponible sobre ésta. A inicios del siglo XXI se revolucionó la manera de generar, almacenar, distribuir y utilizar la información sobre diversidad biológica, lo cual se debió a los adelantos en las tecnologías de la información y cambios en las políticas de los propietarios de las fuentes de datos primarios (Soberón y Peterson, 2004).

La informática de la biodiversidad (IB) ha permitido el planteamiento y resolución de preguntas sobre diversidad biológica desde distintos campos a partir de diferentes metodologías y herramientas. Desde sus albores, la IB se destacó por su capacidad de contribución tanto en ciencia básica como aplicada (Soberón y Peterson, 2004), teniendo aplicación en estudios evolutivos, ecológicos, biogeográficos, de exploración y conservación de la diversidad biológica, evaluación de daños potenciales a cultivos por plagas, incluso en evaluación de rutas para especies invasoras o enfermedades (Sánchez-Cordero & Martínez-Meyer, 2000; Anderson, Peterson & Gómez-Laverde, 2002; Ferrier, 2002; Peterson, 2003; Graham et al., 2004). Actualmente los datos sobre diversidad biológica pueden ser procesados y analizados a través del modelado de nicho ecológico, minería de datos, monitoreo de la vida silvestre, ciencia de redes, genómica y flujos de trabajo (Gadelha et al., 2021).

A partir de que se comenzaron a estudiar los patrones de diversidad biológica, los datos primarios han constado de los registros de los sitios de presencias y ausencias de las especies en el tiempo y el espacio, y de la información de variables ambientales de dichos sitios (Soberón y Peterson, 2004). No obstante, estos datos están constituidos en su mayoría por los registros de individuos en un lugar y un tiempo específicos (Soberón y Peterson, 2005). Por su parte, los mapas de presencia y de distribución de las especies son productos de información secundaria, los cuales derivan de los datos primarios bajo el supuesto de una

escala determinada (Peterson et al., 2010). Se ha descrito el *ciclo de vida* que siguen los datos primarios (Michener y Jones, 2012), el cuál va desde la planificación, colecta, certificación, descripción, preservación, descubrimiento, integración y análisis; Gadelha et al. (2021) identificaron dos grandes etapas en dicho ciclo, las cuales comprenden 1) la gestión de los datos y 2) su análisis y síntesis.

A nivel mundial, los registros de presencia de las especies son accesibles debido a diversos esfuerzos para integrar, almacenar y distribuir la información sobre diferentes componentes de la diversidad biológica (Costello & Berghe, 2006; Guiry et al., 2014; Schmidt-Kloiber et al., 2019; Kattge et al., 2011). Entre estos destaca la *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), la cual maneja el que es desde hace años el portal de información sobre diversidad biológica más grande del mundo (Telenius, 2011) y que hasta 2020 ya almacenaba más de 1,600 millones de registros de presencias (Heberling et al., 2021). No obstante, en diversos países también se han desarrollado sistemas para gestionar la información sobre la diversidad biológica albergada en sus territorios (Belbin, 2011; Ivanova & Shashkov, 2016; Vattakaven et al., 2016; Grattarola et al., 2019; Schulman et al., 2021).

A través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), en México se han realizado esfuerzos para integrar y hacer accesible la información referente a componentes de la biodiversidad que el país alberga, incluidos los registros de presencia de las especies (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2012). Esta información proviene de proyectos financiados por la misma Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, así como donaciones o la recopilación de bases de datos de libre acceso, y es sometida a revisión para depurar, estandarizar y completar información de los ejemplares que componen el SNIB (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021).

Pese a los cambios y avances generados desde que grandes cantidades de datos sobre biodiversidad comenzaron a ser accesibles y se empezaron a desarrollar

metodologías y herramientas para su gestión y análisis, se han identificado grandes retos a resolver para la IB. Uno de estos retos, el cual ha permanecido vigente desde los inicios de este campo hasta la actualidad, concierne a la existencia e implicaciones de los sesgos taxonómicos, temporales y espaciales en los datos primarios sobre biodiversidad (Soberón y Peterson, 2004; Peterson et al., 2015; Gadelha et al., 2021).

Los sesgos taxonómicos, temporales y espaciales en los datos sobre diversidad biológica son un fenómeno documentado y analizado. Se ha reportado que se hace más investigación y se cuenta con mayor cantidad de información sobre grupos de animales vertebrados que sobre invertebrados (Donaldson et al., 2016; Troudet et al., 2017, Hughes et al., 2021). No obstante, dicho sesgo prevalece incluso entre vertebrados; por número de artículos publicados, los grupos sobre los que se hace más investigación son: mamíferos, peces (Actinopterygii, Cephalaspidomorphi, Chondrichthyes, Myxini y Sacropterygii), reptiles, aves y anfibios (Donaldson et al. 2016); mientras que, por número de registros de presencias totales, las clases de vertebrados sobre las que hay mayor cantidad de datos son: aves, peces (Actinopterygii), mamíferos, reptiles y anfibios (Troudet et al., 2017). Respecto al sesgo temporal, si bien depende del taxón del que se trate, de manera general se ha registrado un incremento de registros de presencias en la mayoría de los taxones, salvo por los casos de anfibios, reptiles y Florideophyceae, cuyas presencias anuales registradas se han mantenido constantes o incluso han decrecido en los últimos años (Troudet et al., 2017). Por su parte, dependiendo la resolución empleada, la superficie del planeta se mantiene submuestreada en mayor o menor medida, sin embargo, tan solo diez países concentran 82% del total de registros de presencias de las especies (Hughes et al., 2021).

Para analizar la existencia de sesgos en los datos sobre biodiversidad, sería adecuado considerar la situación del país de colecta, incluyendo su contexto histórico, científico e incluso legislativo. La cantidad y procedencia de los datos de diversidad biológica de un país puede estar relacionada con su contexto regional.

Los países europeos tienden a tener mayor número de registros de especies, los cuales en su mayoría han sido generados por investigaciones nacionales, mientras que países africanos tienen menor cantidad de registros, de los cuales la mayoría son producto de investigaciones extranjeras; los países americanos no presentan una clara tendencia (Peterson et al., 2015).

No es trivial analizar los datos primarios de biodiversidad, pues los sesgos presentes pueden tener implicaciones en la interpretación de los resultados obtenidos a partir de estos. Se ha hallado evidencia de que datos con sesgo espacial por la selección de los sitios de muestreo pueden afectar la interpretación de resultados en análisis sobre cambios espaciales en la biodiversidad; el efecto de este tipo de sesgo puede ser mayor dependiendo del diseño de muestreo empleado y de algunas de las características de la especie de interés (Mengtes et al., 2021). A su vez, se ha mostrado que un conjunto de datos de entrada con menor sesgo espacial genera modelos de distribución geográfica de mayor calidad (Beck et al., 2014). También se ha reportado que un conjunto de datos de presencia con sesgo espacial hacia vías carreteras puede tener efecto en la exactitud de las distribuciones estimadas a partir de estos, no obstante, se ha propuesto que la magnitud del efecto por este tipo de sesgo puede depender por el sesgo de la distribución de las vías carreteras hacia determinadas variables climáticas (Kadmon et al., 2004).

Objetivos

Objetivo general

- Identificar sesgos en los registros de presencia de anfibios en México

Objetivos particulares

- Revisar la cantidad de los registros de anfibios por grupo a nivel de orden, familia, tipo de registro, país de procedencia y tiempo del registro.
- Hallar posibles asociaciones en los atributos de los registros de anfibios
- Calcular el número de registros de anfibios en territorio mexicano por unidad de área a distintas resoluciones
- Computar el total de registros de anfibios por entidad federativa y ecorregión terrestre, y en distintos periodos.
- Generar modelos lineales generalizados que expliquen la distribución espacial de los registros de anfibios en México

Antecedentes

La existencia de sesgos en los registros de presencia de las especies (Troudet et al., 2017) suponen posibles implicaciones en la interpretación de análisis sobre biodiversidad (Kadmon et al., 2004; Beck et al., 2014; Mengtes et al., 2021). Pese a que, de manera general, el sesgo taxonómico favorece a vertebrados sobre invertebrados, este permanece entre grupos de vertebrados, siendo los anfibios el grupo sobre el que hay menor número de presencias totales (Donaldson, 2016; Troudet et al., 2017). Además, los anfibios son de los taxones cuyos registros de presencias tienen las tasas más altas de inexactitudes temporales y espaciales (Troudet et al. 2017).

En México, uno de los países con mayor riqueza de anfibios en el mundo (Parra-Olea et al., 2014), se distribuyen más de 400 especies de los tres órdenes que componen este grupo taxonómico: anura (ranas y sapos) caudata (salamandras y ajolotes) y gymnophiona (cecilias) (AmphibiaWeb, 2021; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021a). Los registros de presencias de estas especies han sido empleados para resolver preguntas sobre sitios prioritarios para su conservación, análisis de patrones de distribución geográfica y su respuesta a escenarios de cambio climático (Ochoa-Ochoa y Flores-Villeda, 2006; Ochoa-Ochoa et al., 2009; Ochoa-Ochoa et al., 2012; Ochoa-Ochoa et al., 2014). No obstante, hasta la fecha no se han realizado análisis sobre los datos primarios de anfibios en México.

Metodología

Los registros de presencias de anfibios en México se solicitaron a través de portal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021), incluyendo aquellos registros que no contaran con información referente al año de colecta o la ubicación espacial en coordenadas geográficas. Estos se descargaron en la versión más reciente disponible del SNIB (2021-03-31). La base de datos, que contaba con 328,201 registros y 63 campos de información, se editó en el *software* R (R Core Team, 2021), a través de RStudio (RStudio Team, 2021), para que, de acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021b), contuviera únicamente los campos de importancia para el presente estudio: “coleccion”, “procedenciaejemplar”, “paiscoleccion”, “aniocolecta”, “paisoriginal”, “longitud”, “latitud”, “ordenvalido”, “familiavalida”, “generovalido” y “especievalida”.

Se calculó el número de registros con relación a los órdenes y familias taxonómicas (ordenvalido; familiavalida), el tipo de registro (procedenciaejemplar), el país de procedencia de la colección (paiscoleccion) y el año de colecta (aniocolecta) para así conocer la distribución de los registros de presencias de anfibios. Esto se realizó para la base de datos antes y después de un proceso de depuración. El tratamiento de depuración consistió en seleccionar los registros de especies consideradas como válidas de acuerdo con el catálogo de autoridades taxonómicas de anfibios (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021a) y se removieron aquellos registros que no contaran con el dato correspondiente al año de colecta o que se encontraran fuera de los límites nacionales de México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2003).

Se realizaron dos Análisis de Correlaciones Múltiples (MCA) (Troudet et al., 2017) para conocer posibles relaciones entre el orden taxonómico de los registros, el tipo de registro, el país de procedencia de la colección que los alberga y el tiempo en

el que fueron tomados. Uno de los MCA se realizó considerando la base de datos sin depurar, únicamente tomando los registros albergados en colecciones en México, EE. UU. y en países no especificados o que por el tipo de registro no aplica este campo (>99.3% del total de registros). Las variables consideradas fueron: orden taxonómico (*Anura*, *Caudata*, *Gymnophiona* y *O_desconocido* para aquellos registros cuyo orden no estaba especificado), tipo de registro (*colectado*, *registrado*, *observado* y *Nodisponible*) país de la colección (*México*, *USA* y *PC_desconocido* para los registros en los que no se especifica el país de la colecta o en los que no aplica este campo) y el periodo en el que se hizo el registro (>1900, 1900-1909, 1910-1919, 1920-1929, 1930-1939, 1940-1949, 1950-1959, 1960-1969, 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009, 2010-2019 y 2020-2021). El segundo MCA se realizó considerando las mismas variables, pero a partir de la base de datos después del proceso de depuración. Ambos MCA se realizaron en R (R Core Team, 2021), a través de RStudio (RStudio Team, 2021) con el paquete *FactoMineR* (Lê et al., 2008).

A partir de la base de datos resultado del tratamiento de depuración se calculó el número de registros por celda en rejillas a distintas resoluciones: 10, 5 y 2.5 minutos. Además, se calculó el número total de registros por entidad federativa (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021) y por ecorregión terrestre (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad & Instituto Nacional de Ecología, 2008), así como el número de registros por km² en cada una de éstas; y el número de registros en tres periodos distintos: 1900-1939, 1940-1979 y 1980-2019. Por cada rejilla se generaron 92 modelos lineales, incluido un modelo nulo, considerando una distribución binomial negativa cero-inflada. Estos modelos se construyeron utilizando el número de registros por celda como variable dependiente, mientras que como variables independientes se emplearon las cuencas hidrológicas (Comisión Nacional del Agua, 1998), densidad y distancia a la red de carreteras y caminos, distancia a la red hidrográfica, división política estatal (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021), ecorregiones terrestres (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la

Biodiversidad & Instituto Nacional de Ecología, 2008), provincias bióticas (Ferrusquía-Villafranca, 1990), provincias fisiográficas (Cervantes-Zamora et al., 1990), rangos de humedad (García, 1990), regímenes de humedad del suelo (Maples-Vermeersch, 1992), regiones hidrológicas (Comisión Nacional del Agua, 2007), subregiones hidrológicas (Comisión Nacional del Agua, 2007a) y tipos de clima (García y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1998). Los datos de las variables disponibles se obtuvieron dependiendo de su clase de entidad; para las capas poligonales se extrajo la información a partir de los centroides de cada celda, tanto que para las capas de líneas se calculó la distancia de cada centroide a la línea más próxima. Para la densidad de carreteras se consideró el número de vialidades por unidad de área. Las distancias mínimas a la red de caminos, carreteras e hídrica se estimaron en el QGIS versión 3.16.3 (QGIS Development Team, 2020) desde el centroide de cada celda a los caminos y carreteras de acuerdo con la Red Nacional de Caminos (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020), y a la red hidrográfica (Maderrey-R y Torres-Ruata, 1990). Se empleó la distancia a los caminos en la parte *logit* de cada modelo. Los modelos lineales se generaron en R (R Core Team, 2021), a través de RStudio (RStudio Team, 2021) con el paquete *pscI* (Zeileis, Kleiber & Jackman, 2008) y se seleccionaron por su valor de AICc con el paquete *AICcmodavg* (Mazerolle, 2020).

Resultados

Anura (ranas y sapos) es el orden del que más registros hay, tanto antes como después de la depuración de la base de datos, seguido de los órdenes Caudata (salamandras y ajolotes) y Gymnophiona (cecilias). Además, es el grupo taxonómico del que mayor cantidad de colecciones albergan ejemplares, y el que más familias, géneros y especies tiene reportadas. La base de datos antes del procesamiento contiene registros cuyo orden no se especifica (Tabla 1).

Registros de anfibios en México por orden taxonómico												
	Registros pre-depuración						Registros post-depuración					
Orden	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies
Anura	239679	73.03	141	18	68	393	53962	85.1	92	12	37	245
Caudata	79904	24.35	100	6	29	205	9301	14.67	70	4	19	149
Desconocido	8171	2.49	63	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0
Gymnophiona	447	0.13	39	1	2	3	147	0.23	26	1	2	3
Total	328201	100	151	25	99	601	63410	100	98	17	58	397

Tabla 1. Registros de anfibios en México por orden taxonómico. Número de colecciones que albergan los registros. Número de familias, géneros y especies por orden de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021).

Anura es el orden con mayor número de familias registradas en México, tanto antes como después del proceso de depuración; seguido por Caudata y Gymnophiona, respectivamente. Hylidae y Bufonidae son las familias del orden Anura con mayor número de registros, mientras que Plethodontidae lo es para el orden Caudata y Dermophiidae, al ser la única familia registrada en México, para Gymnophionidae (Tabla 2).

Registros de anfibios en México por familia taxonómica													
Orden	Familia	Registros pre-depuración						Registros post-depuración					
		Registros	Procentaje	Registros por especie	Colecciones	Géneros	Especies	Registros	Procentaje	Registros por especie	Colecciones	Géneros	Especies
Anura	Aromobatidae	3	0.00	1.5	2	2	2	0	0.00	0	0	0	0
	Bufonidae	62284	18.98	915.94	107	8	68	15846	24.99	452.74	78	3	35
	Centrolenidae	529	0.16	529	29	2	1	164	0.26	164	21	1	1
	Craugastoridae	21700	6.61	401.85	74	1	54	4231	6.67	108.49	57	1	39
	Cycloramphidae	1	0.00		1	1	0	0	0.00	0	0	0	0
	Dendrobatidae	70	0.02	7	2	6	10	0	0.00	0	0	0	0
	Eleutherodactylidae	7369	2.25	223.3	73	1	33	1739	2.74	62.11	47	1	28
	Heleophrynidae	1	0.00	1	1	1	1	0	0.00	0	0	0	0
	Hylidae	73668	22.45	562.35	108	27	131	16744	26.41	174.42	79	20	96
	Leptodactylidae	12050	3.67	926.92	73	4	13	1784	2.81	594.67	47	2	3
	Microhylidae	6437	1.96	804.62	70	4	8	1309	2.06	218.17	45	2	6
	Pelobatidae	1	0.00	1	1	1	1	0	0.00	0	0	0	0
	Phyllomedusidae	5056	1.54	722.29	67	2	7	1429	2.25	476.33	43	1	3
	Pipidae	6	0.00	6	2	1	1	4	0.01	4	1	1	1
	Ranidae	34928	10.64	873.2	95	2	40	8074	12.73	288.36	69	2	28
	Rhinophrynidae	1777	0.54	1777	58	1	1	311	0.49	311	34	1	1
Scaphiropodidae	13519	4.12	2253.17	71	2	6	2327	3.67	581.75	49	2	4	
Strabomantidae	23	0.01	1.44	3	2	16	0	0.00	0	0	0	0	
Caudata	Ambystomatidae	15511	4.73	620.44	70	2	25	1665	2.63	87.63	48	1	19
	Amphiumidae	2	0.00	2	2	1	1	0	0.00	0	0	0	0
	Cryptobranchidae	2	0.00	1	2	1	2	0	0.00	0	0	0	0
	Plethodontidae	63843	19.45	384.6	89	20	166	7603	11.99	59.4	62	16	128
	Salamandridae	505	0.15	63.12	20	4	8	30	0.05	30	7	1	1
Sirenidae	24	0.01	8	4	1	3	3	0.01	3	1	1	1	
Gymnophiona	Dermophiidae	447	0.14	149	39	2	3	147	0.23	49	26	2	3
	Desconocido	8445	2.57	0	71	0	0	0	0.00	0	0	0	0
	Total	328201	100	0	151	99	601	63410	100	17.3	98	58	397

Tabla 2. Registros de anfibios en México por familia. Número de colecciones que albergan los registros. Número de géneros y especies por orden de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021).

En ambas bases de datos la mayor cantidad de registros corresponden a ejemplares colectados, observados y reportados, respectivamente. Mayor número de colecciones albergan ejemplares colectados. Este tipo de registro también es por el cual más familias, géneros y especies han sido reportadas, seguido de las observaciones y los reportes. La base de datos previa a la depuración contiene ejemplares cuyo tipo de registro no está disponible (Tabla 3).

Registros de anfibios en México por tipo de registro												
	Registros pre-depuración						Registros post-depuración					
Tipo de registro	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies
Colectado	38337	60.46	91	16	57	380	38337	60.46	91	16	57	380
Observado	24410	38.5	15	16	55	314	24410	38.5	15	16	55	314
Reportado	663	1.05	23	14	38	126	663	1.05	23	14	38	126
Total	63410	100	98	17	58	397	63410	100	98	17	58	397

Tabla 3. Registros de anfibios en México por tipo de registro. Número de colecciones que albergan los registros. Número de familias, géneros y especies por tipo de registro de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021).

Inicialmente, hay un total de 19 países a los cuales pertenecen las colecciones que albergan los registros de anfibios. Tras el proceso de depuración ese número se redujo a 12 países. En ambos casos, más del 99% de los registros corresponden a ejemplares en colecciones en México, EE. UU. (USA) o que no cuentan con la información del país de procedencia o este campo no aplica para el tipo de registro. Los ejemplares registrados corresponden a un total de 397 especies distintas en 58 géneros de 17 familias (Tabla 4).

Registros de anfibios en México por país de origen de la colección												
	Registros pre-depuración						Registros post-depuración					
País	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies
Alemania	575	0.18	6	16	43	106	94	0.15	3	9	21	48
Argentina	9	0.00	1	3	3	3	0	0.00	0	0	0	0
Australia	27	0.01	2	5	10	12	7	0.01	1	4	7	7
Belgica	66	0.02	1	12	19	33	10	0.02	1	4	5	7
Brasil	47	0.01	1	10	23	26	7	0.01	1	5	7	7
Canada	151	0.05	5	11	30	51	45	0.07	3	9	21	29
Corea	281	0.09	1	7	8	21	89	0.14	1	7	7	20
Desconocido	15654	4.77	16	15	51	238	4259	6.72	4	14	46	167
Francia	736	0.22	2	13	34	66	3	0	1	2	3	3
Holanda	28	0.01	1	9	11	14	0	0.00	0	0	0	0
Hungria	3	0.00	1	1	2	2	2	0	1	1	2	2
Mexico	67375	20.53	42	22	87	516	32649	51.49	32	17	57	366
Noruega	2	0.00	1	1	1	1	0	0.00	0	0	0	0
Polonia	5	0.00	1	2	2	2	0	0.00	0	0	0	0
Suecia	6	0.00	2	4	5	5	0	0.00	0	0	0	0
Suiza	85	0.03	2	10	19	23	8	0.01	2	6	7	7
UK	152	0.05	2	12	18	37	0	0.00	0	0	0	0
USA	242922	74.03	65	20	71	437	26237	41.38	49	15	56	365
Total	328201	100	151	25	99	601	63410	100	98	17	58	397

Tabla 4. Registros de anfibios depurados en México por país de procedencia de la colección que los albergan. Número de instituciones y colecciones que albergan los registros. Número de familias, géneros y especies por tipo de registro de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021).

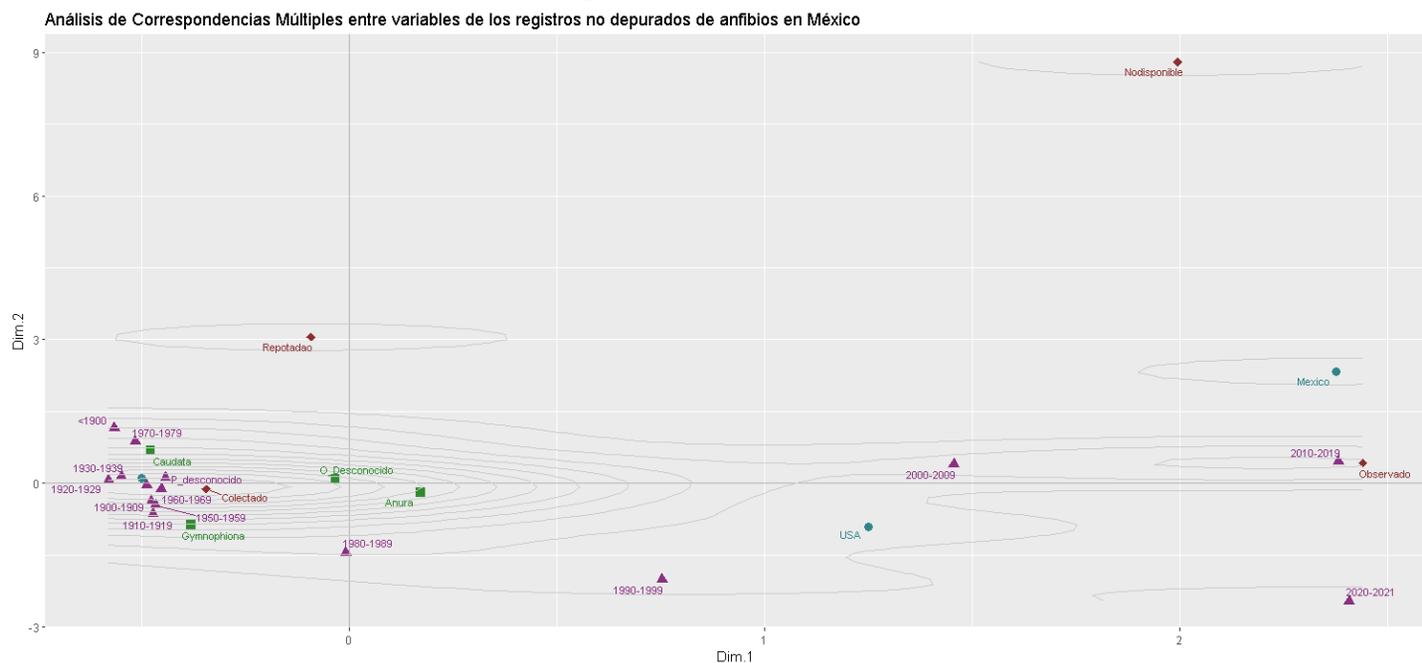
En las bases antes y después del tratamiento de los datos, las cantidades de ejemplares registrados decenalmente durante el siglo XX muestran tendencias similares; alcanzando un máximo en la década de los 60s, con un posterior decrecimiento que llegó a un mínimo en los 90s. No obstante, los datos sin depurar muestran que, pese a su incremento después de la década del 2000, aún no se han alcanzado el número de registros decenales que hubo a inicios de la segunda mitad del siglo XX, mientras que los datos depurados muestran que de 2010 a 2019 se superó esa cantidad. La base de datos previa al tratamiento contiene registros de los que se desconoce el año en el que fueron tomados (Tabla 5).

Registros de anfibios en México por periodo de colecta												
	Registros pre-depuración						Registros post-depuración					
Periodo	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies	Registros	Porcentaje	Colecciones	Familias	Géneros	Especies
<1900	872	0.27	18	12	35	102	212	0.33	14	11	24	77
1900-1909	358	0.11	21	12	29	53	66	0.10	11	8	17	32
1910-1919	580	0.18	11	11	25	52	124	0.20	8	11	25	50
1920-1929	700	0.21	17	12	33	69	171	0.27	16	12	31	64
1930-1939	12935	3.94	34	14	47	190	2641	4.16	26	13	44	183
1940-1949	12793	3.90	40	16	51	221	2562	4.04	31	15	46	206
1950-1959	24816	7.56	53	15	54	253	5616	8.86	43	15	50	229
1960-1969	46750	14.24	63	17	59	323	8628	13.61	54	15	50	296
1970-1979	40976	12.49	65	17	62	348	6890	10.87	54	16	54	315
1980-1989	13159	4.01	54	17	52	273	3888	6.13	46	15	46	260
1990-1999	12091	3.68	42	16	54	234	3748	5.91	35	14	47	215
2000-2009	18989	5.79	39	17	55	294	5716	9.01	33	14	47	268
2010-2019	29368	8.95	26	20	80	428	19513	30.77	23	16	55	313
2020-2021	4122	1.26	1	17	46	187	3635	5.73	1	15	39	147
desconocido	109692	33.42	117	21	73	423	0	0.00	0	0	0	0
Total	328201	100	151	25	99	601	63410	100	98	17	58	397

Tabla 5. Registros de anfibios depurados en México por periodo de colecta. Número de instituciones y colecciones que albergan los registros. Número de familias, géneros y especies por tipo de registro de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021).

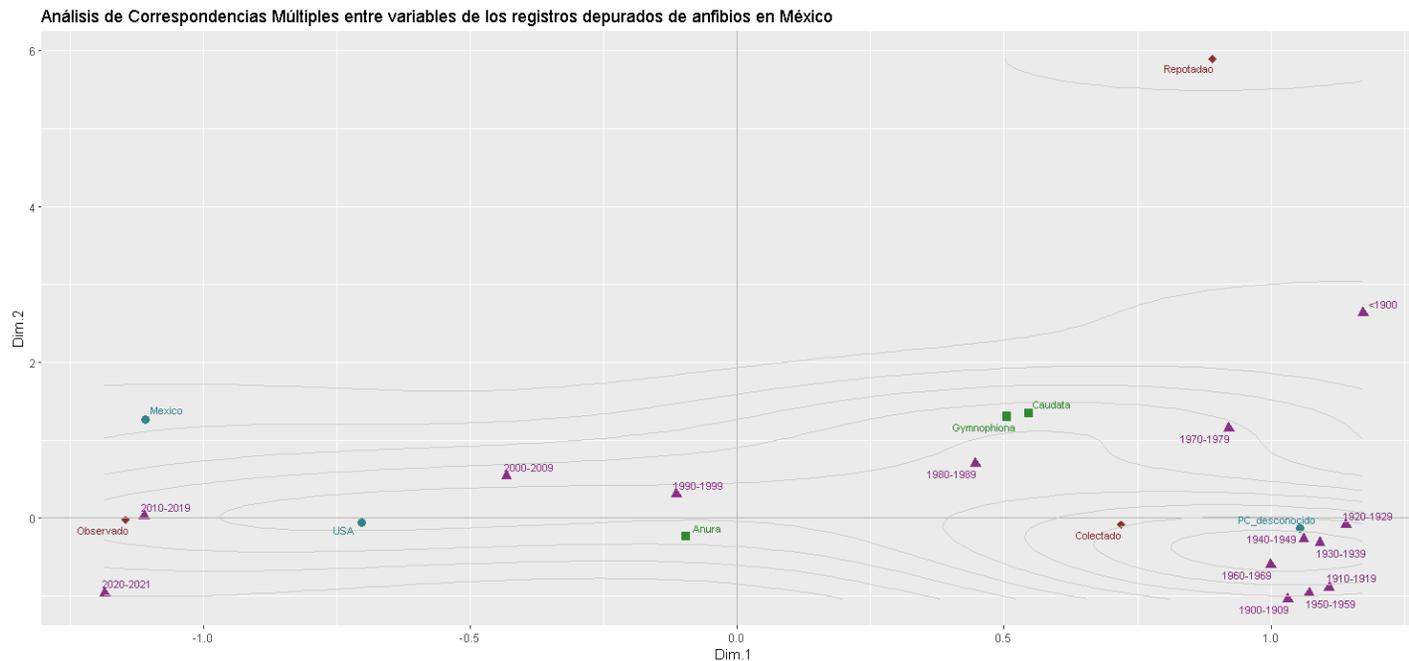
El MCA de los datos sin depurar (Figura 1) señala que los registros de salamandras, ajolotes y cecilias están más asociados con los registros de ejemplares colectados hasta antes de 1980 y que se albergan en colecciones cuyo país se consideró como desconocido; los registros de ranas y sapos, o cuyo orden no está especificado no muestran una agrupación clara con alguno otros de las otras variables consideradas. Por su parte, existe una asociación entre los ejemplares pertenecientes a individuos observados en décadas más recientes, los cuales a su vez están agrupados también con aquellos registros en colecciones mexicanas.

Figura 1. Relación entre los registros por orden, tipo de registro, el país de la colección que lo alberga y la década en la que se realizó. La gráfica muestra los dos primeros ejes del Análisis de Correspondencias Múltiples (MCA) realizado con los 325,951 registros (>99.3% del total de registros) albergados en colecciones en México, USA y en países no especificados. Se consideraron los registros por los tres órdenes taxonómicos de la clase amphibia más una categoría para los



registros cuyo orden no está registrado (en verde). En guinda el tipo de registro: *colectado*, *reportado*, *observado* y *Nodisponible*. En azul el país de procedencia de las colecciones que albergan los registros: *México*, *USA* y *PC_desconocido*. En morado 14 periodos, uno para los registros colectados antes de 1900, 13 para las décadas desde 1900 hasta 2021 y, finalmente, una categoría para los registros cuyo año no se especifica.

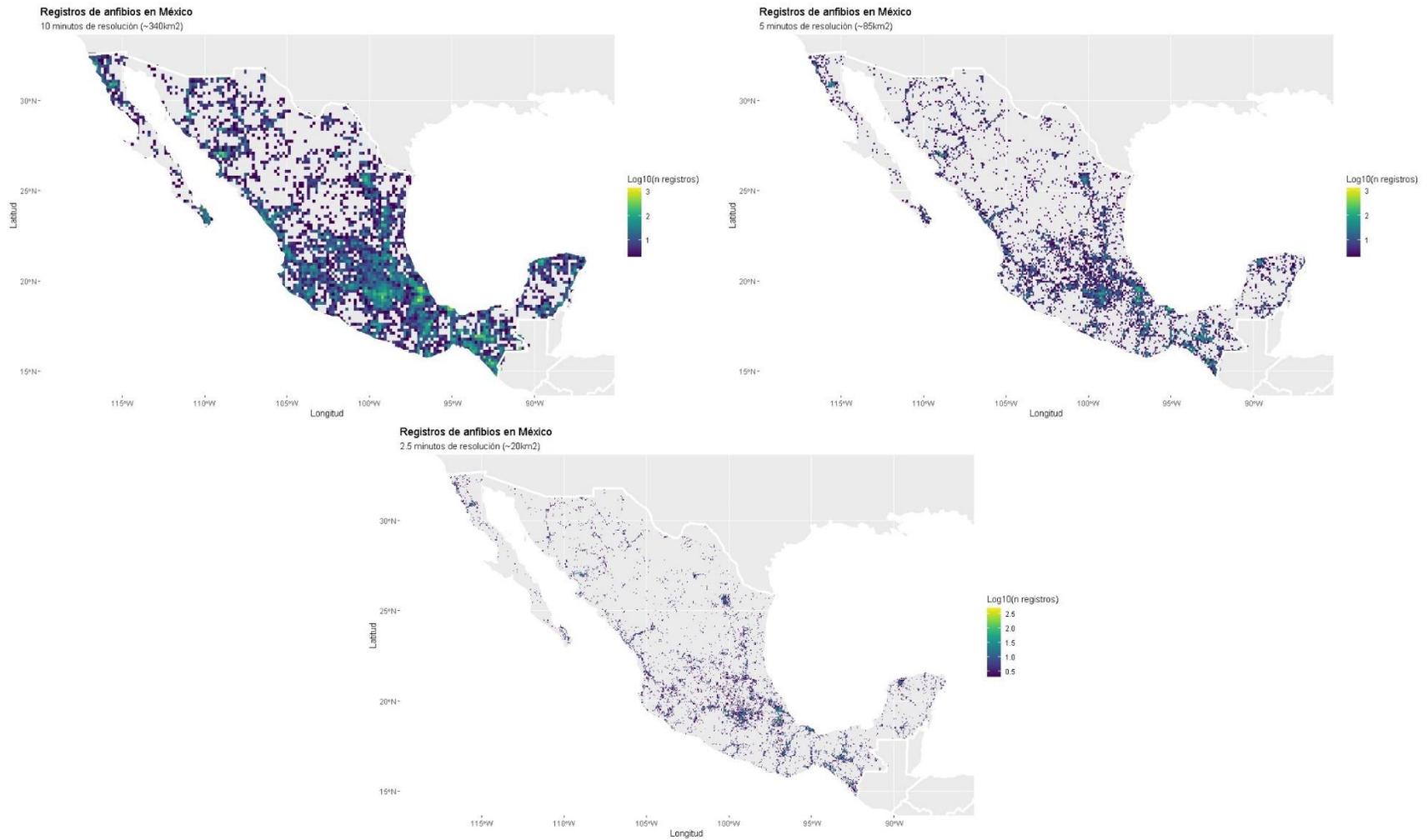
El MCA de los datos depurados (Figura 2) muestra que los registros de salamandras, ajolotes y cecilias están más asociados con los registros de ejemplares colectados en las décadas de 1970 y 1980, respectivamente; los registros de ranas y sapos no parecen tener una asociación clara o fuerte con alguna otra de las variables. Los registros pertenecientes a países de colecta desconocidos (*PC_desconocido*) están agrupados con aquellos registros tomados en la primera mitad del siglo XX. Por su parte, existe una asociación entre los ejemplares pertenecientes a individuos observados en décadas más recientes, los cuales a su vez parecieran estar agrupados también con aquellos registros en



colecciones mexicanas.

Figura 2. Relación entre los registros por orden, tipo de registro, el país de la colección que lo alberga y la década en la que se realizó. La gráfica muestra los dos primeros ejes del Análisis de Correspondencias Múltiples (MCA) realizado con los 63,145 registros (>99.5% del total de registros) albergados en colecciones en México, USA y en países no especificados. Se consideraron los registros por los tres órdenes taxonómicos de la clase amphibia más una categoría para los registros cuyo orden no está registrado (en verde). En guinda el tipo de registro: *colectado*, *reportado*, *observado* y *Nodisponible*. En azul el país de procedencia

de las colecciones que albergan los registros: *México*, *USA* y *PC_desconocido*. En morado 14 periodos, uno para los registros colectados antes de 1900, 13 para las décadas desde 1900 hasta 2021 y, finalmente, una categoría para los registros cuyo año no se especifica.



Cantidad de registros de anfibios en México por unidad de área a distintas resoluciones (Figura 3).

Figura 3. *Superior izquierda* número de registros de anfibios a 10 minutos de resolución. *Superior derecha*; número de registros de anfibios a 5 minutos de resolución. *Inferior centro*.; número de registros de anfibios en México a 2.5 minutos de resolución.

La cantidad de registros de anfibios en México, así como su promedio por km^2 son distintos de acuerdo con la entidad federativa. No obstante, estados del oriente y el suroeste son aquellos con mayor cantidad de registros, como lo son Veracruz, Chiapas y Oaxaca; mientras que en el mismo oriente, occidente y centro-norte se localizan aquellas con menos registros, los cuales son Tlaxcala, Colima y Aguascalientes. La Ciudad de México en el centro-sur, Veracruz en el oriente y Chiapas en el Suroeste, son las entidades con mayor promedio de registros por km^2 , mientras que, en el noreste, Zacatecas y, en el noroeste, Chihuahua, Coahuila y Durango son las entidades que menor cantidad de registros promedian por km^2 . El promedio nacional de registros por km^2 es de 0.03 (Figura 4).

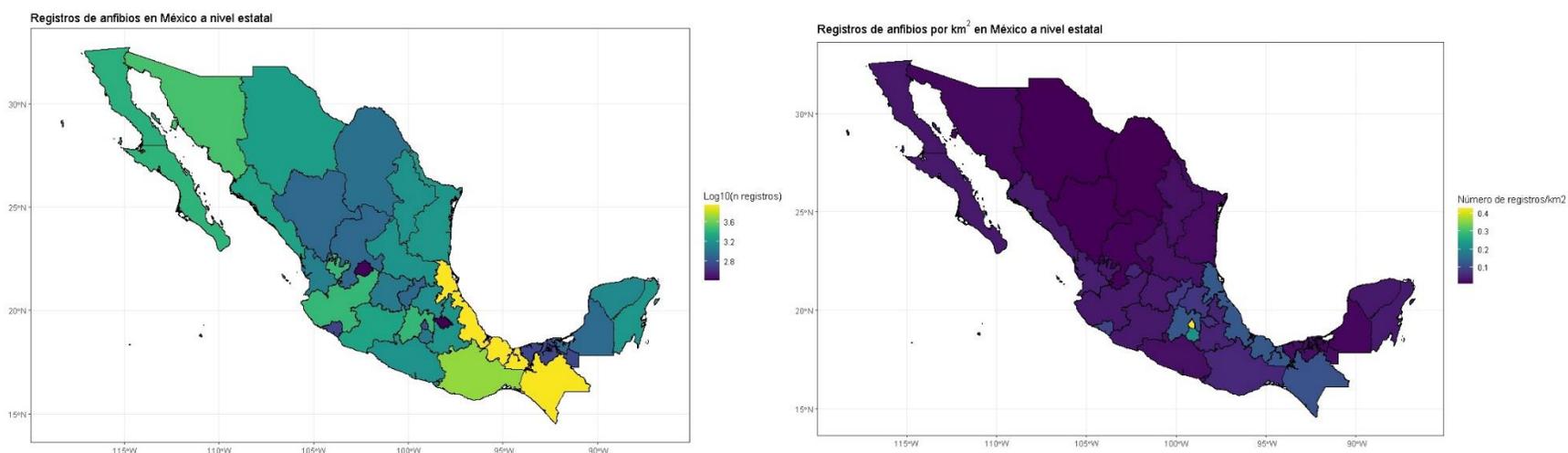


Figura 4. *Izquierda*: registros totales (Log_{10}) de anfibios en México por estado. *Derecha*: registros estatales de anfibios por km^2

Veracruz (8,521), Chiapas (8,308) y Oaxaca (4,903) son los estados con mayor cantidad de registros de anfibios en México, mientras que Tlaxcala (261), Aguascalientes (273) y Colima (534) son aquellos con menor cantidad. Por su parte, la Ciudad de México (0.43), Veracruz (0.12) y Chiapas (0.11) son las entidades con mayor número de registros por km², mientras que Chihuahua (0.01), Coahuila (0.01), Durango (0.01) y Zacatecas (0.01) son aquellas con menos registros por unidad de área. El promedio nacional de registros por km² es de 0.03 (Tabla 6).

Registros de anfibios en México por entidad federativa				
Registros post-depuración				
Estado	Superficie (km²)	Registros	Porcentaje	Registros/km²
Aguascalientes	5558.67	273	0.43	0.05
Baja California	73310.48	2416	3.81	0.03
Baja California Sur	71362.79	2513	3.97	0.04
Campeche	55258.51	869	1.37	0.02
Chiapas	72970.92	8308	13.11	0.11
Chihuahua	246954.35	1822	2.87	0.01
Ciudad de México	1486.18	633	1.00	0.43
Coahuila	150658.96	951	1.50	0.01
Colima	5738.51	534	0.84	0.09
Durango	122131.2	842	1.33	0.01
Guanajuato	30339.78	1102	1.74	0.04
Guerrero	63498.96	1579	2.49	0.02
Hidalgo	20654.55	1468	2.32	0.07
Jalisco	77959.77	2700	4.26	0.03
México	22226.85	2709	4.27	0.12
Michoacán	58284.28	2008	3.17	0.03
Morelos	4859.41	1072	1.69	0.22
Nayarit	27649.63	1167	1.84	0.04
Nuevo León	63558.71	1558	2.46	0.02
Oaxaca	92845.9	4903	7.74	0.05
Puebla	34152.67	1615	2.55	0.05
Querétaro	11589.27	847	1.34	0.07
Quintana Roo	43067.01	1662	2.62	0.04
San Luis Potosí	60499.96	1595	2.52	0.03
Sinaloa	54970.23	1973	3.11	0.04
Sonora	180378.47	3096	4.88	0.02
Tabasco	24186.54	557	0.88	0.02
Tamaulipas	77285.36	1645	2.60	0.02
Tlaxcala	3973.39	261	0.41	0.07
Veracruz	70234.41	8521	13.44	0.12
Yucatán	39102	1339	2.11	0.03
Zacatecas	74479.71	840	1.33	0.01
Total	1941227.43	63378	100	0.03

Tabla 6. Registros de anfibios en México por estado y promedio estatal de registros por km².

Por su parte, el número de registros de anfibios en México y su promedio por km^2 cambian dependiendo las distintas ecorregiones terrestres. Las sierras templadas son la ecorregión que concentra mayor cantidad de registros de anfibios, mientras que las grandes planicies es la que cuenta con menor cantidad de estos. Por su parte, California mediterránea es la ecorregión con mayor cantidad de registros por km^2 , en tanto que los desiertos de América del norte es aquella con menor cantidad de registros por unidad de área (Figura 6).

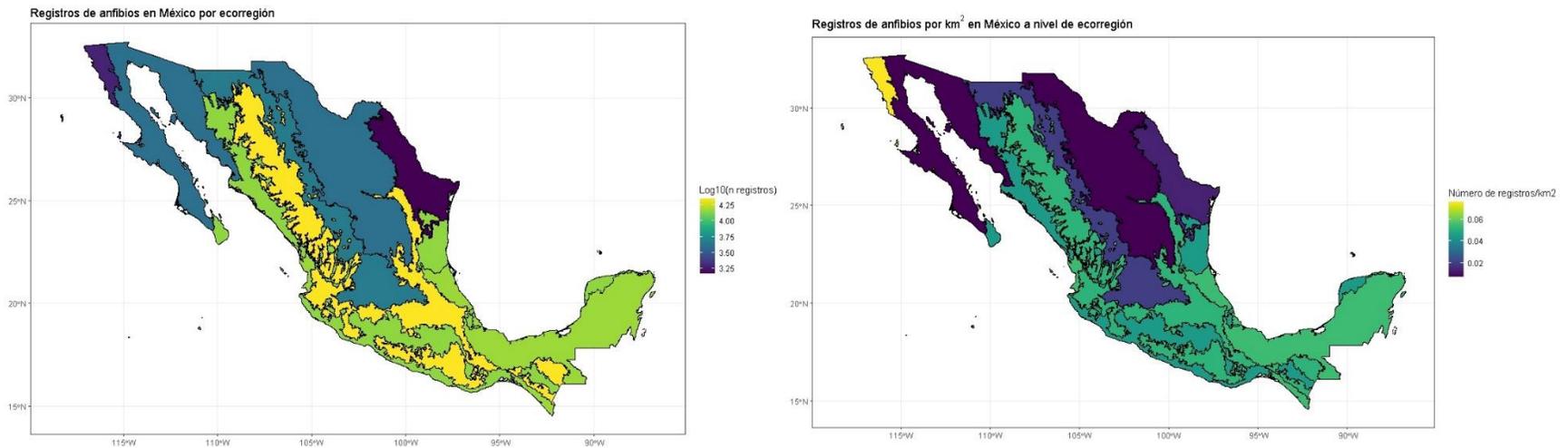
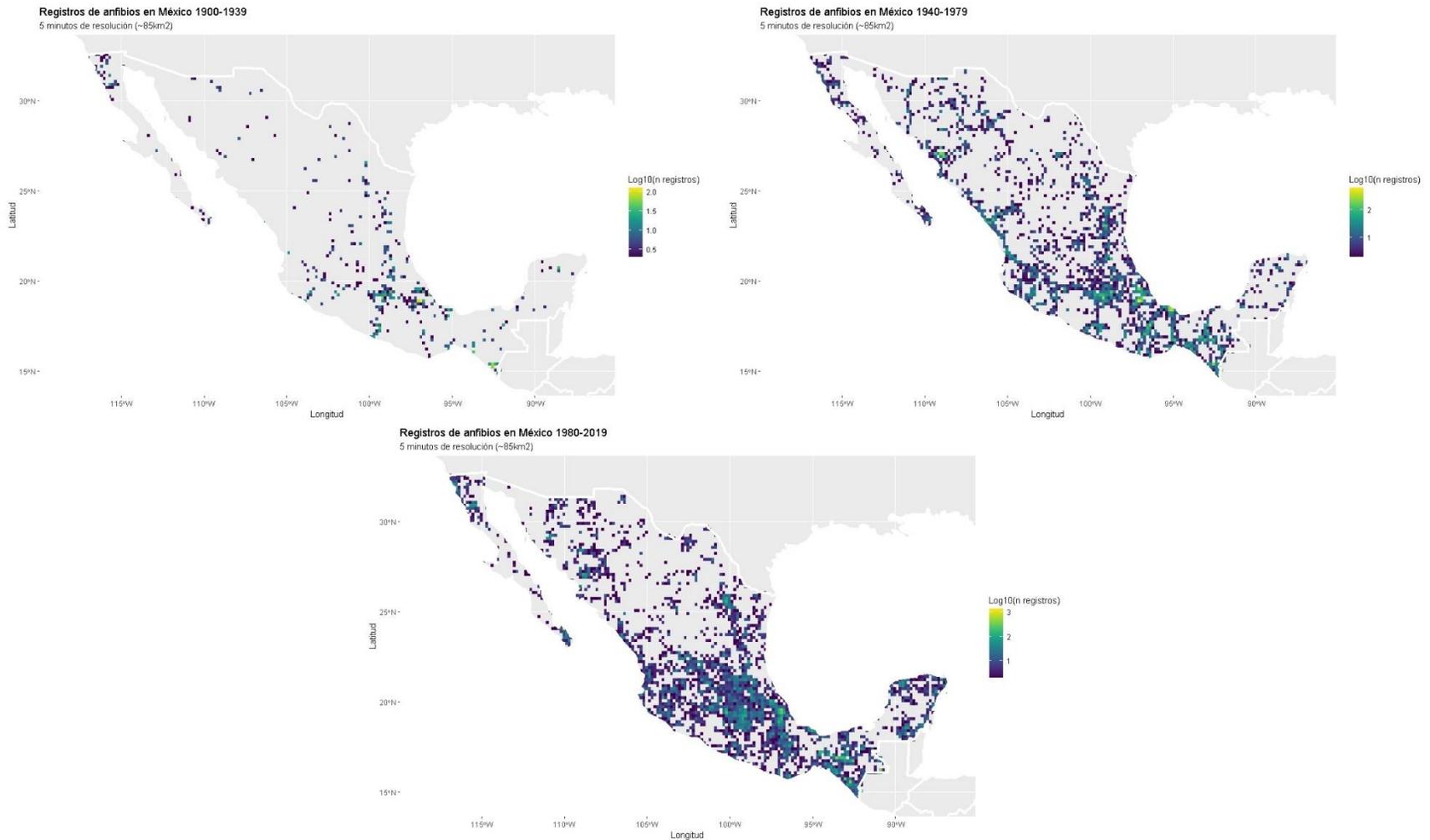


Figura 5. *Izquierda*: registros totales de anfibios en México por ecorregión terrestre. *Derecha*: registros ecorregionales de anfibios por km^2

Las sierras templadas (22,206), selvas cálido-húmedas (14,995) y las selvas cálido-secas (14,231) son las ecorregiones terrestres con mayor cantidad de registros de anfibios en México, mientras que las grandes planicies (1,458), califonia mediterránea (1,904) y los desiertos de América del norte (3,987) son aquellas con menor cantidad. Por su parte, califonia mediterránea (0.07), selvas cálido-húmedas (0.0543) y sierras templadas (0.0514) son las ecorregiones con mayor número de registros por km², mientras que desiertos de América del norte (0.0072), grandes planicies (0.0136) y elevaciones semiáridas meridionales (0.0198) son aquellas con menos registros por unidad de área. El promedio nacional de registros por km² es de 0.03 (Tabla 7).

Registros de anfibios en México por ecorregión terrestre				
Registros post-depuración				
Ecorregión	Superficie (km²)	Registros	Promedio	Registros/km²
California Mediterranea	25290.71	1904	3.01	0.0753
Grandes Planicies	106832.03	1458	2.30	0.0136
Sierras Templadas	431614.16	22206	35.08	0.0514
Selvas Calido-Humedas	276202.44	14995	23.69	0.0543
Selvas Calido-Secas	318313.55	14231	22.48	0.0447
Desiertos de America del Norte	556984.85	3987	6.30	0.0072
Elevaciones Semiáridas Meridionales	228624.77	4523	7.14	0.0198
Total	1943862.51	63304	100	0.0326

Tabla 7. Registros de anfibios en México por ecorregión terrestre y promedio ecorregional de registros por km².



Cantidad de registros de anfibios en México por unidad de área en distintos periodos a 5 minutos de resolución (Figura 7).

Figura 6. *Superior izquierda* número de registros de anfibios a 5 minutos de resolución, 1900-1939. *Superior derecha*; número de registros de anfibios a 5 minutos de resolución, 1940-1979. *Inferior centro.*; número de registros de anfibios a 5 minutos de resolución, 1980-2019.

Registros de anfibios en México por entidad federativa a través del tiempo							
Registros post-depuración							
Estado	Superficie (km ²)	1900-1939		1940-1979		1980-2019	
		Registros	Procentaje	Registros	Procentaje	Registros	Procentaje
Aguascalientes	5558.67	13	0.43	44	0.19	190	0.58
Baja California	73310.48	216	7.2	644	2.72	1160	3.53
Baja California Sur	71362.79	131	4.36	400	1.69	1907	5.8
Campeche	55258.51	41	1.37	181	0.76	589	1.79
Chiapas	72970.92	339	11.29	2474	10.45	5364	16.33
Chihuahua	246954.35	41	1.37	1003	4.24	710	2.16
Ciudad de México	1486.18	69	2.3	196	0.83	329	1
Coahuila	150658.96	47	1.57	413	1.74	460	1.4
Colima	5738.51	86	2.86	214	0.9	168	0.51
Durango	122131.2	10	0.33	545	2.3	240	0.73
Guanajuato	30339.78	17	0.57	45	0.19	890	2.71
Guerrero	63498.96	169	5.63	665	2.81	684	2.08
Hidalgo	20654.55	90	3	462	1.95	866	2.64
Jalisco	77959.77	65	2.17	797	3.37	1524	4.64
México	22226.85	219	7.3	1120	4.73	1231	3.75
Michoacán	58284.28	93	3.1	793	3.35	1014	3.09
Morelos	4859.41	81	2.7	416	1.76	513	1.56
Nayarit	27649.63	22	0.73	594	2.51	444	1.35
Nuevo León	63558.71	84	2.8	417	1.76	915	2.78
Oaxaca	92845.9	111	3.7	2424	10.24	2223	6.77
Puebla	34152.67	101	3.36	468	1.98	964	2.93
Querétaro	11589.27	6	0.2	169	0.71	614	1.87
Quintana Roo	43067.01	10	0.33	179	0.76	1252	3.81
San Luis Potosí	60499.96	86	2.86	649	2.74	789	2.4
Sinaloa	54970.23	26	0.87	1082	4.57	663	2.02
Sonora	180378.47	55	1.83	1698	7.17	1211	3.69
Tabasco	24186.54	9	0.3	160	0.68	316	0.96
Tamaulipas	77285.36	98	3.26	841	3.55	600	1.83
Tlaxcala	3973.39	3	0.1	76	0.32	168	0.51
Veracruz	70234.41	603	20.09	4148	17.52	3489	10.62
Yucatán	39102	51	1.7	189	0.8	736	2.24
Zacatecas	74479.71	10	0.33	168	0.71	632	1.92
Total	1941227.43	3002	100	23674	100	32855	100

Tabla 8. Registros de anfibios en México por estado en tres periodos distintos: 1900-1939, 1940-1979 y 1980-2019.

Reistros pot-depuración							
		1900-1939		1940-1979		1980-2019	
Ecorregión	Superficie (km²)	Registros	Procentaje	Registros	Procentaje	Registros	Procentaje
Selvas Calido-Secas	318313.55	550	18.44	5264	22.26	7457	22.72
Selvas Calido-Humedas	276202.44	765	25.65	5351	22.62	8084	24.63
Sierras Templadas	431614.16	1040	34.88	9016	38.12	11146	33.95
California Mediterranea	25290.71	163	5.47	352	1.49	998	3.04
Grandes Planicies	106832.03	94	3.15	341	1.44	861	2.62
Desiertos de America del Norte	556984.85	240	8.05	1990	8.41	1576	4.8
Elevaciones Semiáridas Meridionales	228624.77	130	4.36	1337	5.65	2706	8.24
Total	1943862.51	2982	100	23651	100	32828	100

Tabla 9. Registros de anfibios en México por ecorregión terrestre en tres periodos distintos: 1900-1939, 1940-1979 y 1980-2019.

De acuerdo con los valores de AICc, los modelos estadísticos que mejor explican la cantidad de registros de anfibios en México son *distancia a carreteras + provincia fisiográfica | distancia a caminos* para los análisis a 2.5 y 5 minutos de resolución espacial con valores de AICc iguales a 130,909 y 69,759, respectivamente; para el análisis a 10 minutos de resolución es el modelo *cuencas hidrológicas + provincias fisiográficas | distancia a caminos* (Anexo 1) con AICc = 31,872. La diferencia de AICc (*Delta AICc*) entre el mejor modelo respecto al próximo en los análisis a 2.5 y 5 minutos de resolución es de 305 y 14 respectivamente; en ambos casos el modelo más próximo fue *registros de anfibios = cuenca hidrológica + distancia a carreteras | distancia a caminos*. Por su parte, en el análisis a 10 minutos, *Delta AICc = 14* entre el mejor modelo y el más próximo, el cual resultó ser *registros de anfibios = provincia fisiográfica + subcuenca hidrológica | distancia a caminos*.

Discusión

La diferencia entre las cantidades totales de registros en la base de datos antes (328,201) y después (63,410) de la depuración (Tabla 1) podría considerarse como evidencia de que, aún hoy en día, siguen vigentes algunos de los retos que se identificaron en los albores de la IB, como lo son la existencia de registros no georreferenciados (Soberón y Peterson, 2004) o registros duplicados (Holetschek et al., 2009). No obstante, es importante considerar que la calidad de la información (e.g. base de datos) depende del uso que se le pretenda dar (Chrisman, 1984), por lo cual, pese a que los registros son sometidos a un proceso de revisión previo a su disposición libre al público (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021), es fundamental hacer una evaluación de su calidad, la cual debe ser llevada a cabo por el usuario en función de sus objetivos (Gadelha et al, 2021). La cuestión con grandes cantidades de registros no georreferenciados puede ser tratada, pues existen herramientas para georreferenciar automáticamente (Guralnick et al., 2006), mientras que también existen herramientas para la identificación de registros duplicados (Holetschek et al. 2009).

Las proporciones de registros en función del orden taxonómico (Tabla 1); mayor cantidad de individuos de ranas y sapos registrados, seguidos de salamandras y ajolotes, y cecilias, pueden explicarse porque en México la riqueza específica de anfibios por orden se distribuye de manera similar; con base a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021a) hay 425 especies de anfibios, de las cuales 261 son ranas y sapos, 160 salamandras y ajolotes, y 4 cecilias, mientras que de acuerdo a AmphibiaWeb (2021) hay un total de 411 anfibios, siendo 250 ranas y sapos, 158 salamandras y ajolotes, y 3 cecilias. No obstante, también es importante considerar posibles implicaciones de las diferencias de historias de vida entre los distintos grupos taxonómicos; muchas técnicas de muestreo han sido desarrolladas en función de sólo un ciclo de vida, siendo que, dentro de la clase anfibia, existe una gran diversidad de historias de

vida (Crump, 2009). Por cuestiones de talla, estadios de vida, comportamiento o incluso por diferencias en sus ambientes, no todos los anfibios son igualmente conspicuos, de manera que las probabilidades de ser detectados no son las mismas (Vonesh et al., 2009). Finalmente, la mayoría de los programas de monitoreo de anfibios están diseñados para la detección de ranas y sapos a través de su canto (Dorcas et al., 2009). Se realizó una prueba de chi-cuadrada para averiguar si, dados los datos disponibles, el número de registros por orden taxonómico es diferente al esperado dado el número de especies en cada uno. No obstante, dado el tamaño de muestra, los resultados no fueron concluyentes.

De acuerdo con el catálogo de autoridades taxonómicas de anfibios (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021a) en México hay 21 familias de anfibios; 15 de Anura (Batrachylidae, Bufonidae, Centrolenidae, Craugastoridae, Dendrobatidae, Eleutherodactylidae, Hylidae, Hylodidae, Leptodactylidae, Microhylidae, Phyllomedusidae, Pipidae, Ranidae, Rhinophrynidae y Scaphiopodidae), 4 de Caudata (Ambystomatidae, Plethodontidae, Salamandridae y Sirenidae) 2 de Gymnophiona (Dermophiidae y Siphonopidae). Por su parte, se halló que los registros del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021) previos a la depuración incluyen 18 familias de Anura, 6 de Caudata y 1 de Gymnophiona (Tabla 2). Las familias de anuros: Aromobatidae, Cycloramphidae, Dendrobatidae, Heleophrynidae, Pelobatidae, Pipidae, Strabomantidae; caudatos: Amphiumidae, Cryptobranchidae; y de gymnophionidos: Siphonopidae no tienen distribución nativa en México (Wells, 2010; Mattison, 2011; Vitt, 2014). La mayoría de los registros posteriores al proceso de depuración corresponden a familias con distribución nativa en México; la familia Pipidae es una excepción, pues se ha reportado que la especie *Xenopus leavis*, perteneciente a dicha familia y originaria de Sudáfrica, se encuentra distribuida en diversos países como especie exótica invasora, incluido México (Mattison, 2011; Lavín, Lazcano y Gadsden, 2014). Así como con el orden taxonómico, también se realizó una prueba de chi-cuadrada para buscar diferencias entre el número de registros observados por familia en relación con el

número esperado en función del número de especies en cada una de ellas; dado el tamaño muestral, los resultados tampoco fueron concluyentes.

Las proporciones de ejemplares de anfibios en México por tipo de registro (Tabla 3) parecieran responder a una tendencia global en los registros de este taxón, con un mayor porcentaje corresponde a ejemplares albergados en colecciones científicas. Tras un análisis de los registros de presencia de especies de 24 clases taxonómicas disponibles en GBIF, se identificó que el 80% de los reportes de anfibios a nivel mundial corresponden a ejemplares colectados (Troudet et al., 2017). No obstante, aunque antes y después del proceso de depuración de los datos de anfibios en México (Tabla 3) sigue siendo mayor la cantidad de ejemplares colectados, la proporción disminuye en más del 20% tras la depuración. Esto podría deberse a duplicados físicos, los cuales se producen por la existencia de dos o más muestras derivadas de un único material original y que usualmente son albergadas en distintas colecciones (Holetschek et al., 2009), pero también a la disminución en décadas recientes de ejemplares colectados o, en su defecto, al incremento en los registros producto de observaciones. Como causa de lo anterior, se podrían considerar posibles impactos en la recolecta científica a partir de la formulación y entrada en vigor de distintas legislaciones que la regulan. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) instauran las especificaciones bajo las cuales se ha de llevar a cabo la recolecta científica o académica de ejemplares, partes o derivados de vida silvestre (Cañas y Soberón, 2008). Es preciso mencionar que la LGEEPA fue publicada en 1988 (DOF, 1988), mientras que la LGVS se publicó en el año 2000 (DOF, 2000).

El número de registros de anfibios —sin depurar— en relación a los países de procedencia de las colecciones científicas (Tabla 4) sugieren para México la prevalencia del fenómeno discutido por Peterson et al. (2015) en el que países en Europa y Norteamérica crearon grandes colecciones de plantas y animales a partir de ejemplares colectados en países en regiones tropicales, principalmente aquellos en vías de desarrollo y que albergan gran diversidad biológica; 242,922

(74.02%) de los registros de anfibios mexicanos son albergados por colecciones en EE. UU., mientras que sólo 67,375 están depositados en colecciones mexicanas (20.53%) y, de los 17,904 registros restantes, 15,654 (4.77%) no cuentan con este dato o son ejemplares observados y 2,250 (0.68%) corresponden a ejemplares en colecciones de países en Europa, Sudamérica, Asia y Oceanía. No obstante, los registros depurados muestran que hay mayor cantidad de ellos albergados en colecciones mexicanas, 32,649 (51.49%), que aquellos en colecciones de otros países o que no cuentan con dicho dato o corresponden a observaciones, lo cual coincide con lo reportado por el mismo Peterson et al. (2015), quienes destacan la labor de varios países, entre ellos México, para el crecimiento en investigación, educación e infraestructura, el cual ha equilibrado las proporciones de las cantidades de registros sobre biodiversidad que son albergados por el país de origen de los ejemplares y aquellos resguardados en otros países.

Se puede sugerir que las proporciones de los registros en colecciones extranjeras o nacionales responden al proceso de desarrollo histórico de la ciencia en México. Inicialmente, durante el siglo XIX, los ejemplares colectados dentro del territorio mexicano terminaron en colecciones biológicas en países europeos o en Estados Unidos de América. Posteriormente, ya en el siglo XX, se crearon las instituciones mexicanas más destacadas en el ámbito de la sistemática y las primeras sociedades biológicas en el país, además de que se crearon programas a nivel nacional con el propósito de apoyar la investigación y se realizaron esfuerzos por descentralizar el estudio sobre la diversidad biológica, lo cual, en conjunto, generó para finales del siglo XX e inicios del XXI un incremento no sólo en el número de colecciones y sociedades biológicas, sino en la cantidad de investigadores nacionales y la producción científica (Llorente-Bousquets et al., 2008).

La cantidad de registros sin depurar a través del tiempo (Tabla 5) muestra un crecimiento sostenido durante el siglo XX, al menos hasta la década de 1960, en la cual se alcanzó el máximo decenal (46,750 registros); posteriormente hubo un declive que llegó al mínimo en la década de 1990 (12,091 registros) y a partir de

entonces se ha mantenido un incremento decenal de registros de anfibios. El aumento y posterior disminución de registros de anfibios durante el siglo XX coincide con lo reportado por Troudet et al. (2017), quienes concluyeron que pese al incremento en la cantidad de registros de especies de algunas clases a nivel global (e.g. aves e insectos), hay otras, como reptiles y anfibios, en las que ha habido un estancamiento e incluso declive durante los últimos 40 años. Pese al incremento reportado desde la década de 2000, similar que en lo reportado por Troudet et al. (2017), aún no se han logrado las cantidades registradas otrora. Por su parte, el número de registros depurados (Tabla 4) pareciera mostrar la misma tendencia decenal que lo observado en los registros sin depurar y lo reportado por Troudet et al. (2017) durante el siglo XX; un máximo de registros durante la década de 1960 (8,628) con un posterior declive y un mínimo en la década de 1990 (3,748). Sin embargo, en el decenio de 2010 a 2019 se realizaron 19,513 registros, lo cual no sólo significa un máximo de reportes únicos de ejemplares de anfibios en México, sino que la proporción de registros duplicados pareciera ser menor que en tiempos pasados.

Los análisis de correspondencias múltiples con los registros antes (Figura 1) y después (Figura 2) de la depuración muestran una asociación entre los ejemplares colectados y aquellos tomados durante las primeras décadas del siglo XX, mientras que los registros provenientes de observaciones están asociados con aquellos tomados en décadas más recientes. Esto podría sugerir un cambio en la manera en la que se hacen los registros actualmente en comparación al siglo pasado, presumiblemente por la entrada en vigor de legislaciones que regulen la colecta científica (DOF,1988; DOF, 2000). Por su parte, los registros de salamandras, ajolotes y cecilias parecieran estar asociados con décadas en la segunda mitad del siglo XX, mientras que los registros de ranas y sapos no muestran una clara asociación con algún periodo, tipo de registro o país de la colección. Al no mostrarse una relación tan evidente entre los países de procedencia de las colecciones con algún orden o periodo se puede inferir que los ejemplares en colecciones en México o EE. UU. no corresponden a un solo orden taxonómico o periodo.

Las cantidades de registros por unidad de área cambian en función de la escala empleada (Figura 3). A 10 minutos de resolución, la celda con mayor número de registros cuenta con 1,385, mientras que a 5 y 2.5 minutos de resolución la mayor cantidad de registros en una celda son de 1,261 y 512, respectivamente. No obstante, es importante destacar la diferencia que hace la resolución empleada en las áreas que se mantienen sin registro alguno. Empleando una resolución de 10 minutos, de las 6,267 celdas en las que se puede dividir el territorio nacional, 4,115 cuentan con al menos un registro; es decir, en el 65.66% de la superficie terrestre mexicana se ha registrado al menos un ejemplar de anfibio. Por su parte, a 5 minutos de resolución, sólo 8,792 de 24,972 celdas cuentan con al menos un registro; es decir, únicamente en el 35.20% del territorio mexicano se han realizado por lo menos un registro de anfibios. Finalmente, a 2.5 minutos de resolución, sólo 15,118 de 99,944 celdas cuentan de menos con un registro; por tanto, 84.87% del país permanece sin registros de anfibios. Meyer (et. al., 2015) estimaron la completitud de tres grupos a nivel mundial: aves, mamíferos y anfibios, en cuatro diferentes resoluciones, hallando no sólo que ésta es escala-dependiente, sino que hay regiones que permanecen sin registro alguno o que no alcanzan el 80% de completitud ni siquiera empleando una resolución de 774,400 km², algunas de ellas situadas en territorio mexicano. Por lo anterior, no sería insensato sugerir que los vacíos en la información primaria sobre anfibios siguen siendo uno de los más grandes retos para la IB.

Las recolectas y muestreos científicos no han sido precisamente metódicos y homogéneos en el territorio mexicano, de ahí que haya diferencias en la intensidad de muestreo por regiones (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Aun cuando la división política no responde necesariamente a la regionalización biótica del país, los estados con mayor número de registros de anfibios: Veracruz, Chiapas y Oaxaca (Figura 4; Tabla 6) resultan ser los tres estados con mayor riqueza específica de este grupo (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Johnson et al., 2015; Mata-Silva et al. 2015; Torres-Hernández et al., 2021) y los mismos que Ochoa-Ochoa & Flores-Villela (2006), reportaron previamente como aquellos con mayor cantidad de registros de anfibios y reptiles. Sin embargo, resulta ser la

Ciudad de México la entidad con mayor cantidad de registros por unidad de área. Ochoa-Ochoa & Flores-Villela (2006) concluyen que el área estatal o la densidad poblacional no son variables causales de la cantidad de registros por estado, sino que presumiblemente se deba a cuestiones históricas de colecta en México.

La distribución geográfica de las especies responde a procesos actuales y pasados, de manera que no es azarosa (Espinosa y Ocegueda. 2008). Uno de los enfoques para caracterizar ecosistemas terrestres es el de las ecorregiones, las cuales son áreas geográficas que albergan elementos distintivos como especies, condiciones ambientales y procesos ecológicos (Urquiza-Haas et al., 2011). De las siete ecorregiones (nivel I) que se han caracterizado para México, sierras templadas es aquella en la que más individuos de anfibios se han registrado (Figura 5; Tabla 7) y también la que mayor cantidad de vertebrados terrestres alberga, entre los cuales se encuentran 21 especies de anfibios, las cuales son endémicas de la región. En cantidad de registros de anfibios le siguen las selvas cálido-húmedas y selvas cálido-secas, las cuales, por su topografía y condiciones ambientales, se podría especular sobre su idoneidad para la colecta de anfibios. No obstante, al igual que con la cantidad de registros por estados, a nivel ecorregional se deba principalmente a cuestiones históricas.

La distribución espacial de los sitios de registro de anfibios en México ha incrementado a través del tiempo (figura 6). A cinco minutos de resolución, del periodo 1900-1939, 606 de las 20,710 celdas en las que México se puede dividir espacialmente cuentan con al menos un registro de anfibio. Es decir, durante los primeros cuarenta años del siglo XX, únicamente en el 2.93% del territorio mexicano se había registrado algún ejemplar de anfibio. Por su parte, para el periodo 1940-1979 se pueden contabilizar 2,575 celdas con registros de anfibios, lo cual indica que para finales de ese periodo el 12.43% del país contaba con al menos un registro de anfibio. Finalmente, los registros de anfibios durante el periodo 1980-2019 se hayan en 3,198 celdas, por tanto, en el 15.44% del territorio nacional se registró al menos un anfibio durante estos años. Jiménez y Koleff (2016) reportaron que la mayoría de los registros sobre diversidad biológica

albergados en el SNIB corresponden a ejemplares colectados a partir de la década de 1990, no obstante, fue en la década de 1980 en la que se reportaron mayor cantidad de localidades de recolecta. La cantidad de registros de anfibios en México ha incrementado sustancialmente durante los periodos considerados; 3002 registros durante el periodo 1900-1939, 23,698 entre 1940 y 1979, y, finalmente, 32,865 durante 1980-2019. Sin embargo, no así ha incrementado la cantidad del territorio de en el cual se tomaron dichos registros (figura 6); el mayor incremento en la proporción de superficie en la que se han registrado ejemplares de anfibios se dio durante el periodo 1940-1979, pues en este la superficie con al menos un registro incrementó en 9.5% en relación el periodo previo (1900-1939), mientras que en el periodo 1980-2019 el incremento fue únicamente del 3.01% respecto al periodo anterior (1940-1979).

Los patrones de distribución espacial de anfibios en México son escala-dependientes; a resoluciones gruesas están relacionados con la latitud, mientras que a resoluciones más finas están en función de la topología del espacio geográfico (Ochoa-Ochoa et al., 2014). Por su parte, la distribución de los registros de anfibios también son escala-dependiente; dados los datos considerados, a 10 minutos de resolución, la más gruesa que se empleó, dicha distribución se explica mejor a partir de las provincias fisiográficas y las cuencas hidrológicas, mientras que, a 5 y 2.5 minutos de resolución, las variables que mejor explican son las provincias fisiográficas y la distancia a la red de carreteras (Anexo 1). En tanto que el origen de la herpetofauna y su distribución en México se deben a complejos procesos biogeográficos (Flores-Villela, 1991; Flores-Villela y Martínez-Salazar, 2009), aún queda pendiente dilucidar los procesos que han dado origen a la distribución de anfibios en México.

A partir de los datos considerados y en las tres resoluciones empleadas, los modelos que mejor explican la distribución de los registros de anfibios en el país incluyen como variable a las provincias fisiográficas (Cervantes-Zamora et al., 1990). A nivel estatal se han realizado análisis sobre la distribución de la herpetofauna —discerniendo entre anfibios y reptiles— en México en función de

las provincias fisiográficas (Johnson et al., 2015; Mata-Silva et al., 2015; Nevárez-de los Reyes et al., 2016; Terán-Juárez et al., 2016; Cruz-Sáenz et al., 2017; González-Sánchez et al., 2017; Woolrich-Piña et al., 2017). A nivel nacional se han propuesto hipótesis sobre los orígenes temporales y espaciales de la herpetofauna (Smith, 1949; Savage, 1966, 1982;), se han identificado áreas de diversidad y endemismo (Flores-Villela, 1991; Ochoa-Ochoa & Flores-Villeda, 2006) y se ha concluido que los orígenes y distribuciones actuales de anfibios en México responden a una compleja historia biogeográfica en la que han acontecido diversos procesos (Flores-Villela, 1991; Flores-Villela y Martínez-Salazar, 2009). A pesar de los patrones espaciales de la distribución de especies de anfibios, la distribución geográfica de los registros de este grupo taxonómico pareciera estar relacionada a la red de carreteras.

En dos de los tres análisis de correlación, a escalas más finas, los modelos que mejor explican la distribución de los registros de anfibios no sólo incluyen a las provincias fisiográficas como variable explicativa, sino también la distancia a la red carretera. En un análisis de la distribución global de los registros de 12 grupos taxonómicos se halló que ~90% de los registros de anfibios han sido tomados a menos de 2.5 km de vías carreteras (Hughese et al., 2021). Por su parte, se ha descrito que en México el esfuerzo de muestreo se ha concentrado en las proximidades a vías carreteras, mientras que las zonas alejadas a ciudades principales o en regiones montañosas resultan ser las menos exploradas (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Por lo tanto, tiene sentido que, a escalas espaciales de 5 y 2.5 minutos, los registros de anfibios se expliquen mejor en función no sólo de las provincias fisiográficas, sino también de la distancia a la red de carreteras.

Los anfibios son un taxón comúnmente asociado con la presencia de agua (Wells, 2010). Por ello y para entender mejor la distribución espacial de los registros de anfibios en México fue que se consideraron variables tales como cuencas hidrológicas (CNA, 1998), red hidrográfica (Maredey-R y Torres-Ruata, 1990), rangos de humedad (García, 1990), regímenes de humedad del suelo (Maples-

Vermeersch, 1992), regiones y subregiones hidrológicas (CONAGUA, 2007; 2007a). No obstante, dados los datos, resultan ser las cuencas hidrológicas en interacción con las provincias fisiográficas, las variables que mejor explican la distribución de los registros de anfibios a 10 minutos de resolución espacial. No obstante, a través de estos modelos no es posible determinar si la cantidad de registros de anfibios corresponde a los patrones de distribución espacial del grupo y, bajo el supuesto de correlación entre estos organismos y la presencia de agua, poder decir que la disponibilidad de este recurso es una variable determinante también para la distribución de los registros, aun cuando no todas las especies están estrechamente relacionadas a cuerpos de agua (Crump, 2009; Wells, 2010). Existen grupos de anfibios que son completamente terrestres, tales como el género *Eleutherodactylus*, la mayoría de las especies de la familia Plethodontidae e incluso del orden de las cecilias (Wells, 2010); de las 425 especies de anfibios registradas en México (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021a), 34 corresponden al género *Eleutherodactylus*, 137 pertenecen a la familia Plethodontidae y 3 al orden de las cecilias.

Por su parte, las ecorregiones terrestres (Instituto Nacional de Estadística y Geografía et al., 2008), las provincias bióticas (Ferrusquía-Villafranca, 1990) y tipos de clima (García, 1998), parecieran no ser de relevancia en la distribución de los registros de anfibios. Las ecorregiones se identifican en función del ambiente, la topografía, los paisajes, los tipos de vegetación dominantes y su grado de conservación, al igual que las especies de flora predominantes (Urquiza-Haas et al., 2011); las provincias bióticas son una regionalización basada en la distribución de grupos animales, vegetales o combinación de éstas (Morrone, 2019); y los tipos de clima son una modificación del sistema de Köppen, el cual emplea valores derivados de variaciones de algunos elementos climáticos y fórmulas empíricas para identificar grupos climáticos y subdivisiones de estos (García, 2004). De manera que no quedan claros los motivos por los cuales estas variables parecieran no contribuir a una posible explicación de la disposición espacial de los registros de anfibios en México.

Conclusiones

La cantidad de registros de anfibios en México y su distribución con relación al orden y familia taxonómicas, tipo de registro, país de procedencia de la colección y década de la colecta parecieran no sólo deberse a lo conspicuo de los individuos dependiendo su especie, sino también al contexto histórico de la ciencia en el país. La colecta científica no es un fenómeno que pueda abstraerse de las condiciones en las que se lleva a cabo; el fomento que tenga, la inversión destinada e incluso la legislación que la regula, bien podrían ser variables para considerar en un análisis más detallado de la misma.

Existen algunas correlaciones entre los atributos de los registros tomados en México. No obstante, éstas se presentan en registros de por lo menos hace más de cuarenta años y que corresponden a ejemplares de los órdenes Caudata y Gymnophiona o, en los casos de registros de la primera mitad del siglo XX, estos están asociados con ejemplares colectados y que no cuentan con el dato del país de colecta. Que no se hayan encontrado más correlaciones en los atributos de los registros podría considerarse como evidencia de heterogeneidad en la base de datos.

Pese a que en las últimas décadas han incrementado la cantidad de ejemplares de anfibios registrados en México, dependiendo la escala empleada y de acuerdo con los registros del SNIB, una proporción considerable del territorio mexicano permanece sin que se haya realizado registro alguno en ella. No sólo es cuestión de aumentar la cantidad de registros, sino los sitios en los que se realizan.

Históricamente, el mayor número de registros de anfibios en México se han realizado en los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca, sin embargo, entre estas tres entidades las proporciones han cambiado a lo largo del tiempo. Por su parte, en cuanto a ecorregiones, son las sierras templadas, seguidas de las selvas cálido-húmedas y selvas cálido-secas las regiones que históricamente concentran la mayor cantidad de registros, sin cambios en el orden proporcional a través del

tiempo. Realizar muestreos sistemáticos podría cambiar las proporciones de registros por entidad o ecorregión, pero, sobretodo, aportar datos en sitios que hasta hoy en día permanecen con pocos o nulos registros.

Antes de afirmar la existencia de sesgos en los registros de presencias, sería prudente seguir analizando si la distribución de dichos registros responde al desarrollo histórico de la colecta científica o a tendencias deliberadas en los objetivos o técnicas de muestreo. En el caso de los registros de anfibios en México, como probablemente con otros taxones, esto es debatible. Conocer la existencia de tendencias en las distribuciones de los datos de registros de anfibios —y probablemente de otros grupos taxonómicos— podría ser una oportunidad para dirigir esfuerzos o al menos un motivo de consideración al momento de analizar los datos ya existentes.

Referencias bibliográficas

AmphibiaWeb. (2021). Recuperado de: <https://amphibiaweb.org>

Anderson, R. P., Peterson, A. T., & Gómez-Laverde, M. (2002). Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos*, 98(1), 3-16. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.t01-1-980116.x>

Beck, J., Böller, M., Erhardt, A., & Schwanghart, W. (2014). Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species' geographic distributions. *Ecological Informatics*, 19, 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2013.11.002>

Belbin, L. (2011). The Atlas of Living Australia's spatial portal. En Jones, M. B., & Gries, C (Eds.), *Proceedings of the environmental information management conference 2011 (EIM 2011)* (pp. 39-43). Santa Barbara, California: University of California.

Cañas, R., Ahuatzi, R., España, M., & Soberón, J. (2008). Situación legal de la recolecta científica. En CONABIO (Ed.), *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 215-225). México: CONABIO.

Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. & Pineda-Velázquez, A, (1990). *Provincias Fisiográficas de México. Escala 1:4000000*. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Chrisman, N. R. (1984). Part 2: Issues and problems relating to cartographic data use, exchange and transfer: The role of quality information in the long-term functioning of a geographic information system. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 21(2-3), 79-88. <https://doi.org/10.3138/7146-4332-6J78-0671>

Comisión Nacional del Agua, (1998). *Cuencas Hidrológicas. Escala 1:250000.* [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2003). *Límite Nacional. Escala 1:250000.* [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2012). *CONABIO: Dos Décadas de Historia.* Tlalpan, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de: http://www.conabio.gob.mx/web/pdf/Conabio_Dos_Decadas_de_Historia_web.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Registros de ejemplares, versión 2021-03.* México. Recuperado de: <http://www.snib.mx/ejemplares/docs/CONABIO-SNIB-Version-202103.pdf>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (comp.) (2021a). Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México. Base de datos SNIB-CONABIO, México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021b). Diccionario de datos. Ejemplares publicados en el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, versión 2021-03 México, 87 p. Obtenido de <http://www.snib.mx/ejemplares/docs/CONABIO-SNIB-DiccionarioDatosEjemplaresGeoportal-202103.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2007). *Regiones Hidrológicas, Escala 1:250000.* [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Comisión Nacional del Agua (2007a). *Subregiones Hidrológicas, Escala 1:250 000.* [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Costello, M. J., & Berghe, E. V. (2006). 'Ocean biodiversity informatics': a new era in marine biology research and management. *Marine Ecology Progress Series*, 316, 203-214.

Crump, M. L. (2009). Amphibian diversity and life history. En Dodd, C. K. (Ed.), *Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques*, (pp. 3-20). New York, EE. UU.: Oxford University Press.

Cruz-Sáenz, D., Muñoz-Nolasco, F. J., Mata-Silva, V., Johnson, J. D., García-Padilla, E., & Wilson, L. D. (2017). The herpetofauna of Jalisco, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology*, 4(1), 23-118. Recuperado de <http://www.mesoamericanherpetology.com/>

Diario Oficial de la Federación. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (2000). Ley General de Vida Silvestre. Recuperado de https://www.senado.gob.mx/comisiones/medio_ambiente/docs/LGVS.pdf

Donaldson, M. R., Burnett, N. J., Braun, D. C., Suski, C. D., Hinch, S. G., Cooke, S. J., & Kerr, J. T. (2016). Taxonomic bias and international biodiversity conservation research. *FACETS*, 1, 105-113. <https://doi.org/10.1139/facets-2016-0011>

Dorcas, M. E., Price, S. J., Walls, S. C., & Barichivich, W. J. (2009). Auditory monitoring of anuran populations. En Dodd, C. K. (Ed.), *Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques*, (pp. 281-298). New York, EE. UU.: Oxford University Press.

Espinosa, O. D, y Ocegueda, C. S. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En CONABIO (Ed.), *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 33-65). México: CONABIO.

Ferrier, S. (2002). Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here?. *Systematic biology*, 51(2), 331-363. <https://doi.org/10.1080/10635150252899806>

Ferrusquía-Villafranca, I. (1990). *Provincias Bióticas (con énfasis en criterios morfotectónicos)*. Escala 1:4 000 000. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Flores-Villela, O. A. (1991). *Análisis de la distribución de la herpetofauna de México*. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias. UNAM, México.

Flores-Villela, O. A., & Martínez-Salazar, E. A. (2009). Historical explanation of the origin of the herpetofauna of Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(3), 817-833.

García, E. (1990). *Rangos de humedad*. Escala 1: 4000000. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

García, E., & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (1998). *Climas (clasificación de Köppen, modificado por García)*. Escala 1:1000000. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México: UNAM.

Gadelha Jr, L. M. R., de Siracusa, P. C., Dalcin, E. C., da Silva, L. A. E., Augusto, D. A., Krempser, E., Affe, H. M., Costa, R. L., Mondelli, M. L., Meirelles, P. M., Thompson, F., Chame, M., Ziviani, & de Siqueira, M. F. (2021). A survey of biodiversity informatics: Concepts, practices, and challenges. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 11(1), e1394. <https://doi.org/10.1002/widm.1394>

González-Sánchez, V. H., Johnson, J. D., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., DeSantis, D. L., & Wilson, L. D. (2017). The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican*

Herpetology, 4(2), 264-380. Recuperado de <http://www.mesoamericanherpetology.com/>

Graham, C. H., Ron, S. R., Santos, J. C., Schneider, C. J., & Moritz, C. (2004). Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution*, 58(8),1781-1793. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2004.tb00461.x>

Grattarola, F., Botto, G., da Rosa, I., Gobel, N., González, E. M., González, J., Hernández, D., Laufer, G., Maneyro, R., Martínez-Lanfranco, J. A., Naya, D. E., Rodales, A. L., Ziegler, L., & Pincheira-Donoso, D. (2019). Biodiversidata: An open-access biodiversity database for Uruguay. *Biodiversity Data Journal*, 7, e36226. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e36226>

Guralnick, R. P., Wieczorek, J., Beaman, R., Hijmans, R. J., & BioGeomancer Working Group, T. (2006). BioGeomancer: automated georeferencing to map the world's biodiversity data. *PLoS biology*, 4(11), e381. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040381>

Guiry, M. D., Guiry, G. M., Morrison, L., Rindi, F., Miranda, S. V., Mathieson, A. C., Parker, B. C., Langangen, A., John, D. M., Bárbara, I., Carter, C. F., Kuipers, P., & Garbary, D. J. (2014). AlgaeBase: an on-line resource for algae. *Cryptogamie, Algologie*, 35(2), 105-115. <https://doi.org/10.7872/crya.v35.iss2.2014.105>

Heberling, J. M., Miller, J. T., Noesgaard, D., Weingart, S. B., & Schigel, D. (2021). Data integration enables global biodiversity synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(6), e2018093118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2018093118>

Holetschek, J., Kelbert, P., Müller, A., Ciardelli, P., Güntsch, A. & Berendsohn W.G. (2009). International networking of large amounts of primary biodiversity data. En: S. Fischer, E. Maehle & R. Reischuk (Eds.) *Informatik 2009–Im Focus das Leben* (pp. 552-564). Recuperado de <https://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings154.html>

Hughes, A. C., Orr, M. C., Ma, K., Costello, M. J., Waller, J., Provoost, P., Yang, Q., Zhu, C., & Qiao, H. (2021). Sampling biases shape our view of the natural world. *Ecography*, 44(9), 1259-1269. <https://doi.org/10.1111/ecog.05926>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Red Nacional de Caminos*. Escala: 1:50000. [shapefile] Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/default.html>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Áreas geoestadísticas estatales*. Escala: 1:250000. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad & Instituto Nacional de Ecología. (2008). *Ecorregiones terrestres de México*. Escala 1:1000000. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Ivanova, N. V., & Shashkov, M. P. (2016). Biodiversity databases in Russia: towards a national portal. *Arctic Science*, 3(3), 560-576. <https://doi.org/10.1139/as-2016-0050>

Jiménez, R., y Koleff, P. (2016). La informática de la biodiversidad: una herramienta para la toma de decisiones. En CONABIO (Ed.), *Capital natural de México, vol- IV: Capacidades humanas e institucionales*, (pp. 143-195). México, CONABIO.

Johnson, J. D., Mata-Silva, V., García-Padilla, E., & Wilson, L. D. (2015). The herpetofauna of Chiapas, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology*, 2(3), 272-329. Recuperado de <http://www.mesoamericanherpetology.com/>

Kadmon, R., Farber, O., & Danin, A. (2004). Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. *Ecological Applications*, 14(2), 401-413. <https://doi.org/10.1890/02-5364>

Kattge, J., Diaz, S., Lavorel, S., Prentice, I. C., Leadley, P., Bönisch, G., ... & Wirth, C. (2011). TRY—a global database of plant traits. *Global Change Biology*, 17(9), 2905-2935. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02451.x>

Lavín, P. A., Lazcano, D., y Gadsden, H. (2014). Anfibios y reptiles exóticos y traslocados invasores. En R. Mendoza y P. Koleff (Eds.), *Especies acuáticas invasoras en México*, (pp. 435-441). México: CONABIO.

Lê, S., Josse J., Husson, F. (2008). FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>

Llorente-Bousquets, J., Michán, L., González, J., & Sosa, V. (2008). Desarrollo y situación del conocimiento de las especies. En CONABIO (Ed.), *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 193-214). México: CONABIO.

Llorente-Bousquets, J., & S. Ocegueda. (2008). Estado del conocimiento de la biota. En CONABIO (Ed.), *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 283-322). México: CONABIO.

Maderey-R, L. E. y Torres-Ruata, C. (1990), *Hidrografía. Escala 1: 4000000*. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Maples-Vermeersch M. (1992) *Regímenes de humedad del suelo. Escala 1:4000000*. [shapefile] Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Mata-Silva, V., Johnson, J. D., Wilson, L. D., & García-Padilla, E. (2015). The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican herpetology*, 2(1), 6-62. Recuperado de <http://www.mesoamericanherpetology.com/>

Mattison, C (2011). *Frogs and Toads of the World*. EE.UU.; Princeton University Press.

Mazerolle MJ (2020). *AICcmodavg: Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c)*. R package version 2.3-1. Recuperado de <https://cran.r-project.org/package=AICcmodavg>.

Mentges, A., Blowes, S. A., Hodapp, D., Hillebrand, H., & Chase, J. M. (2021). Effects of site-selection bias on estimates of biodiversity change. *Conservation Biology*, 35(2), 688-698. <https://doi.org/10.1111/cobi.13610>

Meyer, C-. Kreft, H., Guralnick, R., & Jetz, W. (2015). Global priorities for an effective information basis of biodiversity distributions. *Nat Commun*, 6, 8221. <https://doi.org/10.1038/ncomms9221>

Michener, W. K., & Jones, M. B. (2012). Ecoinformatics: supporting ecology as a data-intensive science. *Trends in ecology & evolution*, 27(2), 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.11.016>

Morrone, J. J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 90, e902980. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>

Nevárez-de los Reyes, M., Lazcano, D., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Johnson, J. D., & Wilson, L. D. (2016). The herpetofauna of Nuevo León, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology*, 3(3), 558-638. Recuperado de <http://www.mesoamericanherpetology.com/>

Ochoa-Ochoa, L. M. & Flores-Villela, O. A. (2006). *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. México, D.F: UNAM-CONABIO.

Ochoa-Ochoa, L. M., Vázquez, L. B., Urbina-Cardona, J. N., & Flores-Villela, O. A. (2009). Priorización de áreas para conservación de la herpetofauna utilizando diferentes métodos de selección. En P. Koleff y T. Urquiza-Haas (Eds.), *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: Retos en un país megadiverso*, (pp. 89-107). México: CONABIO-CONANP.

Ochoa-Ochoa, L. M., Rodríguez, P., Mora, F., Flores-Villela, O. A., & Whittaker, R. J. (2012). Climate change and amphibian diversity patterns in Mexico. *Biological Conservation*, 150(1), 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.010>

Ochoa-Ochoa, L. M., Campbell, J. A., & Flores-Villela, O. A. (2014). Patterns of richness and endemism of the Mexican herpetofauna, a matter of spatial scale?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 111(2), 305-316. <https://doi.org/10.1111/bij.12201>

Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., & Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 460-466. <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.32027>

Peterson, A. T. (2003). Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The quarterly review of biology*, 78(4), 419-433.

Peterson, A. T., Knapp, S., Guralnick, R., Soberón, J., & Holder, M. T. (2010). The big questions for biodiversity informatics. *Systematics and biodiversity*, 8(2), 159-168. <https://doi.org/10.1080/14772001003739369>

Peterson, A. T., Soberón, J., & Krishtalka, L. (2015). A global perspective on decadal challenges and priorities in biodiversity informatics. *BMC Ecol*, 15(15). <https://doi.org/10.1186/s12898-015-0046-8>

QGIS Development Team, 2020. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.org>

R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

RStudio Team (2021). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>

Sánchez-Cordero, V., & Martínez-Meyer, E. (2000). Museum specimen data predict crop damage by tropical rodents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(13), 7074-7077. <https://doi.org/10.1073/pnas.110489897>

Savage, J. M. (1966). The origins and history of the Central American herpetofauna. *Copeia*, 1966(4) 719-766. <https://doi.org/10.2307/1441404>

Savage, J. M. (1982). The enigma of the Central American herpetofauna: dispersals or vicariance?. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69(3), 464-547. <https://doi.org/10.2307/2399082>

Schmidt-Kloiber, A., De Wever, A., Bremerich, V., Strackbein, J., Hering, D., Jähnig, S., Kiesel, J., Martens, K., & Tockner, K. (2019). The Freshwater Information Platform: An online network supporting freshwater biodiversity research and data publishing. *Biodiversity Information Science and Standards*, 3, e37378. <https://doi.org/10.3897/biss.3.37378>

Schulman, L., Lahti, K., Piirainen, E., Heikkinen, M., Raitio, O., & Juslén, A. (2021). The Finnish Biodiversity Information Facility as a best-practice model for biodiversity data infrastructures. *Sci Data*, 8(137). <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00919-6>

Smith, H. M. (1949). Herpetogeny in Mexico and Guatemala. *Annals of the Association of American Geographers*, 39(3), 219-238. <https://doi.org/10.1080/00045604909352007>

Soberón, J., & Peterson, A. T. (2004). Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B. B.* London: Royal Society of London, 359(1444), 689-698. <https://doi.org/10.1098/rstb.2003.1439>

Soberón, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2. 1-10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>

Telenius, A. (2011). Biodiversity information goes public: GBIF at your service. *Nordic Journal of Botany*, 29(3), 378-381. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2011.01167.x>

Terán-Juárez, S. A., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Johnson, J. D., & Wilson, L. D. (2016). The herpetofauna of Tamaulipas, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology*, 3(1), 42-113. Recuperado de <http://www.mesoamericanherpetology.com/>

Torres-Hernández, L. A., Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R., HernándezSalinas, U., Berriozabal-Islas, C., DeSantis, D. L., Johnson, J. D., Rocha, A., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Fucsko, L. A., & Wilson, L. D. (2021). The herpetofauna of Veracruz, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation*, 15(2), 72-155.

Troudet, J., Grandcolas, P., Blin, A., Vignes-Lebbe, R., & Legendre, F. (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific reports*, 7(9132). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09084-6>

Urquiza-Haas, T., Cantú, C., Koleff, P., & Tobón, W. (2011). Caracterización de las ecorregiones terrestres: diversidad biológica, amenazas y conservación. En P. Koleff & T. Urquiza-Haas (Eds.) *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso* (pp. 21-57). México: CONABIO-CONANP.

Vattakaven, T., George, R. M., Balasubramanian, D., Réjou-Méchain, M., Muthusankar, G., Ramesh, B. R., & Prabhakar, R. (2016). India Biodiversity Portal: An integrated, interactive and participatory biodiversity informatics platform. *Biodiversity Data Journal*, 4, e10279. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e10279>

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic press.

Vonesh, J. R., Mitchell, J. C., Howell, K., & Crawford, A. J. (2010). Rapid assessments of amphibian diversity. En Dodd, C. K. (Ed.), *Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques*, (pp. 263-280). New York, EE. UU.: Oxford University Press.

Wells, K. D. (2010). *The ecology and behavior of amphibians*. EE. UU.: University of Chicago Press.

Woolrich-Piña, G. A., García-Padilla, E., DeSantis, D. L., Johnson, J. D., Mata-Silva, V., & Wilson, L. D. (2017). The herpetofauna of Puebla, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology*, 4(4), 794-884. Recuperado de <http://www.mesoamericanherpetology.com/>

Zeileis, A., Kleiber, C., & Jackman, S. (2008). Regression models for count data in R. *Journal of Statistical Software*, 27(8), 1-25. <https://doi.org/10.18637/jss.v027.i08>

Anexo

Selección de modelos por AICc														
10 minutos de resolución					5 minutos de resolución					2.5 minutos de resolución				
Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik
1 Cue_hid+Pro_fis	246	31872	0	1	Dis_car+Pro_fis	93	69759	0	1	Dis_car+Pro_fis	93	130909	0	1
2 Pro_fis+Sub_hid	167	31887	14	0	Cue_hid+Dis_car	161	69775	17	0	Cue_hid+Dis_car	161	131213	305	0
3 Den_car+Pro_fis	91	31914	41	0	Cue_hid+Pro_fis	248	69981	222	0	Den_car+Pro_fis	93	131492	583	0
4 Dis_car+Pro_fis	91	31952	80	0	Cue_hid+Den_car	161	70020	261	0	Cue_hid+Den_car	161	131577	668	0
5 Cue_hid+Den_car	161	32020	148	0	Pro_fis+Sub_hid	167	70148	389	0	Dis_car+Sub_hid	82	131961	1052	0
6 Pro_fis+Reg_hid	126	32047	174	0	Den_car+Pro_fis	93	70151	392	0	Cue_hid+Pro_fis	248	132062	1153	0
7 Den_car+Sub_hid	82	32106	234	0	Dis_car+Sub_hid	82	70192	433	0	Den_car+Sub_hid	82	132271	1362	0
8 Cue_hid+Dis_car	161	32110	237	0	Den_car+Sub_hid	82	70432	673	0	Pro_fis+Sub_hid	167	132434	1526	0
9 Cue_hid+Pro_bio	190	32116	244	0	Cue_hid+Pro_bio	191	70440	681	0	Cue_hid+Pro_bio	191	133003	2094	0
10 Pro_fis+Tip_cli	145	32141	269	0	Pro_fis+Reg_hid	126	70531	772	0	Pro_fis+Reg_hid	126	133173	2264	0
11 Cue_hid+Ran_hum	168	32162	290	0	Cue_hid+Ran_hum	168	70636	877	0	Dis_car+Pro_bio	36	133298	2389	0
12 Dis_car+Sub_hid	82	32182	309	0	Cue_hid+Reg_hum	168	70666	907	0	Cue_hid+Ran_hum	168	133407	2498	0
13 Cue_hid+Reg_hum	168	32216	343	0	Cue_hid+Tip_cli	218	70742	984	0	Pro_fis+Tip_cli	151	133500	2591	0
14 Pro_bio+Sub_hid	111	32220	347	0	Cue_hid+Sub_hid	237	70755	997	0	Cue_hid+Reg_hum	168	133518	2609	0
15 Pro_bio+Pro_fis	120	32248	375	0	Pro_fis+Tip_cli	150	70826	1067	0	Den_car+Pro_bio	36	133526	2618	0
16 Eco_reg+Pro_fis	96	32270	398	0	Pro_bio+Sub_hid	112	70835	1076	0	Cue_hid+Sub_hid	237	133535	2626	0
17 Cue_hid+Sub_hid	237	32302	430	0	Cue_hid+Reg_hid	196	70939	1180	0	Cue_hid+Tip_cli	219	133554	2645	0
18 Div_est+Pro_fis	121	32308	435	0	Cue_hid+Div_est	191	70981	1222	0	Cue_hid+Dis_hid	161	133586	2677	0
19 Ran_hum+Sub_hid	89	32314	442	0	Dis_car+Pro_bio	36	70991	1232	0	Pro_bio+Sub_hid	112	133696	2787	0
20 Pro_fis+Ran_hum	98	32325	452	0	Cue_hid+Dis_cam	161	71063	1304	0	Dis_car+Reg_hid	41	133757	2848	0
21 Pro_fis+Reg_hid	98	32335	463	0	Pro_bio+Pro_fis	122	71068	1309	0	Den_car+Reg_hid	41	133937	3028	0
22 Reg_hum+Sub_hid	89	32352	480	0	Cue_hid+Eco_reg	166	71088	1329	0	Cue_hid+Reg_hid	196	133945	3037	0
23 Cue_hid+Tip_cli	215	32369	496	0	Div_est+Pro_fis	123	71113	1354	0	Cue_hid+Div_est	191	134067	3158	0
24 Den_car+Pro_bio	35	32370	498	0	Reg_hum+Sub_hid	89	71128	1369	0	Pro_bio+Pro_fis	122	134132	3223	0
25 Dis_hid+Pro_fis	91	32376	504	0	Ran_hum+Sub_hid	89	71129	1370	0	Cue_hid+Dis_cam	161	134141	3232	0

Anexo. Selección de modelos en función del valor de AICc. K = número estimado de parámetros por modelo; AICc = valor de AIC corregido; Delta AICc = diferencia respecto al valor de AICc del mejor modelo; ModelLik = verosimilitud relativa del modelo dados los datos. Cue_hid (cuencas hídricas), Den_car (densidad de carreteras), Dis_car (distancia a carreteras), Dis_hid (distancia a red hídrica) Div_est (división estatal), Eco_reg (ecorregiones), Pro_bio (provincias bióticas), Pro_fis (provincias fisiográficas), Ran_hum (rangos de humedad), Reg_hid (regiones hidrológicas), Sub_hid (subregiones hidrológicas, Tip_cli (tipo de clima).

Anexo (cont.)

Selección de modelos por AICc														
10 minutos de resolución					5 minutos de resolución					2.5 minutos de resolución				
Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik
26 Pro_fis	90	32379	507	0	Dis_car+Reg_hid	41	71144	1385	0	Div_est+Pro_fis	123	134176	3267	0
27 Dis_cam+Pro_fis	91	32380	508	0	Eco_reg+Pro_fis	98	71151	1392	0	Dis_cam+Pro_fis	93	134213	3304	0
28 Cue_hid+Reg_hid	196	32390	518	0	Den_car+Pro_bio	36	71155	1397	0	Sub_hid+Tip_cli	140	134224	3316	0
29 Cue_hid+Div_est	191	32417	545	0	Cue_hid+Dis_hid	161	71181	1422	0	Ran_hum+Sub_hid	89	134302	3394	0
30 Cue_hid+Eco_reg	166	32426	554	0	Sub_hid+Tip_cli	139	71183	1424	0	Eco_reg+Pro_fis	98	134341	3433	0
31 Sub_hid+Tip_cli	136	32453	581	0	Cue_hid	160	71215	1456	0	Reg_hum+Sub_hid	89	134351	3442	0
32 Div_est+Sub_hid	112	32460	587	0	Dis_cam+Pro_fis	93	71242	1483	0	Cue_hid+Eco_reg	166	134392	3484	0
33 Den_car+Reg_hid	41	32488	615	0	Div_est+Sub_hid	112	71316	1557	0	Cue_hid	160	134585	3676	0
34 Cue_hid	160	32499	627	0	Pro_fis+Ran_hum	99	71316	1557	0	Pro_fis+Ran_hum	99	134609	3700	0
35 Cue_hid+Dis_cam	161	32501	629	0	Den_car+Reg_hid	41	71349	1590	0	Div_est+Sub_hid	112	134664	3755	0
36 Cue_hid+Dis_hid	161	32501	629	0	Pro_fis+Reg_hum	99	71349	1590	0	Dis_hid+Pro_fis	93	134668	3760	0
37 Pro_bio+Reg_hid	70	32520	647	0	Dis_hid+Pro_fis	93	71383	1624	0	Pro_fis+Reg_hum	99	134679	3770	0
38 Eco_reg+Sub_hid	87	32530	658	0	Pro_fis	92	71430	1671	0	Pro_fis	92	134805	3896	0
39 Dis_car+Pro_bio	35	32570	698	0	Pro_bio+Reg_hid	71	71486	1727	0	Dis_car+Tip_cli	64	134901	3993	0
40 Sub_hid	81	32594	722	0	Dis_cam+Sub_hid	82	71584	1825	0	Pro_bio+Reg_hid	71	134931	4023	0
41 Dis_hid+Sub_hid	82	32596	723	0	Eco_reg+Sub_hid	87	71590	1831	0	Dis_cam+Sub_hid	82	135033	4124	0
42 Dis_cam+Sub_hid	82	32596	724	0	Dis_hid+Sub_hid	82	71669	1910	0	Den_car+Tip_cli	64	135179	4271	0
43 Dis_car+Reg_hid	41	32620	747	0	Sub_hid	81	71701	1943	0	Eco_reg+Sub_hid	87	135223	4315	0
44 Reg_hid+Sub_hid	117	32669	796	0	Dis_car+Tip_cli	63	71736	1977	0	Dis_hid+Sub_hid	82	135368	4459	0
45 Div_est+Pro_bio	65	32703	831	0	Reg_hid+Sub_hid	117	71774	2015	0	Sub_hid	81	135439	4531	0
46 Pro_bio+Tip_cli	89	32732	859	0	Den_car+Tip_cli	63	71911	2152	0	Dis_car+Div_est	36	135506	4597	0
47 Div_est+Reg_hid	71	32763	890	0	Div_est+Pro_bio	66	71930	2171	0	Reg_hid+Sub_hid	117	135510	4601	0
48 Ran_hum+Reg_hid	48	32788	915	0	Div_est+Reg_hid	71	71940	2181	0	Pro_bio+Tip_cli	94	135689	4780	0
49 Reg_hid+Tip_cli	95	32818	946	0	Pro_bio+Tip_cli	93	71980	2221	0	Den_car+Div_est	36	135725	4816	0
50 Reg_hum+Reg_hid	48	32859	987	0	Reg_hid+Tip_cli	98	72013	2254	0	Div_est+Pro_bio	66	135785	4876	0

Anexo. Selección de modelos en función del valor de AICc. K = número estimado de parámetros por modelo; AICc = valor de AIC corregido; Delta AICc = diferencia respecto al valor de AICc del mejor modelo; ModelLik = verosimilitud relativa del modelo dados los datos. Cue_hid (cuencas hídricas), Den_car (densidad de carreteras), Dis_car (distancia a carreteras), Dis_hid (distancia a red hídrica) Div_est (división estatal), Eco_reg (ecorregiones), Pro_bio (provincias bióticas), Pro_fis (provincias fisiográficas), Ran_hum (rangos de humedad), Reg_hid (regiones hidrológicas), Sub_hid (subregiones hidrológicas, Tip_cli (tipo de clima).

Anexo (cont.)

Selección de modelos por AICc															
10 minutos de resolución					5 minutos de resolución					2.5 minutos de resolución					
Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	
51	Eco_reg+Pro_bio	40	32883	1011	0	Dis_car+Div_est	36	72125	2366	0	Reg_hid+Tip_cli	99	135792	4883	0
52	Div_est+Tip_cli	90	32887	1015	0	Ran_hum+Reg_hid	48	72139	2380	0	Div_est+Reg_hid	71	135809	4900	0
53	Pro_bio+Ran_hum	42	32898	1026	0	Reg_hum+Reg_hid	48	72187	2428	0	Ran_hum+Reg_hid	48	136224	5315	0
54	Den_car+Tip_cli	60	32916	1043	0	Div_est+Tip_cli	93	72247	2488	0	Reg_hum+Reg_hid	48	136352	5443	0
55	Div_est+Ran_hum	43	32967	1094	0	Eco_reg+Pro_bio	41	72416	2657	0	Div_est+Tip_cli	94	136378	5469	0
56	Eco_reg+Reg_hid	46	32987	1114	0	Pro_bio+Ran_hum	43	72444	2685	0	Dis_car+Ran_hum	13	136396	5487	0
57	Pro_bio+Reg_hum	42	32998	1125	0	Den_car+Div_est	36	72468	2710	0	Dis_car+Eco_reg	11	136555	5646	0
58	Dis_car+Tip_cli	60	33002	1129	0	Dis_cam+Pro_bio	36	72496	2737	0	Dis_cam+Pro_bio	36	136593	5684	0
59	Den_car+Eco_reg	11	33022	1149	0	Eco_reg+Reg_hid	46	72545	2786	0	Den_car+Ran_hum	13	136635	5726	0
60	Div_est+Reg_hum	43	33028	1156	0	Dis_car+Eco_reg	11	72561	2802	0	Pro_bio+Ran_hum	43	136765	5857	0
61	Den_car+Div_est	36	33038	1166	0	Pro_bio+Reg_hum	43	72572	2814	0	Eco_reg+Pro_bio	41	136776	5867	0
62	Dis_cam+Pro_bio	35	33068	1196	0	Dis_car+Ran_hum	13	72600	2841	0	Den_car+Eco_reg	11	136793	5884	0
63	Dis_hid+Pro_bio	35	33071	1199	0	Dis_cam+Reg_hid	41	72626	2867	0	Dis_car+Reg_hum	13	136905	5996	0
64	Pro_bio	34	33076	1203	0	Div_est+Reg_hum	43	72651	2892	0	Dis_cam+Reg_hid	41	136956	6047	0
65	Div_est+Eco_reg	41	33080	1208	0	Div_est+Ran_hum	43	72654	2895	0	Pro_bio+Reg_hum	43	136989	6081	0
66	Dis_car+Div_est	36	33088	1215	0	Ran_hum+Tip_cli	70	72701	2942	0	Eco_reg+Reg_hid	46	137000	6092	0
67	Reg_hid	40	33106	1234	0	Dis_hid+Pro_bio	36	72719	2960	0	Div_est+Ran_hum	43	137148	6240	0
68	Dis_hid+Reg_hid	41	33108	1235	0	Den_car+Eco_reg	11	72721	2962	0	Den_car+Reg_hum	13	137158	6249	0
69	Dis_cam+Reg_hid	41	33108	1235	0	Reg_hum+Tip_cli	70	72735	2976	0	Div_est+Reg_hum	43	137195	6287	0
70	Den_car+Ran_hum	13	33121	1249	0	Dis_hid+Reg_hid	41	72738	2979	0	Dis_hid+Pro_bio	36	137213	6305	0
71	Ran_hum+Tip_cli	67	33127	1254	0	Reg_hid	40	72755	2996	0	Pro_bio	35	137338	6429	0
72	Reg_hum+Tip_cli	67	33151	1278	0	Pro_bio	35	72766	3007	0	Dis_hid+Reg_hid	41	137366	6458	0
73	Dis_car+Eco_reg	11	33181	1308	0	Div_est+Eco_reg	41	72820	3061	0	Reg_hid	40	137403	6495	0
74	Eco_reg+Tip_cli	65	33229	1356	0	Dis_car+Reg_hum	13	72866	3107	0	Ran_hum+Tip_cli	71	137457	6548	0
75	Dis_car+Ran_hum	13	33231	1358	0	Den_car+Ran_hum	13	72902	3143	0	Div_est+Eco_reg	41	137517	6608	0

Anexo. Selección de modelos en función del valor de AICc. K = número estimado de parámetros por modelo; AICc = valor de AIC corregido; Delta AICc = diferencia respecto al valor de AICc del mejor modelo; ModelLik = verosimilitud relativa del modelo dados los datos. Cue_hid (cuencas hídricas), Den_car (densidad de carreteras), Dis_car (distancia a carreteras), Dis_hid (distancia a red hídrica) Div_est (división estatal), Eco_reg (ecorregiones), Pro_bio (provincias bióticas), Pro_fis (provincias fisiográficas), Ran_hum (rangos de humedad), Reg_hid (regiones hidrológicas), Sub_hid (subregiones hidrológicas, Tip_cli (tipo de clima).

Anexo (cont.)

Selección de modelos por AICc															
10 minutos de resolución					5 minutos de resolución					2.5 minutos de resolución					
Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	
76	Eco_reg+Ran_hum	18	33276	1403	0	Eco_reg+Tip_cli	68	72929	3170	0	Reg_hum+Tip_cli	71	137548	6639	0
77	Den_car+Reg_hum	13	33320	1447	0	Dis_cam+Tip_cli	63	73168	3410	0	Eco_reg+Tip_cli	69	137774	6865	0
78	Eco_reg+Reg_hum	18	33346	1474	0	Den_car+Reg_hum	13	73174	3415	0	Dis_cam+Tip_cli	64	138048	7139	0
79	Dis_car+Reg_hum	13	33420	1548	0	Eco_reg+Ran_hum	18	73315	3556	0	Dis_cam+Div_est	36	138410	7501	0
80	Dis_hid+Tip_cli	60	33421	1548	0	Dis_hid+Tip_cli	63	73334	3575	0	Eco_reg+Ran_hum	18	138502	7593	0
81	Tip_cli	59	33422	1549	0	Tip_cli	62	73363	3605	0	Dis_hid+Tip_cli	64	138659	7750	0
82	Dis_cam+Tip_cli	60	33422	1550	0	Eco_reg+Reg_hum	18	73455	3696	0	Dis_car+Den_car	6	138709	7801	0
83	Dis_hid+Div_est	36	33501	1629	0	Dis_cam+Div_est	36	73491	3732	0	Tip_cli	63	138717	7809	0
84	Div_est	35	33504	1632	0	Dis_hid+Div_est	36	73644	3885	0	Eco_reg+Reg_hum	18	138790	7881	0
85	Dis_cam+Div_est	36	33506	1634	0	Div_est	35	73681	3922	0	Dis_hid+Div_est	36	139007	8098	0
86	Ran_hum+Reg_hum	20	33681	1809	0	Dis_cam+Ran_hum	13	74104	4345	0	Div_est	35	139100	8192	0
87	Ran_hum	12	33691	1818	0	Dis_car+Den_car	6	74135	4376	0	Dis_cam+Ran_hum	13	139581	8672	0
88	Dis_cam+Ran_hum	13	33691	1819	0	Dis_cam+Eco_reg	11	74138	4380	0	Dis_cam+Dis_car	6	139754	8845	0
89	Dis_hid+Eco_reg	11	33737	1865	0	Ran_hum+Reg_hum	20	74219	4460	0	Dis_car+Dis_hid	6	139799	8890	0
90	Dis_cam+Eco_reg	11	33742	1870	0	Dis_hid+Ran_hum	13	74269	4510	0	Dis_car	5	139881	8973	0
91	Eco_reg	10	33747	1875	0	Dis_hid+Eco_reg	11	74295	4536	0	Dis_cam+Eco_reg	11	139925	9017	0
92	Dis_hid+Ran_hum	13	33779	1906	0	Ran_hum	12	74297	4538	0	Den_car+Dis_hid	6	139940	9031	0
93	Dis_car+Den_car	6	33837	1964	0	Eco_reg	10	74351	4592	0	Dis_cam+Den_car	6	139986	9077	0
94	Reg_hum	12	33879	2006	0	Dis_cam+Reg_hum	13	74369	4610	0	Den_car	5	139990	9081	0
95	Dis_cam+Reg_hum	13	33880	2008	0	Dis_car+Dis_hid	6	74429	4670	0	Dis_cam+Reg_hum	13	140095	9186	0
96	Dis_cam+Den_car	6	33961	2089	0	Dis_cam+Dis_car	6	74494	4735	0	Ran_hum+Reg_hum	20	140174	9266	0
97	Den_car+Dis_hid	6	33964	2092	0	Dis_car	5	74498	4739	0	Dis_hid+Ran_hum	13	140258	9349	0
98	Den_car	5	33975	2103	0	Dis_hid+Reg_hum	13	74569	4810	0	Ran_hum	12	140318	9410	0
99	Dis_hid+Reg_hum	13	33976	2104	0	Reg_hum	12	74571	4812	0	Dis_hid+Eco_reg	11	140397	9488	0
100	Dis_car	5	34140	2267	0	Den_car+Dis_hid	6	74678	4919	0	Eco_reg	10	140519	9610	0

Anexo. Selección de modelos en función del valor de AICc. K = número estimado de parámetros por modelo; AICc = valor de AIC corregido; Delta AICc = diferencia respecto al valor de AICc del mejor modelo; ModelLik = verosimilitud relativa del modelo dados los datos. Cue_hid (cuencas hídricas), Den_car (densidad de carreteras), Dis_car (distancia a carreteras), Dis_hid (distancia a red hídrica) Div_est (división estatal), Eco_reg (ecorregiones), Pro_bio (provincias bióticas), Pro_fis (provincias fisiográficas), Ran_hum (rangos de humedad), Reg_hid (regiones hidrológicas), Sub_hid (subregiones hidrológicas, Tip_cli (tipo de clima).

Anexo (cont.)

Selección de modelos por AICc															
10 minutos de resolución					5 minutos de resolución					2.5 minutos de resolución					
	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	Modelo	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik
100	Dis_car	5	34140	2267	0	Den_car+Dis_hid	6	74678	4919	0	Eco_reg	10	140519	9610	0
101	Dis_car+Dis_hid	6	34175	2303	0	Dis_cam+Den_car	6	74731	4972	0	Dis_hid+Reg_hum	13	140791	9882	0
102	Dis_cam+Dis_car	6	34175	2303	0	Den_car	5	74750	4991	0	Reg_hum	12	140798	9889	0
103	Dis_cam+Dis_hid	6	34847	2974	0	Dis_cam+Dis_hid	6	76265	6506	0	Dis_cam+Dis_hid	6	143701	12793	0
104	Dis_cam	5	34870	2997	0	Dis_cam	5	76346	6587	0	Dis_cam	5	143871	12963	0
105	Dis_hid	5	34883	3010	0	Dis_hid	5	76504	6745	0	Dis_hid	5	144465	13556	0
106	H0	4	34917	3045	0	H0	4	76608	6849	0	H0	4	144678	13769	0

Anexo. Selección de modelos en función del valor de AICc. K = número estimado de parámetros por modelo; AICc = valor de AIC corregido; Delta AICc = diferencia respecto al valor de AICc del mejor modelo; ModelLik = verosimilitud relativa del modelo dados los datos. Cue_hid (cuencas hídricas), Den_car (densidad de carreteras), Dis_car (distancia a carreteras), Dis_hid (distancia a red hídrica) Div_est (división estatal), Eco_reg (ecorregiones), Pro_bio (provincias bióticas), Pro_fis (provincias fisiográficas), Ran_hum (rangos de humedad), Reg_hid (regiones hidrológicas), Sub_hid (subregiones hidrológicas, Tip_cli (tipo de clima).