



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

**“CAMBIOS EN LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN PARA LAS ESPECIES
ENDÉMICAS DEL ORDEN ANURA DE MÉXICO CON RELACIÓN AL CAMBIO
CLIMÁTICO”**

TESIS

QUE PRESENTA

OSCAR RAUL TAPIA PEREZ

MATRÍCULA 2153804143

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN BIOLOGÍA

DIRECTORA: CLAUDIA BALLESTEROS BARRERA

JURADOS:

DRA. MARÍA DEL ROCÍO ZARATE HERNÁNDEZ

DR. FRANCISCO JOSÉ GUTIÉRREZ MENDIETA

M. EN C. GABRIELA SELENE ORTIZ BURGOS

M. EN C. GERARDO LÓPEZ ORTEGA

Iztapalapa, Ciudad de México, julio 2020.

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

OSCAR RAÚL TAPIA PÉREZ

El día 14 de Julio del año 2020.

Comité Tutorial y Jurado

Tutora: Dra. Claudia Ballesteros Barrera



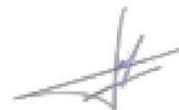
Asesora: Dra. Ma. Del Rocío Zarate Hernández



Asesor: M. en B. Matías Martínez Coronel



Sinodal: Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta



Sinodal M. en C. Selene Ortiz Burgos



Sinodal: M. en C. Gerardo López Ortega



La Maestría en Biología de la
Universidad Autónoma Metropolitana
pertenece al Padrón de
Postgrados de Calidad del CONACyT

AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Autónoma Metropolitana*: por permitirme aprender y formarme como biólogo y poder tener este nuevo grado.

A mi familia: por estar siempre para apoyarme, especialmente a mi *mamá Isabel Pérez* por estar siempre a mi lado, ayudándome, aguantándome; incluso me ayudaste a georreferenciar. A mi hermana *Maggy Tapia* por dar lata y sacar sonrisas de la nada. A mi *Krystal y Chimus* que siempre me acompañan.

A mi directora de tesis: *Claudia Ballesteros*, por guiarme durante tanto tiempo y siempre tener tiempo para mí.

A mis asesores: *Rocío Zárate*, por ayudarme en todo lo que podías aún si no sabíamos lo que saldría de los análisis de miles de datos; también a *Matías Martínez* por estar siempre al pie del cañón para cualquier cosa que necesitara, aun cuando me mordían los murciélagos y se me escapaban las lagartijas.

A mis profesores: Por contribuir con su conocimiento en mi formación.

A mis compañeros del laboratorio C4, *Zuriel Lara, Sandra Miguel, Santiago Ramírez, Lizzi Martínez*, porque entre todos somos un gran equipo y nos hemos apoyado en lo académico y en lo personal.

A mis compañeros de generación, especialmente a *Nidia Sánchez y Elva Domínguez* por enseñarnos, hacer tareas juntos, la convivencia diaria y ser grandes amigos; a *Yasser López* por ayudarme y enseñarme cosas de SIG y por ser mi guía en Xalapa porque siempre me perdía y a *Josefina Salazar* por ser mi amiga aún con las distancia y que me regaña cuando redacto mal.

A la *Maestría en biología de la UAM-I*, al coordinador y a el comité que me evaluaba y leía mi tesis mal redactada y a *CONACYT* por apoyarme por dos años para concluir este logro.

RESUMEN

El cambio climático puede generar efectos negativos sobre la distribución geográfica de los anfibios, los cuales son un grupo muy susceptible a variaciones de temperatura y humedad además de ser estenoicas y con poca vagilidad. México ocupa el quinto lugar de riqueza de anfibios, siendo más de la mitad de las especies endémicas del país. Dentro de ellos, el orden Anura es de los más diversos. Por esa razón, el objetivo del presente trabajo es el comparar los cambios en la distribución potencial que presentarán los anuros endémicos de México debido al calentamiento global para los años 2050 y 2070, bajo dos escenarios climáticos tanto en los dominios climáticos de México, así como en cuatro patrones de distribución: el montano, mesófilo, selva seca y selva tropical. Para ello se realizó una revisión bibliográfica de especies de anuros endémicos de México. Se obtuvieron las localidades de presencia de portales electrónicos y de la literatura. Se elaboraron modelos de nicho ecológico por medio del software MaxEnt v.3.3.3, utilizando 19 coberturas climáticas del laboratorio GFDL-CM3 a 1km² para el presente y proyectándose al año 2050 y 2070, bajo los escenarios de cambio climático R.C.P. 4.5 y 8.5. Se determinaron las áreas de ganancia, pérdida y permanencia de la distribución potencial para cada especie. Los resultados mostraron que los dominios que presentan mayor riqueza de especies endémicas del país son el área equivalente al Eje Neo Volcánico y la Planicie Costera del Pacífico, los cuales serán muy afectados por el calentamiento global. Asimismo, los patrones con mayor impacto serán el mesófilo con mayor pérdida de especies seguido del montano, mientras que el patrón Selva Seca aun cuando presenta pérdida de anuros endémicos, es en el que habrá mayor ganancia de distribución potencial en comparación con otros patrones. Por lo que se concluye que el cambio climático tendrá un efecto negativo para los anuros; la mayoría presentará una disminución en su distribución potencial para finales del siglo XXI, en general la ganancia de distribución potencial es mínima y debido a la poca capacidad de desplazamiento de este grupo podría no ser capaz de generar un proceso de colonización que permita la sobrevivencia de las especies evaluadas.

ABSTRACT

Climate change can generate negative effects on the geographic distribution of amphibians, which are a group that is very susceptible to changes in temperature and humidity, as well as being stenotic and with poor vagility. Mexico occupies the fifth place of amphibian richness, with more than half of the species endemic to the country. Within them the Anura order is one of the most diverse. Therefore, the objective of the present work is to compare the changes in the potential distribution that the endemic anurans of Mexico will present due to global warming for the years 2050 and 2070 and under two climatic scenarios both in the climatic domains of Mexico, as well as in four distribution patterns: montane, mesophyll, dry forest and tropical forest. For this, a bibliographic review of endemic anura species of Mexico was carried out. The localities of presence of electronic portals and literature were obtained. Ecological niche models were developed by means of the MaxEnt software v.3.3.3 using 19 climate covers of the GFDL-CM3 laboratory at 1km² for the present and projected to the year 2050 and 2070, under the R.C.P. 4.5 and 8.5 scenarios. The areas of gain, loss and permanence of the potential distribution for each species were determined. The results showed that the domains with the greatest richness of endemic species in the country are the area equivalent to the Eje Neo Volcánico Transversal and the Planicie Costera del Pacífico, which will be greatly affected by global warming. Likewise, the most affected patterns will be the mesophyll with the greatest loss of species followed by montane, while the Dry Forest pattern, although it will have a loss of species, will have the greatest number of species that remain and even gain potential range. Therefore, it is concluded that the current climate change will have a negative effect on anura, most will present a decrease in their potential distribution by the end of the 21st century, potential distribution gain is minimal and due to the low displacement capacity of this group it might not be considerable for a colonization process that allows the survival of the species studied.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE.....	VI
INTRODUCCIÓN	- 1 -
Diversidad y conservación de anfibios.....	- 1 -
Cambio climático.....	- 4 -
Dominios climáticos	- 6 -
Cambio climático y biodiversidad.....	- 8 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 10 -
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	- 15 -
HIPÓTESIS	- 15 -
OBJETIVOS	- 15 -
1). Listado de anuros endémicos:.....	- 15 -
2). Modelos de nicho ecológico:.....	- 16 -
3). Regionalización climática:	- 16 -
CAPÍTULO 1: EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ANFIBIOS.....	- 17 -
INTRODUCCIÓN.....	- 17 -
Biología y diversidad de anfibios.....	- 18 -
Cambio climático y su efecto en los anfibios	- 19 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 27 -
CAPÍTULO 2: LISTA ACTUALIZADA DE ESPECIES DE ANUROS ENDÉMICOS DE MÉXICO Y SU ESTADO DE RIESGO	- 34 -
INTRODUCCIÓN.....	- 35 -
METODOLOGÍA.....	- 37 -
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 37 -
Cambios Nomenclaturales:	- 38 -
Categorías de riesgo.....	- 54 -
CONCLUSIONES	- 64 -
BIBLIOGRAFIA.....	- 64 -

CAPÍTULO 3 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ANUROS ENDÉMICOS DE MÉXICO	- 71 -
INTRODUCCIÓN	- 71 -
METODOLOGÍA.....	- 78 -
Modelado de nicho ecológico	- 78 -
Dominios Climáticos	- 87 -
Patrones de distribución	- 89 -
RESULTADOS	- 90 -
Modelado de nicho ecológico	- 90 -
Dominios Climáticos	- 100 -
Patrones de distribución	- 108 -
Efecto del cambio climático sobre el Patrón Montano.....	- 109 -
Características y Especies.....	- 109 -
Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050.....	- 111 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050.....	- 114 -
Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070.....	- 117 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070.....	- 120 -
Efecto del cambio climático sobre el Patrón Mesófilo	- 123 -
Características y especies.....	- 123 -
Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050.....	- 125 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050.....	- 128 -
Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070.....	- 130 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070.....	- 134 -
Efecto del cambio climático sobre el Patrón Selvas Secas.....	- 137 -
Características y especies.....	- 137 -
Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050.....	- 139 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050.....	- 142 -
Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070.....	- 145 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070.....	- 148 -
Efecto del cambio climático sobre el Patrón Selvas Tropical.....	- 151 -
Características y especies.....	- 151 -
Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050.....	- 152 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050.....	- 155 -

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070.....	- 157 -
Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070.....	- 160 -
DISCUSIÓN y CONCLUSIONES.....	- 163 -
Riqueza de especies en los dominios	- 163 -
Especies por dominios.....	- 164 -
Patrones y cambio climático	- 165 -
BIBLIOGRAFIA.....	- 170 -

INTRODUCCIÓN

Diversidad y conservación de anfibios.

Los anfibios modernos son un grupo de vertebrados que se distinguen como grupo monofilético por presentar piel lisa y muy vascularizada sin protección de escamas que facilita el intercambio de gases, que incluye glándulas mucosas y lechosas que humectan la piel, secretan toxinas que funcionan como mecanismo de defensa y huevos sin membranas extraembrionarias, los cuales dependen de ambientes húmedos para evitar la desecación (Vitt y Caldwell, 2009). Pueden vivir en todos los ambientes con excepción de la Antártida y algunas pocas islas, habitan desde los medios dulceacuícolas hasta los completamente terrestres. (Pough, 2007)

Los anfibios se dividen en tres órdenes Anura, conocidos comúnmente como ranas y sapos; Caudata en él se incluyen los organismos llamados salamandras, ajolotes, tlaconetes, entre otros nombres comunes y Gymnophiona, conocidos comúnmente como cecilias (Frost, 2015), siendo Anura el más numeroso. Los anuros presentan tallas pequeñas, con un máximo de 30 cm de longitud total. Normalmente tienen las extremidades posteriores más largas que las anteriores y su forma de locomoción es por medio de saltos, el tronco es corto y carecen de cola (Heyer *et al.*, 2001; Halliday y Adler, 2007; Vitt y Caldwell, 2009). De los huevos nacen larvas llamadas renacuajos, los cuales son completamente acuáticos, viven y se alimentan en el mismo cuerpo de agua en el que nacieron hasta que se lleva a cabo la metamorfosis. Aunque existen especies que

presentan un desarrollo directo, es decir que de los huevos nacen pequeños individuos anatómicamente idénticos a un adulto, pero de menor tamaño (Pough, 2007; Blair Hedges *et al.*, 2008; Oliver-López *et al.*, 2009).

En cuanto a la riqueza de específica existen descritas 7,455 especies de anfibios, el Orden Anura encabeza la lista con 6,554 especies, el segundo orden en número de especies es Caudata con 695 y el orden Gymnophiona con 206 especies es el menos diverso (Frost, 2015). México es un país megadiverso, resultado de una gran heterogeneidad del medio físico, que a su vez es producto de una historia geológica y climática muy compleja (Espinosa *et al.*, 2008). En términos de la riqueza de anfibios, ocupa el quinto lugar a nivel mundial, con 376 especies (Parra-Olea *et al.*, 2014), de las cuales se piensa que entre el 60 o 70% son endémicas al país (Llorente-Bousquets *et al.*, 2008). El orden Anura registra en el país un total de 237 especies, de las cuales 139 son endémicas (Parra-Olea *et al.*, 2014), estas especies representan a 5 de las 11 familias con distribución en el país y muchas de ellas presentan una distribución restringida (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2012). Sin embargo, aunque se han publicado trabajos que indican el número de especies de anuros endémicos al país, no existe algún listado actualizado, siendo el presentado por Flores-Villela (1993) el listado herpetofaunístico publicado para el país más completo, el cual en 2004 presentó una actualización en donde se incluían solamente las nuevas especies descritas, así como una actualización en la taxonomía del grupo (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004). Esto podría dificultar el estudio de los anfibios mexicanos y por ese motivo afectar las medidas de protección que se puedan llegar a tomar. Empero, se ha detectado una

reducción en las poblaciones de anfibios así como en el área de distribución que estas ocupan (Carey *et al.*, 2003)

La World Wildlife Fundation (WWF) considera que más de la mitad de los anfibios son especies sensibles al cambio climático; esto debido a la dependencia a un hábitat especializado, ser especies estenoicas, es decir, presentan una reducida tolerancia a los factores ambientales, los cuales son susceptibles a ser sobrepasados en alguna de sus etapas de su ciclo vital, dependencia de un detonante o señal ambiental específica que es susceptible de sufrir una perturbación y una limitada capacidad de dispersión o de colonización de zonas nuevas o más favorables (WWF, 2010). Por esto, se ha detectado una reducción en las poblaciones de anfibios, así como en su área de distribución (Carey *et al.*, 2003). En México, cerca de la mitad de los anfibios se encuentran en algún tipo de riesgo (SEMARNAT 2010), debido a dos tipos de factores: los que los afectan a escala local por la acción directa del hombre, tales como la destrucción de lugares de reproducción de anfibios y sus hábitats terrestres, la extracción de las especies para su venta, la introducción de especies exóticas y la contaminación de su hábitat; y los factores abióticos, que producen cambios ambientales a escala planetaria como el calentamiento global, el incremento de radiación ultravioleta, la desertización o la lluvia ácida alteran los ciclos de vida de los anfibios impidiendo su reproducción, destruyendo sus puestas y contaminando su medio (Pounds, 2001).

El evaluar estos efectos sobre la distribución de las especies de anfibios es de suma importancia ya que estos organismos tienen un papel ecológico trascendente, ya sea por su rol de depredador de organismos, vectores de enfermedades o como presas; también por su uso al monitorear el medio ya que al ser extremadamente sensibles a contaminantes funcionan como indicadores de perturbaciones en el ambiente (Pough, 2007). Fuera del país ya existen diversos trabajos que documentan o evalúan el efecto del cambio climático sobre los anfibios y ha encontrado una disminución en las poblaciones, así como una reducción importante de su área de distribución. (Pounds, 2001; Carey *et al.*, 2003; Araujo *et al.*, 2006)

Cambio climático

En términos de distribuciones de las especies, el clima es un factor muy importante, ya que todas las poblaciones tienen límites de tolerancia a factores ambientales y en caso de sobrepasarlos ocurre la extinción (MacArthur, 1972). El cambio climático presenta un riesgo para las poblaciones, ya que, si bien el clima de la Tierra ha cambiado de forma natural durante miles de millones de años (Arroyo-Cabral, 2008), actualmente las actividades humanas como la emisión de gases de efecto invernadero están acelerando el calentamiento del planeta. Por ejemplo, desde los últimos años del siglo XIX a la fecha, la temperatura media de la superficie terrestre se incrementó más de 0.8° C, (IPCC, 2013). En México hay evidencia de que ha aumentado la frecuencia de los días y noches cálidas, así como la disminución de los días y noches frías en el centro y sur en el país para los periodos “temprano” (1940–1969) y reciente (1970–2004) (Aguilar *et al.*, 2005;

Donat *et al.*, 2013). Pavía *et al.*, (2009). Al comparar los dos periodos, al parecer el calentamiento del país se debe al aumento de la temperatura máxima (meses más cálidos) de la región, más que el aumento en la temperatura media anual; además se detecta un incremento de la temperatura mínima (meses más fríos). Dicho calentamiento es atribuido a cambios en el uso de suelo más que por modificaciones en la precipitación. (Peralta-Hernández *et al.*, 2009)

Por cambio climático se entiende un corrimiento o variación estadística significativa en el “estado del tiempo promedio”, que persiste durante un largo periodo de tiempo de al menos 30 años (IPCC, 2013). Para poder pronosticar las posibles condiciones climáticas en el futuro, el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) han desarrollado una serie de proyecciones llamados Vías de Concentración Representativas (Representative Concentration Pathways, RCP). Los escenarios RCP son definidos por la secuencia temporal del forzamiento radiactivo (energía adicional que permanece en la Tierra) que experimentaría el sistema climático hacia fines de siglo XXI, basados en las aportaciones futuras de gases de efecto invernadero (IPCC, 2013).

No obstante, es indispensable actualizar este tipo de información generando datos cuantitativos que permitan el entendimiento de las interacciones entre una compleja topografía y variadas condiciones ambientales dentro de un marco de diversidad biológica, que permitan la comparación con los nuevos tipos climáticos que se generarán en el futuro debido a los cambios en los patrones de temperatura y precipitación. En este sentido se han propuesto regionalizaciones

ambientales basadas en los dominios climáticos, los cuales han servido para estudios de biodiversidad y para diseñar estrategias de manejo adecuado e integral de conservación. (Saxon *et al.*, 2005)

Dominios climáticos

México es un país megadiverso; alberga el 12% de la biota registrada, aunque su extensión es solamente del 1% de la superficie del planeta (WWF, 2010). Esta gran biodiversidad es resultado de una heterogeneidad del medio físico, que a su vez es producto de una historia geológica y climática muy compleja (Espinosa *et al.*, 2008; Llorente-Bousquet *et al.*, 2008). Para México una de las clasificaciones climáticas más relevantes y utilizadas ha sido la de Köppen, modificada por García (1973), que ha servido de base para innumerables estudios, como el correspondiente a la vegetación de México (Rzedowski, 1978) y da como resultado un total de 5 tipos de climas, de los cuales en México se encuentran 4 y son: los climas pertenecientes al grupo tipo A, son climas cálido húmedos y se encuentran en las zonas costeras y gran parte de la Península de Yucatán; los climas tipo B son cálido secos, y se encuentran principalmente en la parte norte del país y la península de Baja California; dentro de los climas tipo C se encuentran los climas templados y se encuentran restringidos a las cadenas montañosas de México. El clima tipo E se encuentra en las montañas más altas del país, ya que corresponde al tipo de clima polar. (García, 1973)

No obstante, en la actualidad se cuenta con información de temperatura y precipitación para el presente y para distintos escenarios de cambio de clima para cada kilómetro cuadrado del país lo que permitiría generar los dominios climáticos.

Los dominios climáticos (climatic domains) son una técnica numérica para clasificar sistemas terrestres con base en variables físicas y climáticas principalmente (Margules y Sarkar, 2009) y que se pueden generar tanto para las condiciones actuales como para las futuras, con lo que se puede evaluar la magnitud del cambio en ellos.

En términos de la biodiversidad, los dominios climáticos presentan un significado funcional fundamental en la determinación del rendimiento fisiológico de las especies y pueden proveer una correlación estadística con su distribución (Overton y Leathwick, 2001). Por lo tanto, los dominios ambientales suponen que diferentes tipos de ambientes sostienen diferentes conjuntos de especies (con cierto empalme), y con ello se podría analizar si existe una relación entre la disminución de dominios climáticos o la aparición de nuevos y la distribución de las especies.

Para México solo existen algunos trabajos sobre los dominios climáticos, de manera local, generando regionalización en el Faja Volcánica Transmexicana (Suárez-Mota *et al.*, 2014) y la reserva de Tehuacán-Cuicatlán (Téllez *et al.*, 2010); sin embargo, no se han realizado estudios a nivel nacional de los diferentes dominios ambientales que existen en el país y su relación con la biodiversidad. Tampoco han realizado dominios climáticos de los posibles cambios que se experimentarían debido al cambio climático. Estos modelos permitirán anticipar los efectos en términos de magnitud de cambio en las condiciones ambientales y su distribución espacial de cada dominio que existe en el presente, o bien si se crearán nuevos dominios debido a la combinación única de factores climáticos que

cambiarán en el futuro (Saxon *et al.*, 2005). El generar esta información permitirá analizar diferentes aspectos acerca del riesgo que implica el cambio en el clima.

Cambio climático y biodiversidad

La supervivencia de una especie depende de las tolerancias fisiológicas y requerimientos que presente. La distribución de las poblaciones que conforman una especie se encuentran determinadas por su nicho ecológico, el cual se puede entender como las condiciones ambientales bajo las cuales las poblaciones de las especies pueden prosperar indefinidamente sin la necesidad de inmigración de individuos de otras poblaciones (Grinnell, 1917). No obstante, la sobrevivencia de los individuos no asegura la permanencia de la especie; es necesario que haya reproducción y sobrevivencia de las crías en cada uno de los ciclos reproductivos. En caso de que no se logre completar el ciclo reproductivo (auto-perpetuación de la especie) puede haber una disminución en el número de individuos que conforman las poblaciones, lo cual a lo largo del tiempo podría generar la extinción de éstas (Zug *et al.*, 2001).

Se ha planteado que ante eventos de cambio climático abrupto, la biota puede experimentar diferentes tipos de respuestas en términos de su distribución geográfica: 1) modificando la abundancia relativa en las poblaciones, además de eventos de colonización y/o de extinciones locales; 2) adaptándose a las nuevas condiciones ambientales o 3) si las especies no pueden moverse o adaptarse tenderán a reducir su distribución a las zonas que permanezcan ecológicamente

adecuadas; en el caso más extremo de esta situación, las especies se extinguirán (Barnosky *et al.*, 2003).

Actualmente para estimar los cambios en la distribución de las especies se han usado nuevas metodologías que han permitido modelar los requerimientos climáticos de las especies (Stockwell y Peters, 1999). Este nuevo campo conocido como modelado de nichos ecológicos (MNE) se fundamenta en los principios de la teoría del nicho ecológico. El nicho ecológico se puede entender como las condiciones ambientales bajo las cuales las poblaciones de las especies pueden prosperar indefinidamente sin la necesidad de inmigración de individuos de otras poblaciones (Grinnell, 1917; Hutchinson, 1957). Estos modelos basados en el nicho se están utilizando para relacionar las distribuciones actuales de las especies con un sistema de variables climáticas y proyectar las distribuciones potenciales futuras bajo escenarios de cambio climático (Peterson *et al.*, 2002) apoyados en el llamado “Conservadurismo del Nicho Ecológico”, la cual es una teoría que propone que el nicho ecológico de las especies suele mantenerse a lo largo del tiempo evolutivo. (Peterson *et al.*, 2011)

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, E., Peterson, T., Ramírez-Obando, P., Frutos, R., Retana, J., Solera, M., Soley, J., González-García, I., Araujo, R., Rosa-Santos, A., Valle, V., Brunet, M., Aguilar, L., Álvarez, L., Bautista, M., Castañón, C., Herrera, L., Ruano, E., Sinay, J., Sánchez, E., Hernández-Oviedo, G., Obed, F., Salgado, J., Vázquez, J., Baca, M., Gutiérrez, M., Centella, C., Espinosa, J., Martínez, D., Olmedo, B., Ojeda-Espinoza, C., Núñez, R., Haylock, M., Benavides, H. y Mayorga, R. (2005) Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South América, 1961 – 2003, *J. Geophys. Res.*, 110, D23107. doi:10.1029/2005JD006119.

Araujo, M. y Guisan, M. (2006) Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*. *Journal of Biogeography*. 33. 1677-1688. 10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x.

Arroyo-Cabral, J., Carreño, A., Lozano-García, S., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S., Corona, S., Espinosa-Arrubarrena, L., Guzmán, A., Magallón-Puebla, S., Morán-Zenteno, D., Naranjo-García, E., Olivera, M., Polaco, O., Sosa-Nájera, S., Téllez-Duarte, M., Tovar-Liceaga, R. y Vázquez-Selem, L. (2008) La diversidad en el pasado, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 227-262.

Barnosky, A. (2004). Biodiversity response to climatic change in the middle Pleistocene: the Porcupine cave fauna from Colorado. University of California Press, Berkeley

Carey, C., Bradford, D., Brunner, J., Collins, J., Davidson, E., Longcore, J., Ouellet, M., Pessier, A. y Schock, D. (2003) Biotic factors in amphibian declines. In *Multiple stressors and declining amphibian populations: evaluating cause and effect* (Linder G., Sparling D. W., Krest S. K., editors), pp. 153–208 Boca Raton, FL: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

Donat, M., Alexander, L., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J., Willett, K., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein-Tank, A., Kruger, A., Marengo, J., Peterson, T., Renom, M., Oria-Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A., Sekele, S., Srivastava, A., Trewin, B., Villarreal, C., Vincent, L., Zhai, P. Zhang, X. y Kitching, S. (2013) Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: the HadEX2 dataset. *J Geophys Res Atmos*, 118(5):2098–2118. doi:10.1002/jgrd.50150

Duan R., Kong X., Huang M., Sara V., y Xiang J. (2016). The potential effects of climate change on amphibian distribution, range fragmentation and turnover in China. *Peerj*, 4, e2185 10.7717/peerj.2185

Espinosa, D., Ocegueda, S., Aguilar, C., Flores-Villela, O., Llorente-Bousquets, J. (2008) El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.

Flores-Villela, O. (1993) Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. In *Biological diversity of Mexico: origins and distributions*, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds). Oxford University Press, New York. p. 253-280.

Flores-Villela, O. y Canseco-Márquez, L. (2004) Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s). 20 (2): 115-144.

Frost, D. (2015) *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0 (25/11/2005). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.

García, A., Ortega-Huerta, M., y Martínez-Meyer, E. (2014). Potential distributional changes and conservation priorities of endemic amphibians in western Mexico as a result of climate change. *Environmental Conservation*, 41(1), 1-12. doi:10.1017/S0376892913000349

García, E. (1964) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México, D.F. 71 p.

Grinnell, J. (1917). Field test of theories concerning distributional control. *The American Naturalist* 51: 115-128.

Halliday, T. y Adler, K. (2007) *La gran enciclopedia de los anfibios y reptiles*. Libsa, Madrid. 240 p

Hedges, S., Duellman, W., y Heinicke, M. (2008) "New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): Molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation." *Zootaxa*, 1737, 1-182.

Heyer, R., Donnelly, M., McDiarmid, R., Hayek, L. y Mercedes, F. (2001) *Medición y monitoreo de la diversidad biológica, métodos estandarizados para anfibios*, Editorial Universitaria de la Patagonia, Argentina p. 349

Hutchinson, G. (1957) Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22:415- 427.

IPCC Resumen técnico. En: Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Llorente-Bousquets, J., y Ocegueda, S. (2008) Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.

MacArthur, R. (1972) Geographical Ecology. Patterns in the distribution of species. Harper and Row. New York. 288 pp

Margules, C. y Sarkar, S. (2009) Planeación sistemática de la conservación. Universidad Nacional Autónoma de México, CONANP y CONABIO. México D.F. 279 p.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Ochoa-Ochoa, L., Rodríguez, P., Mora, F., Flores-Villela, O. y Whittaker, R. (2012) Climate change and amphibian diversity patterns in Mexico. Biological Conservation 150: 94–102.

Ochoa-Ochoa, L., Rodríguez, P., Mora, F., Flores-Villela, O., y Whittaker, R. (2012). Climate change and amphibian diversity patterns in Mexico. Biological Conservation. 150. 94–102. 10.1016/j.biocon.2012.03.010.

Oliver-López, L., Woolrich-Piña, A., y Lemos-Espinal, J. (2009). La Familia Bufonidae en México. México, D.F.: Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México.

Overton, J. y Leathwick, J. (2001) Measuring environmental distinctiveness. 5-16.

Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México Revista Mexicana de Biodiversidad Supl. 85: S460-S466.

Pavia, E., Graef, F. y Reyes, J. (2009) Annual and seasonal surface air temperature trends in Mexico. *International Journal of Climatology*, 29 (9), 1324-1329, (July 2009). ISSN: 1097-0088

Peralta-Hernández, A., Balling, R. Jr. y Barba-Martínez, L. (2009) Comparative analysis of indices of extreme rainfall events: variations and trends from southern México. *Atmósfera*, 22(2): 219-228.

Peterson, T., Ortega- Huerta, M., Bartley, J., Sánchez-Cordero, J., Soberón, J., Buddemeier, R. y Stockwell D. (2002) Future projections form Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.

Peterson, A., Soberón, J., Pearson, R., Anderson, R., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. y Araújo, M. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions*.

Pough, F. (2007) Amphibian biology and husbandry. *ILAR Journal* 48:203–213.

Pounds, J. (2001) Climate and amphibian declines, *Nature* 410.

Rzedowski, J. (1978) *Vegetación de México*. Limusa, México.

Saxon E., Baker B., Hargrove W., Hoffman, F. y Zganjar, C. (2005) Mapping environments at risk under different global climate change scenarios. *Ecol Lett* 8:53–60

Schivo, F., Bauni, V., Krug, P. y Quintana, R. (2019) Distribution and richness of amphibians under different climate change scenarios in a subtropical region of South America, *Applied Geography*, Volume 103, 70-89, ISSN 0143-6228, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.01.003>.

Sommer, J., Kreft, H., Kier, G., Jetz, W., Mutke, J., y Barthlott, W. (2010). Projected impacts of climate change on regional capacities for global plant species richness. *Proceedings. Biological sciences*, 277(1692), 2271–2280. doi:10.1098/rspb.2010.0120

Stockwell, D. y Peters, D. (1999) The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Science* 13: 143-158

Suárez-Mota M., Téllez-Valdés, O. y Martínez Meyer, E. 2014. Dominios climáticos de las áreas naturales protegidas del eje volcánico transversal de México, *GeoFocus (Artículos)*, nº 14, p.120-143. ISSN: 1578-5157

Téllez Valdés, O., Farías, V., Dávila-Aranda, P., Louis-Stein, J., Lira-Saade, R, y Botello, F (2010) Mammalian diversity in climatic domains for Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(3), 863-874.

Vitt, L. y Caldwell, J. (2009) *Herpetology an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press, Burlington, Massachusetts. 697 p.

WWF. (2010) *Impactos y vulnerabilidad al cambio climático en México* [en línea]. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/03_impactos_nacionales_e_internacionales_del_cambio_climatico.pdf

Zug, G., Vitt, L. y Caldwell, J. (2001). *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Second Edition. Academic Press. San Diego, California. 630 p

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo van a cambiar los dominios climáticos en México debido al calentamiento global y cómo afectará esto a la distribución de las especies endémicas de anuros para mediados y finales del siglo XXI?

HIPÓTESIS

Debido al calentamiento global los patrones de temperatura y precipitación están cambiando y se prevé que origine el aumento o la pérdida de dominios climáticos con lo cual se verá afectada la distribución de los anuros que son especies susceptibles a estos cambios, generalmente reduciéndose su distribución potencial.

OBJETIVOS

Objetivo General. Comparar los cambios en los dominios climáticos que sucederán debido al calentamiento global en los años 2050 y 2070 para anticipar la cantidad y tipo de riesgo climático que los anuros endémicos podrán experimentar en México.

Objetivos particulares. El proyecto consta de tres líneas de trabajo complementarias con objetivos específicos definidos:

1). Listado de anuros endémicos:

a.- Realizar un listado actualizado de anuros endémicos de México

b.- Revisar y actualizar los cambios nomenclaturales recientes, así como incluir especies de recientemente descritas.

2). Modelos de nicho ecológico:

a.- Generar modelos de nicho ecológico de las 139 especies de anfibios anuros endémicos del país para el presente y los años 2050 y 2070 bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5.

b.- Analizar la modificación de la distribución de las 139 especies ante el cambio climático predicho.

3). Regionalización climática:

a.- Determinar cualitativamente y cuantitativamente los dominios climáticos de México.

b.- Generar una regionalización actual de México para los años 2050 y 2070 bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5.

c.- Determinar la modificación de estos dominios climáticos ante el cambio climático global.

d.- Establecer el efecto del cambio climático en las 139 especies a nivel de los dominios climáticos.

CAPÍTULO 1: EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ANFIBIOS

INTRODUCCIÓN

Actualmente nos encontramos en la sexta extinción masiva (Ceballos y Ortega Baes, 2011) generada por factores como el cambio climático, cambio de uso de suelo, sobrexplotación de recursos naturales, contaminación, especies introducidas, etc. (Torranza *et al.*, 2011). Aunque el cambio climático es uno de los temas de mayor interés en la actualidad, es complicado su estudio debido a la escala en la que se manifiesta, así como la imposibilidad de determinar un único escenario futuro. Si bien el clima de la Tierra ha cambiado a lo largo del tiempo, en los últimos 150 años se ha detectado un incremento acelerado en la temperatura, debido muy probablemente los gases de efecto invernadero emitidos como consecuencia de las actividades humanas (Torranza *et al.*, 2011, IPCC, 2013).

Las especies serán más susceptibles al cambio climático en la medida que presenten requerimientos fisiológicos más específicos o en caso de que tengan tolerancias a condiciones ambientales más reducidas, la dependencia a un hábitat especializado, una reducida tolerancia a los factores ambientales los cuales son susceptibles a ser sobrepasados en alguna de sus etapas de su ciclo vital, susceptibilidad a las perturbaciones del hábitat y una limitada capacidad de dispersión o de colonización de zonas nuevas o más favorables (IUCN, 2010). Debido a la susceptibilidad diferenciada que presentan los organismos, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) en el 2010 determinó que 52% de las especies de anfibios presentan susceptibilidad al cambio climático (IUCN,2008). Esta alta susceptibilidad hace

que los anfibios sean especies ideales para analizar y medir el efecto de las perturbaciones en el medio, a pequeña o gran escala, por este motivo son llamadas especies bioindicadoras (González Zuarth *et al.*, 2014).

Biología y diversidad de anfibios

Los anfibios se caracterizan por presentar una piel generalmente lisa y desnuda con un alto grado de vascularización, lo cual favorece el intercambio gaseoso. La piel de los anfibios también incluye con una gran cantidad de glándulas que generan secreciones lechosas, mucosas, tóxicas en algunos casos, las cuales funcionan como un mecanismo de defensa y a su vez facilitan el intercambio gaseoso. Los huevos de los anfibios carecen de membranas extra embrionarias, por ende son dependientes durante la época de reproducción de un ambiente acuático o con una elevada humedad relativa (Wells, 2007). Tanto la hembra como el macho expulsan los huevos y espermatozoides, respectivamente, directamente en el agua en donde se realiza la fecundación. Los huevos están recubiertos por una capa mucosa que los mantiene unidos, ya sea en paquetes o en un par de largos cordones gelatinosos de forma tubular o espiral, éstos se pegan a objetos sumergidos en el agua en el cual se depositan. La forma del paquete o cordón de huevos varía de una especie a otra en forma y tamaño. De los huevos nacen larvas llamadas renacuajos, que son completamente acuáticos, viven y se alimentan en el mismo cuerpo de agua en el que nacieron hasta que se lleva a cabo un proceso llamado metamorfosis, en el que las branquias externas y la cola se absorben mientras se desarrollan los miembros. Aunque existen especies que presentan un desarrollo directo, es decir, que de los huevos nacen

pequeños individuos anatómicamente idénticos a un adulto, pero de menor tamaño (Hedges, 1989; Pough, 2007; Blair *et al.*, 2008; Oliver-López *et al.*, 2009).

Sin embargo, se ha detectado una reducción en las poblaciones de anfibios, así como en el área de distribución que estas ocupan (Carey *et al.*, 2003). Cerca de la mitad de los anfibios mexicanos se encuentran en algún tipo de riesgo (SEMARNAT, 2010), debido a dos tipos de factores: a) son afectados a escala local por la acción directa del hombre; la destrucción de lugares de reproducción de anfibios y sus hábitat terrestres o acuáticos; la extracción de las especies para su venta, la introducción de especies exóticas y la contaminación de su hábitat; y b) los factores abióticos que producen cambios ambientales a escala planetaria como lo son: el calentamiento global, el incremento de radiación ultravioleta, la desertización o la lluvia ácida, los cuales alteran los ciclos de vida de los anfibios impidiendo su reproducción; destruyendo sus puestas, favoreciendo enfermedades y contaminando su medio. No obstante, estos efectos directos e indirectos en su mayoría son difíciles de estudiar y predecir debido a la falta de conocimiento sobre las especies, esto con el fin de tomar medidas de protección a los anfibios. (Pounds, 2001)

Cambio climático y su efecto en los anfibios

Se ha agrupado el impacto de cambio climático en los anfibios en efectos directos e indirectos (Blaustein, 2010). Los efectos directos son: la aparición de fenómenos climáticos extremos, modificaciones en las áreas de distribución, efectos en la sobrevivencia, reproducción, desarrollo, sobre el comportamiento, radiación UV y efectos sobre la inmunidad.

La aparición de fenómenos climáticos extremos: sequías, heladas e inviernos particularmente secos han sido asociados con pérdidas en poblaciones de anfibios y reptiles; por ejemplo, en Costa Rica se determinó que el incremento en la temperatura generó una disminución en las lluvias recibidas en los bosques de niebla, ya que el calentamiento global originó un incremento en la altitud de los bancos de nubes. En general, los cambios en la temperatura pueden propiciar efectos negativos sobre los anfibios, ya que se modificará su comportamiento con respecto a la reproducción, períodos de hibernación, así como la capacidad de buscar alimento. Fenómenos como “El Niño”, que se relaciona con la disposición de agua, afectará significativamente a los anfibios, ya que se prevé que este fenómeno se intensifique. (Weygoldt, 1989; Crump *et al.*, 1992; McMenamin *et al.*, 2008; Blaustein *et al.*, 2010)

Modificaciones en las áreas de distribución: La distribución geográfica de las especies se puede ver afectada por el cambio climático. Entre ellas, la distribución altitudinal de algunas especies ya ha sido reportada; empero, se espera que a lo largo del siglo esta modificación en la distribución de las especies afectará la estructura de las comunidades, tal como el funcionamiento de los ecosistemas. Lawler *et al.* (2006) Evaluó el efecto del cambio climático en América (**fig. 1.1**), encontrando que México es una de las zonas con mayor tasa de recambio de especies, esto debido a que se espera un clima más cálido y seco que el actual (Bustamante *et al.*, 2005; Lovejoy y Hannah, 2005; Raxworthy *et al.*, 2008; Blaustein *et al.*, 2010).

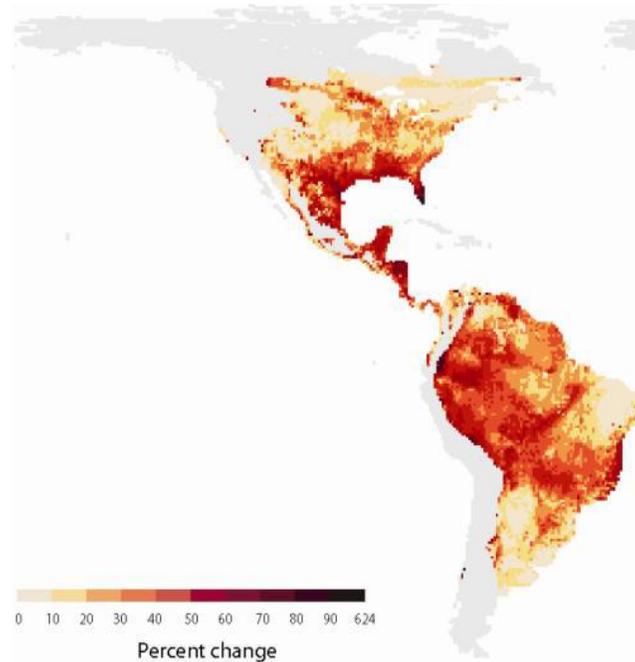


Figura 1.1.- Predicción en la pérdida de especies en América bajo el escenario A2 del cuarto informe del IPCC. Tomado de Lawler *et al.* (2006)

Efectos en la supervivencia: Para los anfibios, la temperatura tiene un efecto importante sobre diversos procesos fisiológicos como las tasas de consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca, la locomoción, el balance de agua, la digestión, la tasa de desarrollo, la determinación del sexo y la función inmune. Hay una relación inversamente proporcional entre la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y la temperatura. La lluvia, la humedad y la humedad del suelo influyen en la disponibilidad de agua para los anfibios, por lo tanto pueden influir en la supervivencia y el comportamiento. Los cambios en la temperatura y las precipitaciones van a influir en la fisiología, el comportamiento y la ecología de muchas especies de anfibios, en especial aquellas poblaciones que viven en hábitats sensibles, como las charcas, humedales costeros, sistemas áridos y semiáridos. Las temperaturas más cálidas del invierno asociados con el cambio

climático están correlacionadas negativamente con la condición corporal, el tamaño del cuerpo de la hembra, el número de huevos puestos, y la supervivencia de los sapos comunes hembra (*Bufo bufo*), lo cual es indicador sobre impacto negativo del cambio climático en la supervivencia de algunas especies. Sin embargo, con algunas excepciones notables, la evidencia para tales efectos directos del cambio climático sobre la supervivencia de las especies o poblaciones individuales es poco frecuente. (Wake, 1991; Angulo, 2002; Ríos-López, 2008; Brooks, 2009; Araujo *et al.*, 2010, Blaustein *et al.*, 2010)

Efectos en la reproducción: Habitualmente un ambiente puede mantener a los renacuajos de distintas especies, ya que cada una presenta su respectiva época de reproducción, así como recursos alimenticios particulares. Al modificarse los patrones de temperatura y precipitación, hay influencia sobre las temporadas de reproducción dando como resultado la coexistencia de crías de distintas especies; de este modo, originando una mayor competencia interespecífica, sumada a las condiciones hipóxicas que presentará un cuerpo de agua generado por la alta temperatura lo que resulta un bajo número de individuos que sobrevive hasta el estado adulto. (Chadwick *et al.*, 2006; Kusano y Inoue, 2008; Blaustein *et al.*, 2010)

Efectos en el desarrollo: La temperatura es un factor que altera el desarrollo de los anfibios, siendo lo más común que a mayor temperatura hay un desarrollo más rápido, ya que se acelera la eclosión y el desarrollo larvario de los anuros; no obstante, las especies presentan un umbral; en caso de ser sobrepasado hay un decremento abrupto en la supervivencia de los huevos y larvas, pudiendo de esta

manera eliminar por completo la descendencia. Si esto ocurre varios años consecutivos, la población total puede desaparecer (Araujo, 2006; Blaustein *et al.*, 2010). Se ha reportado que un incremento en la temperatura reduce el volumen de los cuerpos de agua en donde se realizará la puesta de los huevos, ya que al quedar expuestos al aire morirán; en caso de que los huevos eclosionen, se genera una competencia interespecífica entre las larvas por una cantidad menor de recursos y refugio para evitar depredadores. (Duellman, 2001; Pounds, 2001; Suazo-Ortuño y Alvarado-Díaz, 2004; Araujo, 2006; Oliver-López *et al.*, 2009; Blaustein *et al.*, 2010)

Efectos sobre el comportamiento. El cambio climático también puede influir en los comportamientos. En condiciones de estrés (altas temperaturas y / o baja humedad), los anfibios pueden buscar refugios y reducir la actividad. Los anfibios pueden alterar su dispersión, migración, u otros movimientos bajo un aumento de las temperaturas y la reducción de la humedad. Estas respuestas son específicas para cada especie, donde las especies de hábitats más secos son más resistentes a la desecación y los anfibios de cuerpo pequeño son más vulnerables a la desecación en ambientes cálidos o secos. Esto sugiere que los individuos y los adultos de menor tamaño corporal, recién metamorfoseados, sean más susceptibles a la mortalidad por los cambios en el clima. Una reducción en el tiempo de búsqueda de alimento puede reducir a su vez los recursos disponibles para el crecimiento y la reproducción; por tanto, se reducen las posibilidades de supervivencia. Del mismo modo, los cambios en la migración o dispersión disminuyen el flujo de genes entre poblaciones y la probabilidad de rescate por la

inmigración tras la caída de la población local. (Ray, 1958; Pough *et al.*, 1983; Blaustein *et al.*, 2010)

Radiación UV: Al afectarse los hidroperíodos junto con las tasas de deforestación, la cobertura vegetal disminuye dando como resultado una mayor exposición a los rayos UV; esto disminuye el éxito de eclosión de muchos anfibios, aunque puede haber otros efectos de la radiación UV; por ejemplo, cambios en el comportamiento o crecimiento, incluso el desarrollo puede ser frenado o se presentan malformaciones. No obstante, algunos anfibios modifican las épocas de reproducción, de esta manera evitan el efecto de los rayos UV sobre la reproducción. (Blaustein *et al.* 1998; Carey *et al.*, 2003; Bancroft *et al.*, 2008; Blaustein *et al.*, 2010)

Efectos en la Inmunidad: la inmunidad que presentan los anfibios a infecciones puede verse afectada por un incremento de la temperatura, ya que gran cantidad de células como leucocitos y linfocitos T se generan a bajas temperaturas en animales ectodermos. (Maniero y Carey C. 1997; Skerratt *et al.*, 2007; Blaustein *et al.*, 2010)

Los efectos indirectos se refieren a los cambios potenciales en los hábitats terrestres y acuáticos, redes alimentarias e interacciones a nivel de comunidad, la propagación de enfermedades. Estos cambios pueden influir en la dinámica de la presencia de especies en el ambiente y en última instancia puede conducir a cambios en la distribución geográfica. Blaustein *et al.* (2010) consideraron la radiación UV y la inmunidad como efectos indirectos, pero bajo el punto de vista de los mismos autores, los efectos directos generan perturbaciones sobre las

poblaciones de anfibios, motivo por el cual fueron re-asignados a la categoría correspondiente.

Cambios en el hábitat. Se sabe que en los últimos años las precipitaciones han aumentado y se prevé que acrecienten las pérdidas por evapotranspiración de humedales de agua dulce y evaporación de los cuerpos de agua; posiblemente supera las precipitaciones durante las sequías cíclicas, lo que resulta en el secado de los sitios acuáticos originando efectos negativos sobre los anfibios ya que aunque no presenten un estadio larvario y tengan huevos no acuáticos todas las especies dependen en cierto grado de humedad para su reproducción. La estructura y composición de la vegetación en el medio terrestre pueden tener una influencia importante en el éxito de la reproducción y el desarrollo de anfibios del hábitat acuático; la apertura del dosel y los cambios en la composición de especies de la vegetación pueden alterar los factores microclimáticos, así como la duración y la intensidad de la luz, los niveles de temperatura y humedad, tal como la acumulación, la calidad y la descomposición de la hojarasca. A su vez, el grado de cobertura del dosel sobre los humedales y la composición de la hojarasca en la cuenca del estanque pueden desempeñar un papel importante en el éxito reproductivo de algunos anfibios acuáticos. (Kloepfel *et al.*, 2003; Halverson *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 2008; Blaustein *et al.*, 2010)

Disponibilidad de alimentos: Los renacuajos muestran una diversidad de modos tróficos, incluyendo herbívoros (como raspadores de algas y filtradores), detritívoros, carnívoros caníbales, depredadores y carroñeros. El calentamiento global puede influir en la disponibilidad de organismos autótrofos que contribuyen

a la dieta de muchos renacuajos; asimismo, una mayor temperatura del agua puede exacerbar muchas maneras de contaminación del agua y un incremento de cianobacterias filamentosas, algas verdes, bacterias, protozoos y metazoos pequeños. Dichos cambios en la abundancia relativa de los alimentos influyen en el comportamiento de alimentación de los renacuajos y en las respuestas de crecimiento para algunas especies. Para los anfibios terrestres, el aumento de la precipitación facilita oportunidades de forraje. Por encima de la precipitación media en un año, puede aumentar la base de presas terrestres para hembras adultas, que consigue traducirse en un mayor éxito reproductivo en el año siguiente. (Schindler, 1997; Meyer *et al.*, 1999; Altig *et al.*, 2007; Blaustein *et al.*, 2010)

Cambios en las comunidades: El cambio climático puede tener un efecto significativo sobre la persistencia y propagación de especies no autóctonas; a su vez, podría tener profundas consecuencias para la estructura y la estabilidad de los ecosistemas naturales. Se conocen varias especies exóticas que están contribuyendo a la disminución de las poblaciones de anfibios en todo el mundo ya que actúan como depredadores. (Simberloff, 2000; Kats y Ferrer, 2003; Blaustein *et al.*, 2010)

Enfermedades emergentes: Es complicado prever el efecto que tendrán algunas enfermedades sobre los anfibios por la gran cantidad de mecanismos involucrados; infecciones como la quitridiomycosis o ranavirus son más comunes y con mayor afectación en las poblaciones. (McMenamin *et al.*, 2008; Malcolm y Markham, 2000; Blaustein *et al.*, 2010; Rohr *et al.*, 2011)

Empero, estos efectos directos e indirectos en su mayoría son difíciles de estudiar y predecir debido a la falta de conocimiento sobre muchas especies esto con el fin de tomar medidas de protección a los anfibios; una excepción sería el efecto del cambio climático sobre la distribución de las especies ya que actualmente para estimar estos cambios, se han usado nuevas metodologías que han permitido modelar los requerimientos climáticos de las especies (Stockwell y Peters, 1999). Este nuevo campo, conocido como modelado de nichos ecológicos (MNE), permitiría realizar una evaluación de las áreas en las cuales se podría esperar un impacto negativo del cambio climático con el fin de tomar medidas de protección.

BIBLIOGRAFÍA

Altig R., Whiles M. y Taylor C. 2007. *What do tadpoles really eat? Assessing the trophic status of an understudied and imperiled group of consumers in freshwater habitats*. *Freshwater Biol*, 52. 386-395.

Angulo, A. 2002. *Anfibios y paradojas: perspectivas sobre la diversidad y las poblaciones de anfibios*. *Ecología Aplicada*, 1:87-91.

Araujo, M.B., Thuiller, W. y Pearson, R.G. 2006. *Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe*. *Journal Of Biogeography*, 33 (10) 1712 - 1728

Arroyo-Cabrales, J., A.L. Carreño, S. Lozano-García, M. Montellano-Ballesteros Cevallos-Ferriz S., Corona E., Espinosa-Arrubarrena I., Guzmán A., Magallón-Puebla S., Morán-Zenteno D., Naranjo-García E., Olivera M., Polaco o.,

Sosa S., Téllez-Duarte M. y Tovar-Liceaga R., Vázquez-Selem L. 2008. *La diversidad en el pasado*, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, 227-262.

Bancroft B., Baker N. y Blaustein A. 2008 *A meta-analysis of the effects of ultraviolet B radiation and other stressors on survival in amphibians*. Conservation Biology. 22 987-996.

Blaustein A., Kiesecker J., Chivers D., Hokit D., Belden L. y Hatch A. 1998 *Effects of ultraviolet radiation on amphibians: Field experiments*. Integrative and Comparative Biology. 38 799-812.

Blaustein A., Walls S., Bancroft B., Lawler J., Searle C. y Gervasi S. 2010. *Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations*. Diversity ISSN 1424-2818, 281-313

Brooks R. (2009) *Potential impacts of global climate change on the hydrology and ecology of ephemeral freshwater systems of the forests of the northeastern United States*. Climatic Change. 95, 469-483.

Bustamante M. y Ron S. y Coloma, L. 2005. *Cambios en la diversidad en siete comunidades de anuros en los Andes de Ecuador*. Biotropica 37, 180-189.

Carey C., Bradford D. F., Brunner J. F., Collins J. P., Davidson E. W., Longcore J. E., Ouellet M., Pessier A. P. y Schock D. M. 2003. *Biotic factors in amphibian declines*. In *Multiple stressors and declining amphibian populations: evaluating cause and effect* (Linder G., Sparling D. W., Krest S. K., editors), pp. 153–208 Boca Raton, FL: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

Chadwick, E., Slater, F. y Ormerod, S. 2006. *Inter- and intraspecific differences in climatically mediated phenological change in coexisting Triturus species*. Glob. Change Biol. 12, 1069-1078

Crump M., Hensley F. y Clark K. 1992. *Apparent decline of the golden toad: Underground or extinct?* Copeia 1, 413-420.

Duellman, W. E. 2001. *The Hylid Frogs of Middle America: Vol. 1*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York.,694.

Espinosa, D., Ocegueda S., Aguilar C., Flores-Villela O. y Llorente-Bousquets J., 2008. *El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural*, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, 33-65.

Frost D. R. 2015. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0 (25/11/2005). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.

García, A., Ortega-Huerta, M.A., y Martínez-Meyer, E. 2013. *Potential distributional changes and conservation priorities of endemic amphibians in western Mexico as a result of climate change*. Environmental Conservation, 41, 1–12.

González C., Vallarin A., Pérez J., Low A. (Eds.) (2014). *Bioindicadores, Guardianes de nuestro futuro ambiental*. Instituto de Ecología y Cambio Climático, El colegio de la Frontera Sur. México.,779

Grinnell, J. 1917. *Field Test of Theories Concerning Distributional Control*. The American Naturalist, 51, 115-128.

Halliday, T. y Adler K. 2007. *La gran enciclopedia de los anfibios y reptiles*. Libsa, Madrid. 240 p.

Halverson M., Skelly D., Kiesecker J. y Freidenburg L. 2003. *Forest mediated light regime linked to amphibian distribution and performance*. Oecologia 134, 360-364.

Hedges, S.B. 1989. *Evolution and biogeography of West Indian frogs of the genus Eleutherodactylus: slow-evolving loci and the major groups*. In: Woods, C.A. (ed.), *Biogeography of the West Indies*, 305-370. Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida

IPCC, 2013: "Resumen Técnico. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M.

Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

IUCN. 2008. *Sensibilidad de las especies a los impactos del cambio climático [en línea]*. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de https://cmsdata.iucn.org/downloads/climate_change_factsheet_sp_final.pdf

Kats L. y Ferrer R. 2003. *Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and the transition to conservation*. Divers. Distrib. 9, 99-110.

Kloeppel B., Clinton B., Vose J. y Cooper A. 2003. *Drought impacts on tree growth and mortality of southern Appalachian forests*. In *Climate Variability and Ecosystem Response at Long-Term Ecological Research Sites*; Greenland D. Goodin D.G. Smith R.C. Eds.; Oxford University Press: New York NY USA

Köhler, G. 2010. *Amphibians of Central America*, Germany. 379 pp ISBN 3-936180-33-4

Kusano T. y Inoue M. 2008. *Long-term trends toward earlier breeding of Japanese amphibians*. J. Herp. 42, 608-614.

Lawler, J. White, D., Neilson, R. y Blaustein, A. 2006. *Predicting climate-induced range shifts: model differences and model reliability*. Glob. Change Biol., 12, 1568-1584.

Llorente-Bousquets, J., y Ocegueda. S. 2008. *Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.

Lovejoy T. y Hannah L. 2005 *Climate Change and biodiversity*. Yale University Press. New Haven, CT, USA,

Malcolm, J. R. y Markham A. 2000. *Global Warming And Terrestrial Biodiversity Decline*. World Wide Fund For Nature (WWF): Washington, DC.

Maniero G. y Carey C. 1997. *Changes in selected aspects of immune function in the leopard frog *Rana pipiens* associated with exposure to cold*. J. Comp. Physiol. B 167, 256-263.

McMenamin S., Hadley, E. y Wright C. 2008. *Climatic change and wetland desiccation cause amphibian decline in Yellowstone National Park*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 105, 16988-16993.

Meyer J., Sale M., Mulholland P. y Hoff N. 1999. *Impacts of climate change on aquatic ecosystem functioning and health*. J. Am. Water Res. Assoc. 35, 1373-1386.

Ochoa-Ochoa LM, Rodríguez P, Mora F, Flores-Villela O y Whittaker RJ. *Climate change and amphibian diversity patterns in Mexico*. Biological Conservation. 2012;150(1): 94–102. doi: 10.1016/j.biocon.2012.03.010

Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. 2014. *Biodiversidad de anfibios en México* Revista Mexicana de Biodiversidad Supl. 85: S460-S466

Pough F. H. 2007. *Amphibian biology and husbandry*. ILAR Journal 48:203–213.

Pough F., Taigen, T., Stewart, M. y Brussard P. 1983. *Behavioral modification of evaporative water loss by a Puerto Rican frog*. Ecology 64, 244-252.

Pounds, J. A. 2001. *Climate and amphibian declines*, Nature 410,

Raxworthy C., Pearson, R., Rabibisoa N., Rakotondrazafy A., Ramanamanjato J., Raselimanana, A., Wu S., Nussbaum R. y Stone, D. 2008. *Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar*. Glob. Change Biol. 14, 1703-1720.

Ray C. 1958. *Vital limits and rates of desiccation in salamanders*. Ecology, 39, 75-83.

Rios-López, N. 2008. *Effects of increased salinity on tadpoles of two anurans from a Caribbean coastal wetland in relation to their natural abundance*. Amphibia-Reptilia 29, 7-18.

Rohr J., Halstead N. y Raffel T. 2011. *Modelling the future distribution of the amphibian chytrid fungus: the influence of climate and human-associated factors*. Journal of Applied Ecology 48, 174–176

Schindler D. 1997. *Widespread effects of climatic warming on freshwater ecosystems in North America*. Hydrol. Process. 11, 1043-1067

Skerratt L., Berger L., Speare F, Cashins S., McDonald R., Phillott a. ,Hines H. y Kenyon N. 2007. *Spread of Chytridiomycosis Has Caused the Rapid Global Decline and Extinction of Frogs*, EcoHealth 4, 125–134

Simberloff D. 2000. *Global climate change and introduced species in United States forests*. Sci. Total Environ. 262, 253-261.

Suazo-Ortuño I. y Alvarado-Díaz J. 2004, *Anfibios: Centinelas De La Biodiversidad*. Ciencia y Desarrollo, Septiembre-Octubre: 5-13 Toranza, C., A. Brazeiro, y Maneyro. 2012. *Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad: El caso de los anfibios de Uruguay*. Pp. 35–50 in Cambio y Variabilidad Climática: Respuestas Interdisciplinarias (V. Picasso, G. Cruz, L. Astigarraga, y R. Terra, eds.). Espacio Interdisciplinario, Uruguay

Vitt L. L. y Caldwell J. P. 2009. *Herpetology an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press, Burlington, Massachusetts. 697 p.

Wake D. B. 1991. *Declining amphibian populations*. Science., 253: 860.

Weygoldt P. 1989. *Changes in the composition of mountain stream frog communities in the Atlantic Mountains of Brazil: Frogs as indicators of environmental deteriorations?* Studies on Neotropical Fauna and Environment. 24, 249-255.

Williams B., Rittenhouse T. y Semlitsch R. 2008. *Leaf litter input mediates tadpole performance across forest canopy treatments*. Oecología 155 377-384.

WWF. 2010. *Impactos y vulnerabilidad al cambio climático en México [en línea]*. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/03_impactos_nacionales_e_internacionales_del_cambio_climatico.pdf

CAPÍTULO 2: LISTA ACTUALIZADA DE ESPECIES DE ANUROS ENDÉMICOS DE MÉXICO Y SU ESTADO DE RIESGO

INTRODUCCIÓN

En términos de riqueza de anfibios, México ocupa el quinto lugar a nivel mundial, con 376 especies, de las cuales la mayoría son anuros (237 especies), de las que 139 son endémicas de México (Parra-Olea *et al.*, 2014). Estas especies representan a 5 de las 11 familias con distribución en el país (Tabla 1, Figura. 1). México alberga el 12% de la biota registrada, aunque su extensión es solamente del 1% de la superficie del planeta (WWF, 2010). Esta gran biodiversidad es resultado de una gran heterogeneidad del medio físico, que a su vez es producto de una historia geológica y climática muy compleja (Espinosa *et al.*, 2008; Llorente-Bousquet *et al.*, 2008).

Familia	Número de géneros	Número de Especies	Número de especies endémicas
Bufonidae	3	34	13
Centrolenidae	1	1	0
Craugastoridae	1	39	26
Eleutherodactylidae	1	25	18
Hylidae	20	97	66
Leptodactylidae	2	3	0
Microhylidae	2	5	0
Pipidae	1	1	0
Ranidae	2	27	16
Rhinophrynidae	1	1	0
Scaphiopodidae	2	4	0
Total	53	376	139

Tabla 1.- Riqueza Familias, géneros, especies y especies endémicas de anuros en México fuente: Parra-Olea *et al.*, 2014

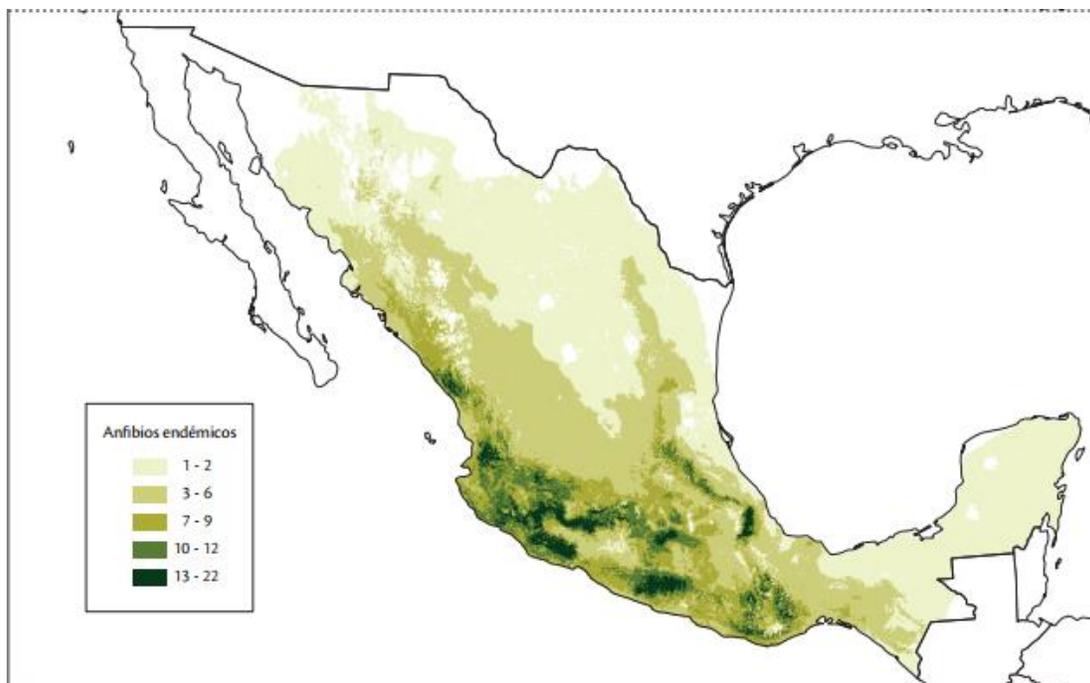


Figura 1.- Patrones de riqueza de especies de anfibios endémicos en México a una resolución de 1 km², Fuente: Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008.

Aunque se han publicado trabajos que indican el número de especies de anuros endémicos, no existe algún listado actualizado, siendo el presentado por Flores-Villela (1993) el último listado herpetofaunístico publicado para México. La última actualización de éste fue en el 2004 por Flores-Villela y Canseco-Márquez, el cual incluía nuevas especies descritas, así como una actualización en la taxonomía del grupo. Adicionalmente en 2014, Parra-Olea *et al.*, indican el número de especies endémicas pertenecientes a cada familia de anfibios en México, pero no mencionan cuáles son esas especies (Tabla 1), lo cual podría dificultar el estudio de los anfibios mexicanos y por ese motivo afectar las medidas de protección que se puedan llegar a tomar.

METODOLOGÍA

Se generó un listado de especies de anuros endémicos de México tomando como base los listados de Flores-Villela (1993), NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat), AmphibiaWeb (2015) y The University of Texas at Arlington (2015). Los problemas de sinonimia se corrigieron siguiendo los cambios nomenclaturales aceptados por Oliver-López *et al.* (2009) para la familia Bufonidae, en el caso de la familia Ranidae se siguió la clasificación de Yuan *et al.* (2016); en la familia Hylidae se utilizó la taxonomía propuesta por Duellman (2001) y para las familias Eleutherodactylidae y Craugastoridae se eligió la clasificación propuesta por Blair *et al.* (2008). Así mismo para asegurar que las especies incluidas en esta lista en verdad sean endémicas, se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva para cada una de estas especies, así como su estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (<http://www.iucnredlist.org>) y los apéndices 1,2 y 3 de CITES (<https://cites.org/esp/app/appendices.php>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un listado de 146 especies registradas como endémicas para México de acuerdo con los listados consultados (Tabla 2) ocho especies más que las reportadas por Llorente-Bousquets, y Ocegueda (2008) (Tabla 1), una especie adicional se encontró para las familias Bufonidae y Craugastoridae, dos especies más para Ranidae y cuatro para Eleutherodactylidae.

Cambios Nomenclaturales: Este tipo de cambios se generan principalmente a nivel de género, originándose nuevos géneros o reasignando las especies de un género a otro.

Familia Bufonidae: la cual originalmente presentó únicamente el género *Bufo* en el trabajo de Flores-Villela (1993), pero Frost *et al.* (2006) definieron la existencia de los sapos norteamericanos y sapos centroamericanos pertenecientes a los géneros *Anaxyrus* e *Incilius* respectivamente.

Familia Eleutherodactylidae: Se consideraba solo la existencia del género *Eleutherodactylus* (Flores-Villela, 1993); sin embargo, Hedges *et al.* (2008) determinó la existencia de dos géneros para las especies mexicanas: conservándose el género *Eleutherodactylus* y creándose el género *Craugastor* el cual se incluyó en una nueva familia llamada Craugastoridae.

Familia Ranidea: Flores-Villela (1993) reconoció la existencia del género *Rana* como el único género del grupo; sin embargo, posteriormente se determinó solo la existencia del nuevo género *Lithobates* en México por lo cual todas las especies del género *Rana* pasaron a ser *Lithobates* (Hillis & Wilcox. 2005.); no obstante, discusiones subsecuentes y análisis moleculares revirtieron este cambio, determinándose solo la existencia del género *Rana* para las especies mexicanas (Dubois, 2006; Yuan et ál. 2016).

Familia Hylidae: presentaba 14 géneros siendo el *Hyla* el más numeroso; empero, Duellman (2001) subdividió este género en pequeños grupos manteniéndose así hasta la fecha.

Tabla 2.- Especies de anuros potencialmente endémicos de acuerdo a los listados consultados. La “X” en las columnas significan que aparecen registradas como especie endémica de México en el respectivo listado.

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
Bufo	<i>Anaxyrus californicus</i>		X		
Bufo	<i>Anaxyrus compactilis</i>	X		X	X
Bufo	<i>Anaxyrus kelloggi</i>	X		X	X
Bufo	<i>Anaxyrus mexicanus</i>			X	X
Bufo	<i>Incilius cavifrons</i>				X
Bufo	<i>Incilius cristatus</i>	X	X	X	X
Bufo	<i>Incilius cycladen</i>			X	X
Bufo	<i>Incilius gemmifer</i>	X	X	X	X
Bufo	<i>Incilius marmoreus</i>	X		X	X
Bufo	<i>Incilius mazatlanensis</i>	X		X	X
Bufo	<i>Incilius occidentalis</i>	X		X	X
Bufo	<i>Incilius perplexus</i>	X		X	X
Bufo	<i>Incilius pisinnus</i>			X	X
Bufo	<i>Incilius spiculatus</i>			X	X
Hyla	<i>Agalychnis dacnicolor</i>	X		X	X
Hyla	<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>	X	X	X	X

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
Hylidae	<i>Charadrahyla altipotens</i>		X	X	X
Hylidae	<i>Charadrahyla chaneque</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Charadrahyla nephila</i>			X	X
Hylidae	<i>Charadrahyla taeniopus</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Charadrahyla tecuani</i>			X	X
Hylidae	<i>Charadrahyla trux</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Dendropsophus sartori</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Diaglena spatulata</i>	X			X
Hylidae	<i>Dryophytes arboricola</i>			X	X
Hylidae	<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>				X
Hylidae	<i>Duellmanohyla chamulae</i>		X	X	X
Hylidae	<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>	X	X	X	
Hylidae	<i>Ecnomiohyla echinata</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Ecnomiohyla valancifer</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Exerodonta abdivita</i>			X	X

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
Hylidae	<i>Exerodonta bivocata</i>			X	X
Hylidae	<i>Exerodonta chimalapa</i>			X	X
Hylidae	<i>Exerodonta juanita</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Exerodonta melanomma</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Exerodonta pinorum</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Exerodonta smaragdina</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Exerodonta sumichrasti</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Exerodonta xera</i>			X	X
Hylidae	<i>Hyla eximia</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Hyla plicata</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Megastomatohyla mixe</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Megastomatohyla nubicola</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Megastomatohyla pellita</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Plectrohyla acanthodes</i>	X	X	X	
Hylidae	<i>Plectrohyla pachyderma</i>	X	X	X	X

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
Hylidae	<i>Plectrohyla pentheter</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Plectrohyla pycnochila</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Plectrohyla thorectes</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Ptychohyla erythromma</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Rheohyla miotympanum</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla ameibothalame</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla arborescandens</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla bistincta</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla calthula</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla calvicollina</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla celata</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla cembra</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla charadricola</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla chryses</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla crassa</i>	X	X	X	X

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
Hylidae	<i>Sarcohyla cyanomma</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla cyclada</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla ephemera</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla hazelae</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla labedactyla</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla lacertosa</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla miahuatlanensis</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla mykter</i>		X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla psarosema</i>			X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla robertsorum</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla sabrina</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Sarcohyla siopela</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Smilisca dentata</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Tlalocohyla godmani</i>	X	X	X	X
Hylidae	<i>Tlalocohyla smithii</i>	X		X	X
Hylidae	<i>Triprion petasatus</i>			X	

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus albolabris</i>				X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dennisi</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dilatus</i>	X		X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dixoni</i>	X	X	X	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus grandis</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus grunwaldi</i>				X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus longipes</i>	X		X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus maurus</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus modestus</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	X		X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus pallidus</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus rufescens</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	X		X	X

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
	<i>saxatilis</i>				
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus syristes</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	X		X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verruculatus</i>	X	X	X	X
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus wixarika</i>				X
Craugastoridae	<i>Craugastor batrachylus</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor berkenbuschi</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor decoratus</i>	X	X		X
Craugastoridae	<i>Craugastor galacticorhinus</i>			X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor glaucus</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor guerreroensis</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor hobartsmithi</i>	X		X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor megalotympanum</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor mexicanus</i>	X		X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor montanus</i>	X	X	X	X

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
Craugastoridae	<i>Craugastor occidentalis</i>	X		X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor omiltemanus</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor pelorus</i>			X	
Craugastoridae	<i>Craugastor polymniae</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor pozo</i>			X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor rhodopis</i>			X	
Craugastoridae	<i>Craugastor rugulosus</i>			X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor rupinius</i>				
Craugastoridae	<i>Craugastor silvicola</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor spatulatus</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor stuarti</i>	X	X	X	
Craugastoridae	<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor taylori</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor uno</i>	X	X	X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor vocalis</i>	X		X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor vulcani</i>			X	X
Craugastoridae	<i>Craugastor</i>	X	X	X	X

Familia	Nombre científico	Flores-Villela (1993)	NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT)	AmphibiaWeb (2015)	The University of Texas at Arlington (2015)
	<i>yucatanensis</i>				
Ranidae	<i>Rana brownorum</i>	X	X		X
Ranidae	<i>Rana chichicuahutla</i>			X	X
Ranidae	<i>Rana dunni</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana johni</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana lemosespinali</i>			X	X
Ranidae	<i>Rana magnaocularis</i>	X		X	X
Ranidae	<i>Rana megapoda</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana montezumae</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana neovolcanica</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana omiltemana</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana psilonota</i>			X	X
Ranidae	<i>Rana pueblae</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana pustulosus</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana sierramadrensis</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana spectabilis</i>	X		X	X
Ranidae	<i>Rana tarahumarae</i>	X			
Ranidae	<i>Rana tlaloci</i>	X	X	X	X
Ranidae	<i>Rana zweifeli</i>	X		X	X

Empero, después de la revisión bibliográfica para cada especie (Tabla 3), el número de endemismos resultó menor, 137, lo cual indica que 18 especies fueron reconocidas erróneamente como endémicas en alguno de los 4 listados consultados o bien no se tenían registros de ellas en los países vecinos.

Tabla 3.- Bibliografía utilizada para definir el endemismo de cada una de las especies potencialmente endémicas y su endemismo para México de acuerdo a la revisión

Nombre científico	Bibliografía
<i>Anaxyrus californicus</i>	Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Anaxyrus compactilis</i>	Wiegmann, 1833; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Anaxyrus kelloggi</i>	Taylor, 1938; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Anaxyrus mexicanus</i>	Brocchi, 1879; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius cavifrons</i>	Firschein, 1950; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius cristatus</i>	Wiegmann, 1833; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius cycladen</i>	Lynch y Smith, 1966; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius gemmifer</i>	Taylor, 1940; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius marmoreus</i>	Wiegmann, 1833; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius mazatlanensis</i>	Taylor, 1940; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius occidentalis</i>	Camerano, 1879; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius perplexus</i>	Taylor, 1943; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius pisinnus</i>	Mendelson <i>et al.</i> 2005; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Incilius spiculatus</i>	Mendelson, 1997; Oliver-López <i>et al.</i> , 2009
<i>Agalychnis dacnicolor</i>	Cope, 1864; Duellman, 2001
<i>Bromeliohyala dendroscarta</i>	Taylor, 1940; Duellman, 2001
<i>Charadrahyla altipotens</i>	Duellman, 1968; Duellman, 2001
<i>Charadrahyla chaneque</i>	Duellman, 1961; Duellman, 2001
<i>Charadrahyla nephila</i>	Mendelson y Campbell, 1999; Duellman, 2001
<i>Charadrahyla taeniopus</i>	Gunther, 1901; Duellman, 2001

Nombre científico	Bibliografía
<i>Charadrahyla tecuani</i>	Campbell <i>et al.</i> 2009
<i>Charadrahyla trux</i>	Adler & Dennis, 1972; Duellman, 2001
<i>Dendropsophus sartori</i>	Smith, 1951; Duellman, 2001
<i>Diaglena spatulata</i>	Günther, 1882; Duellman, 2001
<i>Dryophytes arboricola</i>	Taylor. 1941
<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>	Günther, 1858; Duellman, 2001
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	Duellman, 1961; Duellman, 2001
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	Duellman, 1961; Duellman, 2001
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>	Duellman, 2001
<i>Ecnomiohyla echinata</i>	Duellman, 1961; Duellman, 2001
<i>Ecnomiohyla valancifer</i>	Firschein y Smith, 1956; Duellman, 2001
<i>Exerodonta abdivita</i>	Campbell y Duellman, 2000
<i>Exerodonta bivocata</i>	Duellman & Hoyt, 1961; Duellman, 2001
<i>Exerodonta chimalapa</i>	Mendelson & Campbell, 1994; Duellman, 2001
<i>Exerodonta juanita</i>	Snyder, 1972; Duellman, 2001
<i>Exerodonta melanomma</i>	Taylor, 1940; Duellman, 2001
<i>Exerodonta pinorum</i>	Taylor, 1937; Duellman, 2001
<i>Exerodonta smaragdina</i>	Taylor, 1940; Duellman, 2001
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	Brocchi, 1879; Duellman, 2001
<i>Exerodonta xera</i>	Mendelson y Campbell, 1994; Canseco-Márquez L. y Gutiérrez-Mayén, 2006
<i>Hyla eximia</i>	Duellman, 2001
<i>Hyla plicata</i>	Brocchi, 1877; Duellman, 2001
<i>Megastomatohyla mixe</i>	Duellman, 1965; Duellman, 2001
<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>	Taylor, 1950; Duellman, 2001
<i>Megastomatohyla nubicola</i>	Duellman, 1964; Duellman, 2001
<i>Megastomatohyla pellita</i>	Duellman, 1968; Duellman, 2001

Nombre científico	Bibliografía
<i>Plectrohyla acanthodes</i>	Duellman, 2001
<i>Plectrohyla pachyderma</i>	Taylor, 1942; Duellman, 2001
<i>Plectrohyla pentheter</i>	Adler, 1965; Duellman, 2001
<i>Plectrohyla pycnochila</i>	Rabb, 1959; Duellman, 2001
<i>Plectrohyla thorectes</i>	Adler, 1965; Duellman, 2001
<i>Ptychohyla erythromma</i>	Taylor, 1937; Duellman, 2001
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	Ahl, 1934; Duellman, 2001
<i>Rheohyla miotympanum</i>	Cope, 1863; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla ameibothalame</i>	Canseco-Márquez <i>et al.</i> 2002
<i>Sarcohyla arborescandens</i>	Taylor, 1939; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla bistincta</i>	Cope, 1877; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla calthula</i>	Ustach <i>et al.</i> 2000; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla calvicollina</i>	Toal, 1994; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla celata</i>	Toal y Menselson, 1995; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla cembra</i>	Caldwell, 1974; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla charadricola</i>	Duellman, 1964; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla chryses</i>	Adler, 1965; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla crassa</i>	Brocchi, 1877; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla cyanomma</i>	Caldwell, 1974; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla cyclada</i>	Campbell y Duellman, 2000
<i>Sarcohyla ephemera</i>	Meik <i>et al.</i> 2005; Faivovich, J. <i>et al.</i> 2005
<i>Sarcohyla hazelae</i>	Taylor, 1940; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla labedactyla</i>	Mendelson III <i>et al.</i> 1996
<i>Sarcohyla lacertosa</i>	Bumzahemy & Smith, 1954; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla miahuatlanensis</i>	Meik <i>et al.</i> 2006; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla mykter</i>	Adler y Dennis, 1972; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla psarosema</i>	Campbell y Duellman, 2000

Nombre científico	Bibliografía
<i>Sarcohyla robertsororum</i>	Taylor, 1940; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla sabrina</i>	Caldwell, 1974; Duellman, 2001
<i>Sarcohyla siopela</i>	Duellman, 1968; Duellman, 2001
<i>Smilisca dentata</i>	Smith, 1957; Duellman, 2001
<i>Tlalocohyla godmani</i>	Gunther, 1901; Duellman, 2001
<i>Tlalocohyla smithii</i>	Gunther, 1901; Duellman, 2001
<i>Tripurion petasatus</i>	Cope, 1865
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	Taylor, 1943; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Crawford y Smith 2005
<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	Taylor, 1940; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Crawford y Smith 2005
<i>Eleutherodactylus dennisi</i>	Lynch, 1970; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Crawford y Smith 2005
<i>Eleutherodactylus dilatatus</i>	Davis y Dixon, 1955; Dixon, J.R. 1957
<i>Eleutherodactylus dixoni</i>	Hedges, 1989; Lynch, 1991
<i>Eleutherodactylus grandis</i>	Dixon, 1957; Hedges, 1989; Lynch, 1991
<i>Eleutherodactylus grunwaldi</i>	Reyes-Velasco <i>et al.</i> , 2015
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	Langebartel & Shannon, 1956; Enderson <i>et al.</i> , 2014
<i>Eleutherodactylus longipes</i>	Baird, 1859; Lynch, 1970; Hedges, 1989
<i>Eleutherodactylus maurus</i>	Hedges, 1989
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	Taylor, 1942; Lynch, 1970; Hedges, 1989
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	Peters, 1869; Santiago-Pérez <i>et al.</i> , 2012
<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	Dixon y Webb, 1966; Lynch, 1970; Hedges, 1989
<i>Eleutherodactylus pallidus</i>	Duellman, 1958; Lynch, 1970
<i>Eleutherodactylus rufescens</i>	Duellman & Dixon, 1959
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	Webb, 1962
<i>Eleutherodactylus syristes</i>	Hoyt, 1965
<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	Duellman, 1958
<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	Firschein, 1954; Cope, 1885; Carbajal-Márquez, 2013
<i>Eleutherodactylus verruculatus</i>	Peters, 1870; Lynch, 1976

Nombre científico	Bibliografía
<i>Eleutherodactylus wixarika</i>	Reyes-Velasco <i>et al.</i> , 2015
<i>Craugastor batrachylus</i>	Taylor, 1940; Terán-Juárez <i>et al.</i> , 2016
<i>Craugastor berkenbuschi</i>	Peters, 1870; Campbell y Savage, 2000
<i>Craugastor decoratus</i>	Taylor, 1942; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Crawford y Smith, 2005
<i>Craugastor galacticorhinus</i>	Canseco-Márquez & Smith, 2004.
<i>Craugastor glaucus</i>	Lynch, 1967; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Streicher, 2012
<i>Craugastor guerreroensis</i>	Lynch, 1967; Campbell <i>et al.</i> , 1989
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	Taylor, 1936; Santiago-Pérez <i>et al.</i> , 2012
<i>Craugastor megalotympanum</i>	Shannon y Werler, 1955; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Crawford y Smith, 2005
<i>Craugastor mexicanus</i>	Brocchi, 1877; Streicher, 2012
<i>Craugastor montanus</i>	Lynch, 1965; CONABIO, 2013
<i>Craugastor occidentalis</i>	Taylor, 1941; Streicher, J.W. <i>et al.</i> , 2014
<i>Craugastor omiltemanus</i>	Günther, 1900; Lynch, 2000; Crawford y Smith, 2005
<i>Craugastor pelorus</i>	Campbell y Savage, 2000
<i>Craugastor polymniae</i>	Campbell, <i>et al.</i> , 1989; Campbell y Savage, 2000
<i>Craugastor pozo</i>	Johnson y Savage, 1995
<i>Craugastor rhodopis</i>	Cope, 1867; Streicher <i>et al.</i> , 2014
<i>Craugastor rugulosus</i>	Cope, 1870; Campbell y Savage, 2000
<i>Craugastor rupinius</i>	Guerra-Centeno <i>et al.</i> , 2014
<i>Craugastor silvicola</i>	Lynch, 1967; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Crawford y Smith, 2005
<i>Craugastor spatulatus</i>	Smith, 1939; Campbell <i>et al.</i> , 1989; Crawford y Smith, 2005
<i>Craugastor stuarti</i>	Campbell <i>et al.</i> 1989; Crawford y Smith, 2005
<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	Campbell <i>et al.</i> 1989; Taylor, 1940
<i>Craugastor taylori</i>	Lynch, 1966; Köhler. 2010
<i>Craugastor uno</i>	Savage, 1984; Streicher <i>et al.</i> , 2011
<i>Craugastor vocalis</i>	Taylor, 1940; Campbell y Savage, 2000

Nombre científico	Bibliografía
<i>Craugastor vulcani</i>	Shannon y Werler, 1955; Campbell & Savage, 2000
<i>Craugastor yucatanensis</i>	Lynch, 1965; Köhler, 2010
<i>Rana brownorum</i>	Köhler, 2010.
<i>Rana chichicuahutla</i>	Cuellar <i>et al.</i> , 1996
<i>Rana dunni</i>	Zweifel, 1957; Hillis <i>et al.</i> , 1983
<i>Rana johni</i>	Blair, 1965; Webb, 1988
<i>Rana lemosespinali</i>	Smith y Chiszar, 2003; Enderson <i>et al.</i> , 2014
<i>Rana magnaocularis</i>	Frost y Bagnara, 1974
<i>Rana megapoda</i>	Taylor, 1942; Hillis <i>et al.</i> , 1983
<i>Rana montezumae</i>	Baird, 1854; Ramírez-Bautista <i>et al.</i> , 2009
<i>Rana neovolcanica</i>	Hillis y Frost, 1985; Santiago-Pérez <i>et al.</i> , 2012
<i>Rana omiltemana</i>	Günther, 1900; Hillis <i>et al.</i> , 1983
<i>Rana psilonota</i>	Webb, 2001; Santiago-Pérez <i>et al.</i> , 2012
<i>Rana pueblae</i>	Zweifel, 1955; Webb, 1988
<i>Rana pustulosus</i>	Boulenger, 1883; Hillis <i>et al.</i> , 1984
<i>Rana sierramadrensis</i>	Taylor, 1939; Hillis y de Sá, 1988
<i>Rana spectabilis</i>	Hillis y Frost, 1985; Ramírez-Bautista <i>et al.</i> , 2009
<i>Rana tarahumarae</i>	Bradley <i>et al.</i> , 2002; Rorabaugh y Hale, 2005
<i>Rana tlaloci</i>	Hillis y Frost, 1985; Ramírez-Bautista <i>et al.</i> , 2009
<i>Rana zweifeli</i>	Hillis <i>et al.</i> , 1984; Dubois, 2006

De manera que se pueden reconocer como anuros endémicos de México a un total de 136 especies: siendo 13 especies de la Familia Bufonidae, 24 de Craugastoridae (una especie menos que Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008), 27 especies de Eleutherodactylidae (cuatro especies más que Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008), 62 especies de Hylidae (cuatro especie menos que Llorente-

Bousquets y Ocegueda, 2008) y 16 especies de la familia Ranidae; además hay que considerar el hecho de que hay 8 especies del género *Eleutherodactylus* de reciente descripción por lo cual no estaban contempladas en ningún listado. (Tabla 4)

Categorías de riesgo

De estas 136 especies endémicas de México, 78 especies se encuentran reconocidas bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Figura 2), encontrándose 4 en peligro de extinción (P) siendo todas pertenecientes a la familia Ranidae, entre las especies en categoría de riesgo la mayoría (57 especies) están Sujetas a Protección Especial y son especies pertenecientes a las cinco familias de anuros con especies reconocidas como endémicas, bajo la categoría de riesgo Amenazada, se encuentran 16 especies de la familia Hylidae y una a la familia Ranidae. No obstante, destaca el hecho de que 84 especies no se encuentran incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 4.- Especies de anuros endémicos de México y su estatus de amenaza incluidos en los tres principales organismos gubernamentales y no gubernamentales para la conservación de la biodiversidad. Categorías: NOM-059: Pr: Sujetas a Protección Especial, A: Amenazada, P: En Peligro de Extinción IUCN: LC: Preocupación Menor, NT: Casi Amenazada, EN: En Peligro, CR: En peligro crítico, VU: Vulnerable, DD. Datos insuficientes, Las casillas en blanco indican que la especie no ha sido asignado a alguna categoría aún. En el Apéndice II de CITES se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. *Como: *Agalychnis* spp.

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Bufo	<i>Anaxyrus compactilis</i>	Wiegmann, 1833		LC	
Bufo	<i>Anaxyrus kelloggi</i>	Taylor, 1938		LC	
Bufo	<i>Anaxyrus mexicanus</i>	Brocchi, 1879		NT	
Bufo	<i>Incilius cavifrons</i>	Firschein, 1950		EN	
Bufo	<i>Incilius cristatus</i>	Wiegmann, 1833	Pr	CR	
Bufo	<i>Incilius cycladen</i>	Lynch and Smith, 1966		VU	
Bufo	<i>Incilius gemmifer</i>	Taylor, 1940	Pr	EN	
Bufo	<i>Incilius marmoreus</i>	Wiegmann, 1833)		LC	
Bufo	<i>Incilius mazatlanensis</i>	Taylor, 1940		LC	
Bufo	<i>Incilius occidentalis</i>	Camerano, 1879		LC	
Bufo	<i>Incilius perplexus</i>	Taylor, 1943		EN	
Bufo	<i>Incilius pisinnus</i>	Mendelson et al., 2005		DD	
Bufo	<i>Incilius spiculatus</i>	Mendelson, 1997		EN	
Hyla	<i>Agalychnis dacnicolor</i>	Cope, 1864		LC	Apéndice 2*
Hyla	<i>Bromeliohyala dendroscarta</i>	Taylor, 1940	Pr	CR	
Hyla	<i>Charadrahyla altipotens</i>	Duellman, 1968	Pr	CR	
Hyla	<i>Charadrahyla chaneque</i>	Duellman, 1961	Pr	EN	

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059- SEMARNAT- 2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Hylidae	<i>Charadrahyla nephila</i>	Mendelson & Campbell, 1999		VU	
Hylidae	<i>Charadrahyla taeniopus</i>	Gunther, 1901	A	VU	
Hylidae	<i>Charadrahyla tecuani</i>	Campbell et al., 2009.			
Hylidae	<i>Charadrahyla trux</i>	Adler & Dennis, 1972	A	CR	
Hylidae	<i>Dendropsophus sartori</i>	Smith, 1951	A	LC	
Hylidae	<i>Diaglena spatulata</i>	Günther, 1882		LC	
Hylidae	<i>Dryophytes arboricola</i>	Taylor, 1941		DD	
Hylidae	<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>	Günther, 1858		LC	
Hylidae	<i>Duellmanohyla chamulae</i>	Duellman, 1961	Pr	EN	
Hylidae	<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	Duellman, 1961	Pr	EN	
Hylidae	<i>Ecnomihyla echinata</i>	Duellman, 1961	Pr	CR	
Hylidae	<i>Ecnomihyla valancifer</i>	Firschein & Smith, 1956	Pr	CR	
Hylidae	<i>Exerodonta abdivita</i>	Campbell & Duellman, 2000		DD	
Hylidae	<i>Exerodonta bivocata</i>	Duellman & Hoyt, 1961		DD	
Hylidae	<i>Exerodonta chimalapa</i>	Mendelson & Campbell, 1994		EN	
Hylidae	<i>Exerodonta juanita</i>	Snyder, 1972	A	VU	
Hylidae	<i>Exerodonta melanomma</i>	Taylor, 1940	Pr	VU	
Hylidae	<i>Exerodonta pinorum</i>	Taylor, 1937	Pr	VU	
Hylidae	<i>Exerodonta smaragdina</i>	Taylor, 1940	Pr	LC	
Hylidae	<i>Exerodonta sumichrasti</i>	Brocchi, 1879		LC	

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059- SEMARNAT- 2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Hylidae	<i>Exerodonta xera</i>	Mendelson & Campbell, 1994		VU	
Hylidae	<i>Hyla plicata</i>	Brocchi, 1877	A	LC	
Hylidae	<i>Megastomatohyla mixe</i>	Duellman, 1965	Pr	CR	
Hylidae	<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>	Taylor, 1950	A	EN	
Hylidae	<i>Megastomatohyla nubicola</i>	Duellman, 1964	A	EN	
Hylidae	<i>Megastomatohyla pellita</i>	Duellman, 1968		CR	
Hylidae	<i>Plectrohyla pachyderma</i>	Taylor, 1942	Pr	CR	
Hylidae	<i>Plectrohyla pentheter</i>	Adler, 1965		EN	
Hylidae	<i>Plectrohyla pycnochila</i>	Rabb, 1959	A	CR	
Hylidae	<i>Plectrohyla thorectes</i>	Adler, 1965	Pr	CR	
Hylidae	<i>Ptychohyla erythromma</i>	Taylor, 1937	Pr	EN	
Hylidae	<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	Ahl, 1934	Pr	EN	
Hylidae	<i>Rheohyla miotympanum</i>	Cope, 1863		NT	
Hylidae	<i>Sarcohyla ameibothalame</i>	Canseco-Márquez, Mendelson & Gutiérrez- Mayén., 2002		DD	
Hylidae	<i>Sarcohyla arborescandens</i>	Taylor, 1939	Pr	EN	
Hylidae	<i>Sarcohyla bistincta</i>	Cope, 1877	Pr	LC	
Hylidae	<i>Sarcohyla calthula</i>	Ustach, Mendelson, McDiarmid & Campbell, 2000		CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla calvicollina</i>	Toal, 1994		CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla celata</i>	Toal & Menselson, 1995		CR	

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059- SEMARNAT- 2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Hylidae	<i>Sarcohyla cembra</i>	Caldwell, 1974	A	CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla charadricola</i>	Duellman, 1964	A	EN	
Hylidae	<i>Sarcohyla chryses</i>	Adler, 1965	Pr	CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla crassa</i>	Brocchi, 1877	Pr	CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla cyanomma</i>	Caldwell, 1974	A	CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla ciclada</i>	Campbell & Duellman, 2000		EN	
Hylidae	<i>Sarcohyla ephemera</i>	Meik et al., 2005		CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla hazelae</i>	Taylor, 1940	Pr	CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla labedactyla</i>	Mendelson & Toal, 1996		DD	
Hylidae	<i>Sarcohyla lacertosa</i>	Bumzahem & Smith, 1954	Pr	EN	
Hylidae	<i>Sarcohyla miahuatlanensis</i>	Meik et al., 2006		DD	
Hylidae	<i>Sarcohyla mykter</i>	Adler & Dennis, 1972	A	EN	
Hylidae	<i>Sarcohyla psarosema</i>	Campbell & Duellman, 2000		CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla robertsororum</i>	Taylor, 1940	A	EN	
Hylidae	<i>Sarcohyla sabrina</i>	Caldwell, 1974	A	CR	
Hylidae	<i>Sarcohyla siopela</i>	Duellman, 1968		CR	
Hylidae	<i>Smilisca dentata</i>	Smith, 1957	A	EN	

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Hylidae	<i>Tlalocohyla godmani</i>	Gunther, 1901	A	VU	
Hylidae	<i>Tlalocohyla smithii</i>	Gunther, 1901		LC	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	Taylor, 1943		CR	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	Taylor, 1940	Pr	VU	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus colimotl</i>	Grünwald et al., 2018			
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus erendirae</i>	Grünwald et al., 2018			
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus floresvillelai</i>	Grünwald et al., 2018			
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus jaliscoensis</i>	Grünwald et al., 2018			
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus manantlanensis</i>	Grünwald et al., 2018			
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nietoi</i>	Grünwald et al., 2018			
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dennisii</i>	Lynch, 1970	Pr	EN	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dilatus</i>	Davis & Dixon, 1955		EN	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dixonii</i>	Lynch, 1991	Pr	CR	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus grandis</i>	Dixon, 1957	Pr	CR	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus grunwaldi</i>	Reyes-Velasco J., Ahumada-Carrillo I. T., Burkhardt T. & Devitt T. J. 2015.			
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	Langebartel & Shannon, 1956	Pr	DD	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus longipes</i>	Baird, 1859		VU	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus maurus</i>	Hedges, 1989	Pr	DD	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus modestus</i>	Taylor, 1942	Pr	VU	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	Peters, 1869		LC	

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	Dixon & Webb, 1966	Pr	VU	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus pallidus</i>	Duellman, 1958	Pr	DD	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus rufescens</i>	Duellman and Dixon, 1959	Pr	CR	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	Webb, 1962		EN	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus syristes</i>	Hoyt, 1965	Pr	EN	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	Duellman, 1958	Pr	DD	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	Cope, 1885	Pr	VU	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verruculatus</i>	Peters, 1870	Pr	DD	
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus wixarika</i>	Reyes-Velasco J., Ahumada-Carrillo I. T., Burkhardt T. & Devitt T. J. 2015.			
Craugastoridae	<i>Craugastor batrachylus</i>	Taylor, 1940	Pr	DD	
Craugastoridae	<i>Craugastor berkenbuschi</i>	Peters, 1870	Pr	NT	
Craugastoridae	<i>Craugastor decoratus</i>	Taylor, 1942	Pr	VU	
Craugastoridae	<i>Craugastor galacticorhinus</i>	Canseco-Márquez and Smith, 2004			
Craugastoridae	<i>Craugastor glaucus</i>	Lynch, 1967	Pr	CR	
Craugastoridae	<i>Craugastor guerreroensis</i>	Lynch, 1967	Pr	CR	
Craugastoridae	<i>Craugastor hobartsmithi</i>	Taylor, 1936		EN	
Craugastoridae	<i>Craugastor megalotympanum</i>	Shannon & Werler, 1955	Pr	CR	
Craugastoridae	<i>Craugastor mexicanus</i>	Brocchi, 1877		LC	
Craugastoridae	<i>Craugastor montanus</i>	Lynch, 1965	Pr	EN	

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Craugastoridae	<i>Craugastor occidentalis</i>	Taylor, 1941		DD	
Craugastoridae	<i>Craugastor omiltemanus</i>	Günther, 1900	Pr	EN	
Craugastoridae	<i>Craugastor pelorus</i>	Campbell and Savage, 2000			
Craugastoridae	<i>Craugastor polymniae</i>	Campbell, Lamar & Hillis, 1989	Pr	CR	
Craugastoridae	<i>Craugastor pozo</i>	Johnson & Savage, 1995		CR	
Craugastoridae	<i>Craugastor rhodopis</i>	Cope, 1867		VU	
Craugastoridae	<i>Craugastor rugulosus</i>	Cope, 1870		LC	
Craugastoridae	<i>Craugastor silvicola</i>	Lynch, 1967	Pr	EN	
Craugastoridae	<i>Craugastor spatulatus</i>	Smith, 1939	Pr	EN	
Craugastoridae	<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	Taylor, 1940	Pr	VU	
Craugastoridae	<i>Craugastor taylori</i>	Lynch, 1966	Pr	DD	
Craugastoridae	<i>Craugastor uno</i>	Savage, 1984	Pr	EN	
Craugastoridae	<i>Craugastor vocalis</i>	Taylor, 1940		LC	
Craugastoridae	<i>Craugastor vulcani</i>	Shannon & Werler, 1955		EN	
Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis</i>	Lynch, 1965	Pr	NT	
Ranidae	<i>Rana chichicuahutla</i>	Cuellar, Méndez de la Cruz & Villagrán Santa Cruz, 1996		EN	
Ranidae	<i>Rana dunni</i>	Zweifel, 1957	Pr	EN	
Ranidae	<i>Rana johni</i>	Blair, 1965)	P	DD	
Ranidae	<i>Rana lemosespinali</i>	Smith & Chiszar, 2003		LC	

Familia	Nombre científico	Autoridad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN (2015)	CITES (2015)
Ranidae	<i>Rana magnaocularis</i>	Frost & Bagnara, 1974		VU	
Ranidae	<i>Rana megapoda</i>	Taylor, 1942	Pr	LC	
Ranidae	<i>Rana montezumae</i>	Baird, 1854	Pr	NT	
Ranidae	<i>Rana neovolcanica</i>	Hillis & Frost, 1985	A	CR	
Ranidae	<i>Rana omiltemana</i>	Günther, 1900	P	CR	
Ranidae	<i>Rana psilonota</i>	Webb, 2001		CR	
Ranidae	<i>Rana pueblae</i>	Zweifel, 1955	P	LC	
Ranidae	<i>Rana pustulosus</i>	Boulenger, 1883	Pr	VU	
Ranidae	<i>Rana sierramadrensis</i>	Taylor, 1939	Pr	LC	
Ranidae	<i>Rana spectabilis</i>	Hillis & Frost, 1985		CR	
Ranidae	<i>Rana tlaloci</i>	Hillis & Frost, 1985	P	LC	
Ranidae	<i>Rana zweifeli</i>	Hillis, Frost & Webb, 1984		LC	

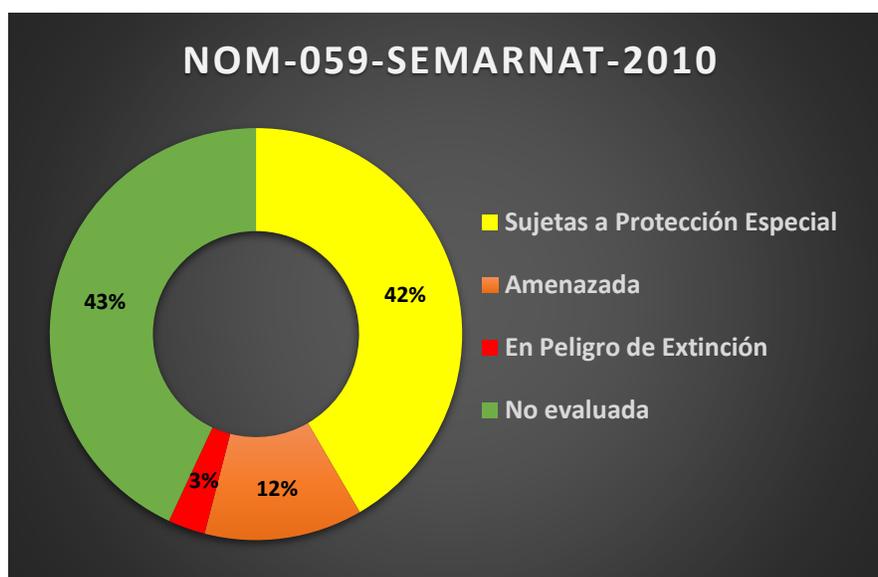


Figura 2.- Porcentaje de especies endémicas del Orden Anura bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010

En el caso de la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (Figura 3), 24 especies repartidas en las 5 familias se consideran de Preocupación Menor, 5

especies pertenecientes a las familias Bufonidae, Craugastoridae, Hylidae, Ranidae se encuentran bajo la categoría Casi Amenazada, bajo la categoría En Peligro, se encuentran 33 especies de las 5 familias con anuros endémicos, 36 especies fueron asignadas a la categoría En peligro crítico destacando que la familia Hylidae sobresale con 22 especies, en el caso de la categoría Vulnerable también se encuentran especies de las 5 familias registradas con especies endémicas, estas 5 familias también están representadas en la categoría de Datos Insuficientes, por último tres especies de la familia Craugastoridae, ocho de la familia Eleutherodactylidae y una de la familia Hylidae no han sido añadidas a alguna categoría.

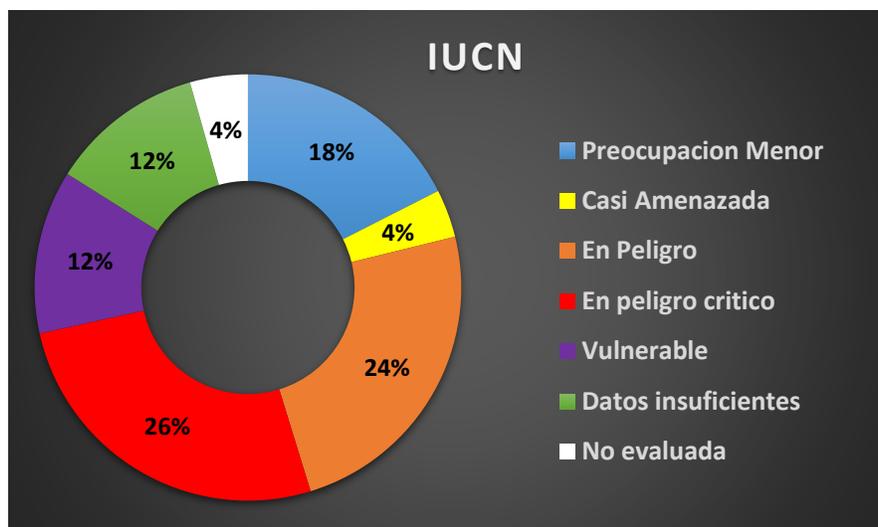


Figura 3.- Porcentaje de especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la lista roja de la IUCN

CONCLUSIONES

El presente trabajo es de suma importancia ya que presenta información actualizada sobre las especies de anuros endémicos del país la cual queda disponible para otros; es relevante el hecho de que los cuatro listados consultados presentan diferencias significativas con la información obtenida después de una revisión bibliográfica exhaustiva, ya que algunos listados no consideraban como endémicas algunas especies que de acuerdo a la bibliografía sí lo son, o de modo contrario, se consideraban endémicas algunas especies que no lo eran, de tal manera que usar uno u otro listado podría obtener resultados diferentes.

Es relevante considerar que más de la mitad de las especies endémicas se encuentran en alguna categoría de riesgo, mientras que el resto no se mencionan en las normas oficiales, el no haber considerado como endémica alguna de las especies podría influir en que no presente alguna categoría de riesgo. Asimismo se podría explicar la falta de ésta al poco conocimiento que se tiene de algunas especies por su distribución limitada, lo cual se observa en la categoría de Datos Insuficientes (DD) de la IUCN, de igual forma algunas especies que no presentan evaluación por este organismo ya que son de reciente descripción.

BIBLIOGRAFIA

Adler, K. 1965. *Three new frogs of the genus Hyla from the Sierra Madre de Sur of Mexico*. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan 642: 1–18.

Adler, K., y Dennis D. 1972. *New tree frogs of the genus Hyla from the cloud forests of western Guerrero, México*. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 7: 1–19.

Ahl, E. 1934. *Über eine Sammlung von Reptilien und Amphibien aus Mexico*. Zoologischer Anzeiger 106: 184–186

Baird, S. 1854. *Descriptions of new genera and species of North American frogs*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 7: 59–62.

Blair S., Duellman W., y Heinicke M. 2008. *New World Direct-Developing Frogs (Anura: Terrarana): Molecular Phylogeny, Classification, Biogeography, And Conservation*. Zootaxa 1737. Auckland, New Zealand pp 1-182

Brocchi, P. 1879. *Sur divers batraciens anoures de l'Amérique Centrale*. Bulletin de la Société Philomathique de Paris. Series 7, 3: 19–24.

Caldwell, J. 1974. *A re-evaluation of the Hyla bistincta species group, with descriptions of three new species Anura: Hylidae*. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 28: 1–37.

Campbell, J., y Duellman W. 2000. *New species of stream-breeding hylid frogs from the northern versant of the highlands of Oaxaca, Mexico*. Scientific Papers. Natural History Museum, University of Kansas 16: 1–28.

Canseco-Márquez L. y Gutiérrez-Mayén M. 2006. *Guía de campo de los anfibios y reptiles del Valle de Zapotitlán, Puebla*. Sociedad Herpetológica Mexicana y Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 78 p.

Cope, E. 1863. *On Trachycephalus, Scaphiopus and other Batrachia*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 15: 43–54.

Cope, E. 1867 "1866". *Fifth contribution to the herpetology of tropical America*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 18: 317–323.

Cope, E. 1870 "1869". *Seventh contribution to the herpetology of tropical America*. Proceedings of the American Philosophical Society 11: 147–169.

Cope, E. 1885 "1884". *A contribution to the herpetology of Mexico*. Proceedings of the American Philosophical Society 22: 379–404.

Cuellar, O., Méndez-De La Cruz, F. y Villagrán-Santa Cruz, M. 1996. *Rana chichicuahutla, a new species of Leopard Frog from the Mexican plateau*. Revue de Zoologie 8:1-8.

Davis, W., y Dixon J. 1955. *Notes on Mexican toads of the genus Tomodactylus with the descriptions of two new species*. Herpetologica 11: 154–160.

Dixon, J. 1957. *Geographic variation and distribution of the genus Tomodactylus in México*. Texas Journal of science 94:379-409.

Dubois, A. 2006. *New proposals for naming lower-ranked taxa within the frame of the International Code of Zoological Nomenclature*. Comptes Rendus. Biologies. Paris 329: 823–840.

Duellman, W. 1958. *A review of the frogs of the genus Syrrhophus in western Mexico*. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan 594: 1–15.

Duellman, W. 1961. *Descriptions of two new species of frogs, genus Ptychohyla*. Studies of American hylid frogs, V. University of Kansas Publications. Museum of Natural History 13: 349–357.

Duellman, W. 1964. *A review of the frogs of the Hyla bistincta group*. University of Kansas Publications. Museum of Natural History 15: 469–491.

Duellman, W. y Hoyt D. 1961. *Description of a new species of Hyla from Chiapas, Mexico*. Copeia 1961: 414–417.

Enderson, E., Van Devender, T. y Bezy, L. 2014. *Amphibians and reptiles of Yécora, Sonora and the Madrean Tropical Zone of the Sierra Madre Occidental in northwestern Mexico*. Check List, [S.I.], v. 10, n. 4, p. 913-926, sep.. ISSN 1809-127X.

Espinosa, D., Ocegueda, S., Aguilar, C., Flores-Villela, O., Llorente-Bousquets, J. 2008. *El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 33-65.

Faivovich, J., Haddad, C., Garcia, P., Frost, D., Campbell, J. y Wheeler, W. 2005. *Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: Phylogenetic analysis and taxonomic revision*. Bulletin of the American Museum of Natural History 294:1-240.

Firschein, I. 1950. *A new toad from Mexico with a redefinition of the Cristatus group*. Copeia 1950: 81–87.

Firschein, I. y Smith H. 1956. *A new fringe-limbed Hyla Amphibia: Anura from a new faunal district of Mexico*. Herpetologica 12: 17–58.

Flores-Villela, O. 1993. *Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism*. In *Biological diversity of Mexico: origins and distributions*, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. eds. Oxford University Press, New York. p. 253-280.

Flores-Villela, O. y Canseco-Márquez, L. 2004. *Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México*. *Acta Zoológica Mexicana* n.s. 20 2: 115-144.

Guerra-Centeno, D., Morán-Villatoro D., Fuentes-Rousselin H., Meoño-Sánchez E. y Valdez-Sandoval C.. 2014. *Riqueza de herpetofauna de la reserva natural privada Los Tarrales, Cuenca del Lago Atitlán, Guatemala*. *Anales de Biología* 36: 23-31.

Günther A. 1858. *Neue Batrachier in der Sammlung des britischen Museums*. *Archiv für Naturgeschichte*. Berlin 24: 319–328.

Günther A. 1901. *Reptilia and Batrachia. Part 166*. Salvin, O., and F. D. Godman eds., *Biologia Centrali Americana*. Volume 7: 269–292. London, R. H. Porter and Dulau & Co..

Günther, A. 1900. *Reptilia and Batrachia. Part 155*. Salvin, O., and F. D. Godman eds., *Biologia Centrali Americana*. Volume 7: 213–220. London, R. H. Porter and Dulau & Co.

Hillis, D. y de Sá, R. 1988. *Phylogeny and taxonomy of the Rana palmipes group Salientia: Ranidae*. *Herpetological Monographs* 2:1-26.

Hillis, D. y Frost J. 1985. *Three new species of leopard frogs Rana pipiens complex from the Mexican Plateau*. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 117: 1–14.

Hillis, D., Frost J., y Webb R. 1984. *A new species of frog of the Rana tarahumarae group from southwestern Mexico*. *Copeia* 1984: 398–403.

Hillis, D., Frost, J. y Wright, D. 1983. *Phylogeny and biogeography of the Rana pipiens complex: a biochemical evaluation*. *Systematic Zoology* 32:132-143

Hillis, D., y Wilcox T,. 2005. *Phylogeny of the New World true frogs Rana*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 34: 299–314.

Hoyt, D. 1965. *A new frog of the genus Tomodactylus from Oaxaca, Mexico*. *The Ohio Herpetological Society* 51:19-22.

- Johnson, J. y Savage, J. 1995. *A new species of the Eleutherodactylus rugulosus group Leptodactylidae from Chiapas, Mexico*. Journal of Herpetology 294:501-506.
- Köhler, G. 2010. *Amphibians of Central America*, Germany. 379 pp ISBN 3-936180-33-4
- Koleff, P., Soberón J. Arita H., Dávila P., Flores-Villela O., Golubov J., Halffter G., Lira-Noriega A., Moreno C., Moreno E., Munguía M., Murguía M., Navarro-Sigüenza A., Téllez O., Ochoa-Ochoa L., Peterson A. y Rodríguez P. 2008. *Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 323-364.
- Langebartel, D. y Shannon F. 1956. *A new frog Syrrhophus from the Sinaloan lowlands of Mexico*. Herpetologica 12: 161 166.
- Llorente-Bousquets, J., y Ocegueda, S. 2008. *Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 283-322.
- Lynch, J. 1965. *A review of the eleutherodactylid frog genus Microbatrachylus Leptodactylidae*. Natural History Miscellanea. Chicago 182: 1–12.
- Lynch, J. 1966. *A new species of Eleutherodactylus from Chiapas, Mexico Amphibia: Leptodactylidae*. Transactions of the Kansas Academy of Science 69: 76–78.
- Lynch, J. 1970. *A taxonomic revision of the leptodactylid frog genus Syrrhophus Cope*. University of Kansas Publications. Museum of Natural History 20: 1–45.
- Meik, J., Smith E., Canseco-Márquez L. y Campbell J. 2006. *New species of the Plectrohyla bistincta group Hylidae: Hylinae; Hylini from Oaxaca, Mexico*. Journal of Herpetology 40: 304–309.
- Mendelson, J. y Campbell, J. 1999. *The taxonomic status of populations referred to Hyla chaneque in southern Mexico, with the description of a new treefrog from Oaxaca*. Journal of Herpetology 33: 80–86.
- Mendelson, J. y Toal, K 1996. *A new species of Hyla Anura: Hylidae from the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico, with comments on Hyla chryses and Hyla mykter*. Journal of Herpetology 30: 326–333.

Mendelson, J., Williams B., Sheil C., y Mulcahy D. 2005. *Systematics of the Bufo coccifer complex Anura: Bufonidae of Mesoamerica. Scientific Papers. Natural History Museum, University of Kansas* 38: 1–27

Oliver-López, L., Woolrich-Piña G. y Lemos-Espinal, J 2009. *La familia Bufonidae en México. UNAM, FES-Iztacala, CONABIO. México.* pp 139.

Reyes-Velasco, J., Ahumada-Carrillo I., Burkhardt T. y Devitt T. 2015. *Two new species of Eleutherodactylus subgenus Syrrhophus from western Mexico. Zootaxa* 3914 3: 301–317.

Rorabaugh, J. y Hale, S. 2005. *Rana tarahumarae Boulenger, 1917. In: Lannoo, M.J. ed., Status and Conservation of U.S. Amphibians, University of California Press, Berkeley, California.*

Santiago-Pérez, A., Domínguez-Laso M., Rosas-Espinoza V. y Rodríguez-Canseco J. Coords. 2012. *Anfibios y Reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila. Universidad de Guadalajara/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Coatzin, A. C./ Sociedad Herpetológica Mexicana, A. C. Guadalajara, Jalisco.* 227 p.

Shannon, F. y Werler J. 1955. *Notes on amphibians of the Los Tuxtlas range of Veracruz, Mexico. Transactions of the Kansas Academy of Science* 58: 360–386.

Smith, H. & Chiszar, D. 2003. *Distributional and variational data on the frogs of the genus Rana in Chihuahua, Mexico, including a new species. Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 39: 59–66.

Smith, H. 1951. *The identity of Hyla underwoodi auctorum of Mexico. Herpetologica* 7: 184–190.

Taylor, E. 1936. *New species of Amphibia from Mexico. Transactions of the Kansas Academy of Science* 39: 349–363.

Taylor, E. 1939 "1938". *New species of Mexican tailless Amphibia. University of Kansas Science Bulletin* 25: 385–405.

Taylor, E. 1940 "1939". *New species of Mexican Anura. University of Kansas Science Bulletin* 26: 385–405.

Taylor, E. 1942. *New Caudata and Salientia from México. University of Kansas Science Bulletin* 28: 295–323.

Taylor, E. 1950. *A new frog from the Tarahumara Mountains of Mexico*. Copeia 1940:250-253

Terán-Juárez, S., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Johnson, J., y Wilson, L. 2016. *The herpetofauna of Tamaulipas, Mexico: composition, distribution, and conservation*. Mesoamerican Herpetology 3: 43–113.

The University of Texas at Arlington. 2010. *Herpetology of Mexico*. [web application]. Available: <http://amphibiaweb.org/>. Accessed:01-julio-2015.

Toal, K. y Mendelson J. 1995. *A new species of Hyla Anura: Hylidae from cloud forest in Oaxaca, Mexico, with comments on the status of the Hyla bistincta group*. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 174: 1–20.

Toal, K., III. 1994. *A new species of Hyla Anura: Hylidae from the Sierra de Juárez, Oaxaca, México*. Herpetologica 50: 187–193.

Ustach, P., Mendelson J.,McDiarmid R., y Campbell J. 2000. *A new species of Hyla Anura: Hylidae from the Sierra Mixes, Oaxaca, Mexico, with comments on ontogenetic variation in the tadpoles*. Herpetologica 56: 239–250.

Webb, R. 1962. *A new species of frog genus Tomodactylus from western México*. *University of Kansas Publications*. Museum of Natural History 15: 175–181.

Webb, R. 1988. *Frogs of the Rana tarahumarae group in eastern Mexico*. Occasional Papers of the Museum of Texas Tech. University 121:1-15

Zweifel, R. 1957. *A new frog of the genus Rana from Michoacán, Mexico*. Copeia 1957: 78–83.

CAPÍTULO 3 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ANUROS ENDÉMICOS DE MÉXICO

INTRODUCCIÓN

Hasta el momento se han descrito 7,455 especies de anfibios en el mundo divididos en tres órdenes: Anura, Caudata y Gymnophiona (Frost, 2015). Es el orden Anura el grupo más numeroso, e incluye a los animales conocidos comúnmente como ranas y sapos, con 6,554 especies descritas; el segundo orden en riqueza específica es Caudata con 695, en él se incluyen los organismos llamados salamandras, ajolotes, tlaconetes, entre otros nombres comunes; el orden Gymnophiona, con 206 especies es el menos diverso y en se encuentran los organismos conocidos comúnmente como cecilias (Frost, 2015). En comparación con los otros tetrápodos, los anuros presentan tallas pequeñas, con un máximo de 30 cm de longitud total, normalmente tienen las extremidades posteriores más largas que las anteriores y su locomoción es por medio de saltos, el tronco es corto y carecen de cola (Heyer *et al.*, 2001; Halliday & Adler, 2007; Vitt & Caldwell, 2009). Son animales con fecundación externa; durante el amplexo, el macho (normalmente más pequeño) abraza a la hembra por debajo de sus miembros anteriores o por encima de las extremidades posteriores, tanto la hembra como el macho expulsan los óvulos y espermatozoides directamente en el agua en donde se realiza la fecundación. Los huevos están recubiertos por una capa mucosa que los mantiene unidos, ya sea en paquetes o en un par de largos cordones gelatinosos de forma tubular o espiral, los cuales se pegan a objetos

sumergidos en el agua en el cual se depositan; la forma del paquete o cordón de huevos varía de una especie a otra en forma y tamaño. De los huevos nacen larvas llamadas renacuajos, éstos son completamente acuáticos, ya que viven y se alimentan en el mismo cuerpo de agua en el que nacieron hasta que se lleva a cabo la metamorfosis; en este proceso las branquias externas y la cola se absorben mientras que se desarrollan los miembros. Sin embargo, existen especies que presentan un desarrollo directo, es decir, de los huevos nacen pequeños individuos anatómicamente idénticos a un adulto, pero de menor tamaño. (Pough, 2007; Oliver-López, *et al.*, 2009)

México es un país megadiverso, alberga el 12% de la biota registrada, aunque su extensión es solamente del 1% de la superficie del planeta (WWF, 2010). En términos de la riqueza de anfibios, ocupa el quinto lugar a nivel mundial, con 376 especies, de las cuales la mayoría son anuros (237), de las que 137 son endémicas (Capítulo 2). Estas especies representan a 5 de las 11 familias con distribución dentro del territorio nacional (Tabla 1); Oaxaca, Veracruz y Chiapas son los estados con mayor riqueza de anfibios. (Figura 1, Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006, Koleff, P., J. Soberón *et al.*, 2008). Mientras que las especies endémicas de anfibios se distribuyen el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Costa del Pacífico, principalmente en los estados de Jalisco, Michoacán, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Guerrero y Oaxaca (Figura 2). (Flores-Villela 1993; Ochoa y Flores-Villela 2006, Koleff, P., J. Soberón *et al.*, 2008).

Orden	Familia	Número de géneros	Número de especies	Número de especies endémicas
Anura	Bufo	3	34	13
	Centrolenidae	1	1	0
	Craugastoridae	1	39	26
	Eleutherodactylidae	1	25	18
	Hylidae	20	97	66
	Leptodactylidae	2	3	0
	Microhylidae	2	5	0
	Pipidae	1	1	0
	Ranidae	2	27	16
	Rhinophrynidae	1	1	0
	Scaphiopodidae	2	4	0
	Total	53	376	262

Tabla 1.- Riqueza Familias, géneros, especies y especies endémicas de anuros en México fuente (Parra-Olea *et al.*, 2014)

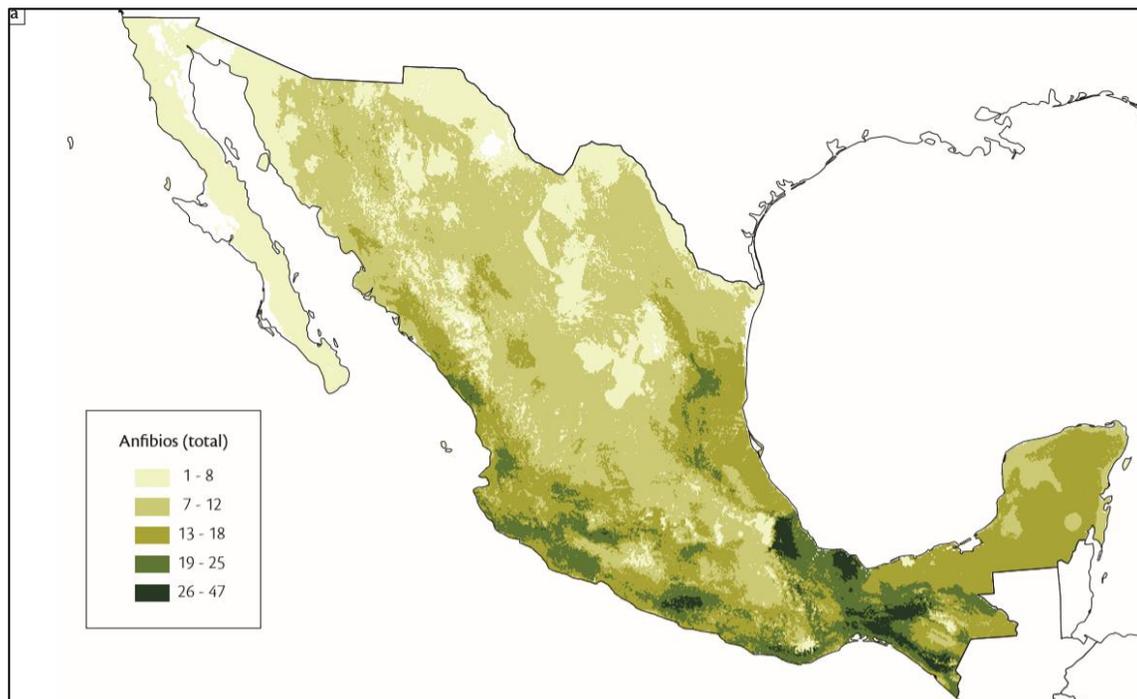


Figura 1.- Riqueza de especies de anfibios de México fuente (Koleff, P., *et al.*, 2008)

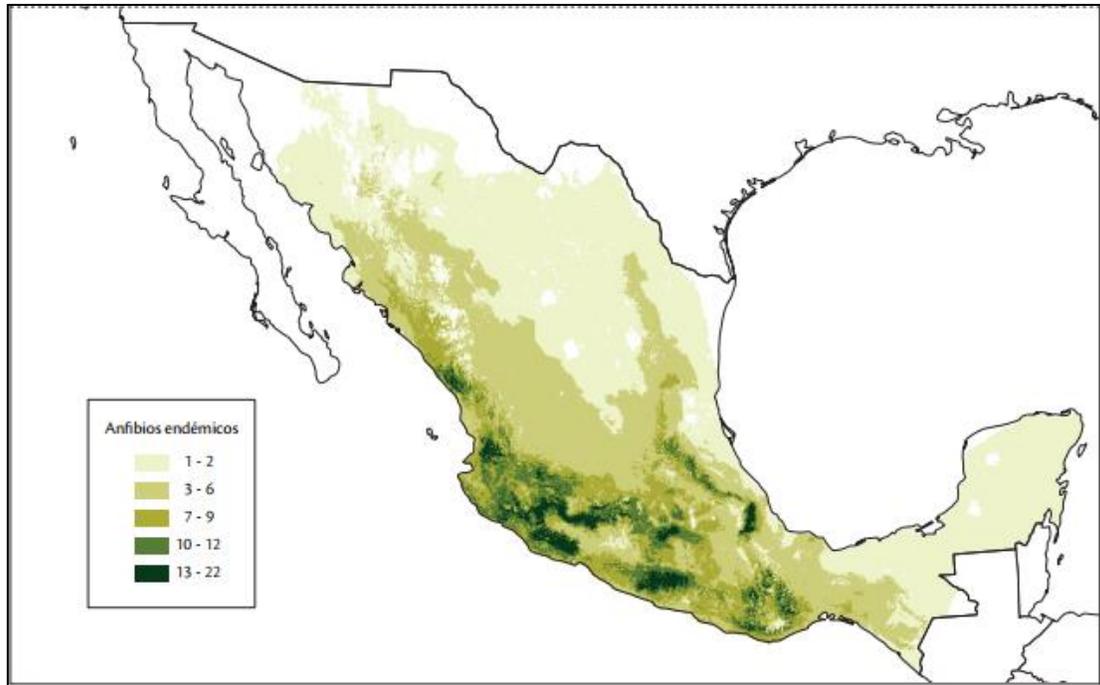


Figura 2.- Distribución de especies de anfibios endémicos de México fuente Koleff, P., *et al.*, 2008.)

Empero, se ha detectado una reducción en las poblaciones de anfibios, así como en el área de distribución que éstas ocupan (Carey *et al.*, 2003), por ejemplo, cerca de la mitad de los anfibios mexicanos se encuentran en algún tipo de riesgo (SEMARNAT, 2010). La IUCN considera que más de la mitad de los anfibios son especies sensibles al cambio climático, esto debido a la dependencia a un hábitat especializado, una reducida tolerancia a los factores ambientales, los cuales son susceptibles a ser sobrepasados en alguno de sus etapas de su ciclo vital; dependencia de un detonante o señal ambiental específica que es susceptible de sufrir una perturbación y una limitada capacidad de dispersión o de colonización de zonas nuevas o más favorables (IUCN, 2010).

El clima se define como una descripción estadística del tiempo atmosférico (El período de promedio habitual es de 30 años) en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años (IPCC, 2013). En términos de la distribución de las especies, el clima es un factor muy importante ya que todas las poblaciones tienen límites de tolerancia a factores ambientales, en caso de sobrepasarlos ocurre la extinción (MacArthur, 1972). El cambio climático presenta entonces un riesgo para las poblaciones; sí bien el clima de la Tierra se ha modificado de forma natural durante miles de millones de años, por cambios en la atmósfera, océanos, orografía, cubierta de hielo, presenta un impacto significativo en la biota terrestre como en la marina y las actividades humanas (Arroyo-Cabrales 2008). Actualmente las actividades humanas como la emisión de gases de efecto invernadero, están acelerando el calentamiento del planeta; por ejemplo, desde los últimos años del siglo XIX a la fecha, la temperatura media de la superficie terrestre se incrementó más de 0.8 °C. A este calentamiento actual se le denomina calentamiento global antropogénico (IPCC, 2013). El Panel de Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) define el cambio climático como “Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos (IPCC, 2013).

Se ha planteado que ante eventos de cambio climático abrupto la biota puede experimentar diferentes tipos de respuestas en términos de su distribución

geográfica: 1) modificando la abundancia relativa en las poblaciones, además de eventos de colonización y/o de extinciones locales; 2) adaptándose a las nuevas condiciones ambientales o 3) si las especies no pueden moverse o adaptarse, tenderán a reducir su distribución a las zonas que permanezcan ecológicamente adecuadas; en el caso más extremo de esta situación, las especies se extinguirán (Barnosky *et al.*, 2003).

Actualmente, para estimar los cambios en la distribución de las especies se han usado nuevas metodologías que han permitido modelar los requerimientos climáticos de las especies (Stockwell & Peters, 1999). Este nuevo campo, conocido como modelado de nichos ecológicos (MNE) se fundamenta en los principios de la teoría del nicho ecológico. El nicho ecológico se puede entender como las condiciones ambientales bajo las cuales las poblaciones de las especies pueden prosperar indefinidamente sin la necesidad de inmigración de individuos de otras poblaciones (Hutchinson, 1957). Estos modelos basados en el nicho se están utilizando para relacionar las distribuciones actuales de las especies con un sistema de variables climáticas y proyectar las distribuciones potenciales futuras bajo escenarios de cambio climático (Peterson *et al.*, 2002).

Para México una de las clasificaciones climáticas más relevantes y utilizadas ha sido la de Köppen, modificada por García (1973), que ha servido de base para innumerables estudios, como el correspondiente a la vegetación de México (Rzedowski, 1978); no obstante, en la actualidad se cuenta con información de temperatura y precipitación para el presente y para distintos escenarios de cambio de clima para cada kilómetro cuadrado del país lo que permitiría generar los

dominios climáticos. Los dominios climáticos (climatic domains) son una técnica numérica para clasificar sistemas terrestres con base principalmente en variables físicas. Además es de gran importancia actualizar la información sobre los dominios climáticos de México generando datos cuantitativos que permitan el entendimiento de las interacciones entre las condiciones ambientales actuales y los posibles escenarios climáticos del futuro que puedan servir para estudios de biodiversidad y de conservación. En términos de la biodiversidad permitirá cuantificar los cambios en el espacio geográfico de las condiciones adecuadas para la persistencia de las especies; también se podrá determinar la pérdida de áreas con climas adecuados para las especies y la distancia a la cual se encontrarán otras áreas con condiciones similares en el futuro, igualmente la continuidad o los huecos que puede interrumpir los corredores para la dispersión de las especies (Malcolm & Markham, 2000), de esta manera determinar qué dominios climáticos y por ende especies podrían ser más vulnerables para una región dada. De igual forma, el uso de los dominios como sustitutos de la biodiversidad puede proporcionar una base objetiva para el diseño de redes de conservación en relación a qué ecosistemas estarán más expuestos al riesgo, o bien, cuáles podrían ser refugios potenciales para las especies. Con esta información se podrían hacer más eficientes las estrategias para proponer áreas prioritarias de conservación (Saxon, 2005).

METODOLOGÍA

Modelado de nicho ecológico

Los modelos de nicho ecológico se generan mediante el uso de algoritmos, entre ellos el programa Máxima Entropía, implementado en el programa MaxEnt vers. 3.2.19 (Phillips *et al.*, 2006), que ha sido reconocido como uno de los algoritmos más robustos para generar modelos de nicho ecológico; esto se debe a que puede ajustar los modelos más complejos a partir de pocos datos (Elith *et al.*, 2006). MaxEnt es un programa que detecta relaciones no aleatorias entre la presencia de las especies (Localidades de colecta) y las condiciones ambientales (Tabla 2), así maximiza una distribución uniforme en el espacio ambiental al promedio de los valores de los datos de entrada; posteriormente, proyecta el modelo en el espacio geográfico produciendo un mapa probabilístico de la distribución potencial de las especies (Phillips *et al.*, 2006). Entonces, se determina cuál es el nicho ecológico en el cual las especies mantendrían sus poblaciones y con esta información es posible predecir los sitios en los que una especie puede establecerse, mediante la proyección de la distribución potencial al futuro.

Para generar los modelos de nicho ecológico se eligió el algoritmo MAXENT vers. 3.3.3k (Phillips *et al.*, 2006); no obstante, que el área predicha con este algoritmo varía con respecto a los modelos de nicho ecológico generados por otros algoritmos; el desempeño de MAXENT, no varía significativamente con respecto al de otros algoritmos (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2016). Sin embargo, MAXENT presenta un buen desempeño generando predicciones aun cuando se tienen tamaños de muestra (localidades de colecta) pequeñas, mínimo 5 localidades (Pearson *et al.*,

2007); el tamaño de muestra tiene efectos importantes en el desempeño de otros algoritmos, por ejemplo, GARP (Wisz *et al.*, 2008).

Bio_1. Temperatura promedio anual (°C)
Bio_2. Oscilación diurna de la temperatura (°C)
Bio_3. Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y7)
Bio_4. Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)
Bio_5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
Bio_6. Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
Bio_7. Oscilación anual de la temperatura (°C) (Bio_5/Bio_6)
Bio_8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
Bio_9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
Bio_10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
Bio_11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
Bio_12. Precipitación anual (mm)
Bio_13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
Bio_14. Precipitación del periodo más seco (mm)
Bio_15. Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)
Bio_16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
Bio_17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
Bio_18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
Bio_19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

Tabla 2.- Coberturas climáticas que se utilizarán para la elaboración de los modelos de nicho ecológico y los dominios climáticos.

Para poder pronosticar las posibles condiciones climáticas en el futuro, IPCC ha desarrollado una serie de escenarios llamados Trayectorias de Concentración Representativas (Representative Concentration Pathways, RCP). Los RCP son escenarios definidos por la secuencia temporal del forzamiento radiactivo que experimentarían el sistema climático hacia fines de siglo XXI, concebidos con base en las aportaciones futuras de gases de efecto invernadero (IPCC, 2013).

Estos escenarios RCP no tienen como objetivo predecir el futuro, sino comprender mejor las incertidumbres y los futuros alternativos con el fin de tener en cuenta la solidez de las diferentes decisiones u opciones que pueden estar bajo una amplia gama de futuros posibles; de manera que son un medio para visualizar el efecto de cambio climático antropogénico y poder tomar acciones con cambios en la tecnología, economía, estilo de vida y política. Para desarrollar estos escenarios, primero se generaron distintas hipótesis en el incremento en las emisiones de gases que favorecen el efecto invernadero, como lo son distintos compuestos de carbono derivados de combustibles fósiles o de la combustión de carbón vegetal; metano, azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, gases de amonio y aerosoles. Con base en estas concentraciones hipotéticas se puede inferir el forzamiento radiactivo dentro del sistema climático generado por el efecto invernadero, dando origen a los escenarios RCP; éstos pueden ser usados en paralelo para desarrollar los escenarios socioeconómicos o modelos de evaluación integrada (IAM) basados en aspectos como: densidad poblacional, manejo de los ecosistemas, transporte, industria; tecnología que dé origen a las concentraciones de gases invernadero hipotéticas de los escenarios RCP y para analizar el sistema

del modelo de la tierra (ESM); es decir, proveer posibles cambios en las respuestas físicas y biogeoquímicas del planeta originados por la modificación en la composición atmosférica y el forzamiento radiactivo. Finalmente, la información generada por estos escenarios socioeconómicos y los resultados del análisis del efecto en el sistema del modelo de la tierra pueden utilizarse para tomar decisiones con respecto a cambios socioeconómicos, incluidos los cambios en la demografía, la tecnología, la energía y el uso del suelo; de igual manera para su aplicación en simulaciones de Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad (IAV). Hay que tomar en cuenta que los escenarios RCP no están vinculados a ningún escenario socioeconómico, cada RCP es consistente con muchos escenarios de éstos y diferentes futuros socioeconómicos podrían dar lugar a cambios similares en la composición atmosférica; de igual forma, los escenarios se generan de manera global de modo que los estudios locales pueden no coincidir con la información presentada por el IPCC. (Moss *et al.*, 2010; IPCC, 2013)

El quinto informe del IPCC (2013) presenta un total de cuatro escenarios, los cuales están nombrados con respecto a la cantidad de energía que se le añade al sistema climático en el año 2100 (Lo cual puede reflejar diferencias importantes en el impacto sobre la biota); presentan un periodo a corto plazo (2016-2035) y un periodo de largo plazo (2081-2100) con respecto al periodo de referencia (1986-2005) y son:

1. **RCP 2.6:** Este escenario fue desarrollado en la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos. Sigue una trayectoria de concentración de gases invernadero de países, que de acuerdo a la bibliografía presentan una baja

cantidad de emisiones de gases invernadero. Conforme a este escenario, a mediados del siglo se alcanzará un forzamiento radiactivo de 3.1 W/m² y disminuyendo a 2.6 W/m² para el año 2100 (largo plazo). Es necesaria una reducción considerable en la emisión de gases de efecto invernadero para poder alcanzar este forzamiento radiactivo. Se contempla a corto plazo un incremento en la temperatura global de 0.4 °C a 1.6 °C para el periodo 2046-2065, a largo plazo 0.3°C a 1.7°C con una media de 1°C para ambos casos y la precipitación aumentará entre el 1% y 4%. Para México, el incremento en la temperatura media anual será de entre 0.5°C y 2°C para finales de siglo (Figura 3.a); en el caso de la precipitación, es posible que se incremente hasta en un 10% en el noreste del país y una disminución de hasta el 20% en la costa del Pacífico, el Altiplano y la península de Yucatán (Figura 4.a). (IPCC, 2013)

2. **RCP 4.5:** Es un escenario propuesto por el equipo de modelado MiniCAM del Instituto Conjunto de Investigación de la Pacific Northwest National Laboratory Cambio Global (JGCRI). Este plantea que debido al empleo de tecnologías y estrategias planteadas por Clarke *et al.* (2007) se estabiliza el forzamiento radiactivo antes del año 2100. Se vislumbra un forzamiento radiactivo de 4.5 W/m² para el año 2100, también se observa a corto plazo un incremento en la temperatura global para el periodo 2046-2065 de 0.9 °C a 2.0 °C; a largo plazo 1.1°C a 3.0°C con una media de 1.4°C y 1.8°C, respectivamente. Para México, el incremento en la temperatura media anual será de entre 1.0°C y 3°C para finales de siglo (Figura 3.b); en el caso de la precipitación es posible que haya un descenso de un 10% (Figura 4.b, IPCC, 2013)

3.RCP 6.0: Este escenario fue desarrollado en el Instituto Nacional de Estudios Ambientales (ERI) de Japón. A diferencia del escenario RCP 4.5, la estabilización del forzamiento radiactivo se alcanza después del año 2100, siguiendo las estrategias de reducción de emisiones de gas invernadero de Fujino *et al.* (2006) y Hijioka *et al.* (2008). Alcanzará un forzamiento radiactivo de 6.0 W/m² para el año 2100 y contempla a corto plazo un incremento en la temperatura global de 0.8 °C a 1.8 °C para el periodo 2046-2065. A largo plazo 1.4°C a 3.1°C con una media de 1.3°C y 2.2° respectivamente; la precipitación aumentará entre el 1% y 4%. Para México, el incremento en la temperatura media anual será de entre 1.5°C y 2°C para finales de siglo (Figura 3.c). En el caso de la precipitación es posible que se disminuya hasta en un 10%, aunque a principios y mitad del siglo el descenso puede ser hasta del 20% (Figura 4.c). (IPCC, 2013)

4. RCP 8.5: Este escenario fue desarrollado en el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplica (IIASA) en Austria. Está caracterizado por el incremento en la concentración de gases invernadero más alto de los 4 escenarios; este comportamiento se encuentra basado en el escenario A2r de Riahi *et al.* (2007). Alcanzará un forzamiento radiactivo de 8.5 W/m² para el año 2100; se contempla a corto plazo un incremento en la temperatura global de 1.4 °C a 2.6 °C para el periodo 2046-2065, a largo plazo 6°C a 4.8°C, con una media de 2.0°C y 3.7° respectivamente. Se considera que la precipitación aumentará debido a que a mayor temperatura tendrá mayor evaporación, aunque esto originará también que el clima sea más extremo. Para México, el incremento en la temperatura media anual será de entre 2°C y 3°C para mitad de siglo, de entre

3°C y 4°C para finales de siglo (Figura 3.d); en el caso de la precipitación es posible que se reduzca en 20% en la costa del Pacífico y la Península de Yucatán, de un 10% menos en el resto del país, aunque a principios y mitad del siglo el decremento haya sido de hasta el 20%.

(Figura 4.d, IPCC, 2013)

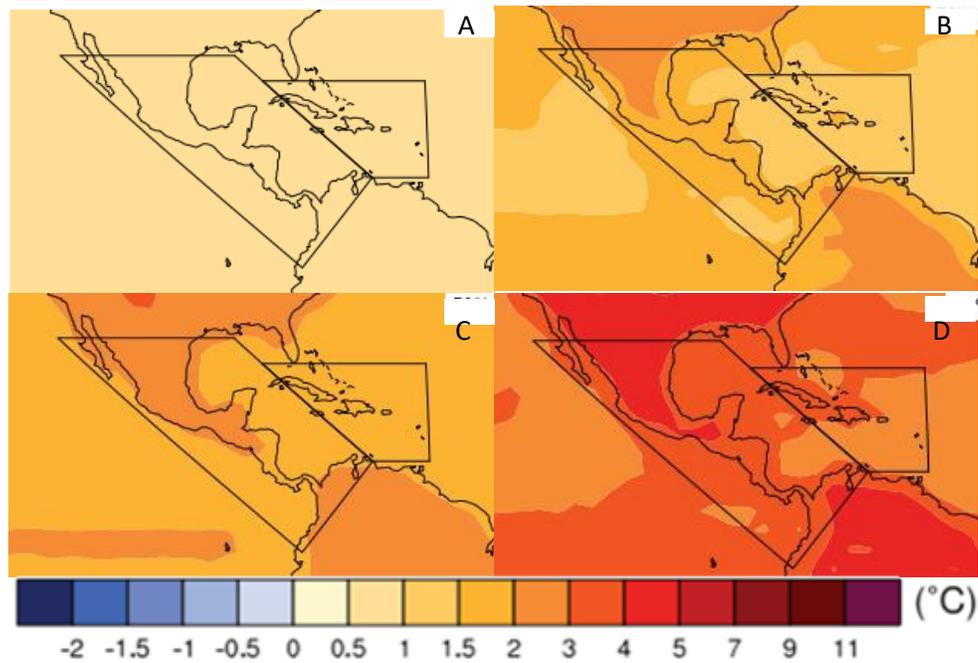


Figura 3.- Incremento de la temperatura media anual en México y el Caribe a finales de siglo de acuerdo a los escenarios RCP 2.6 (A), RCP 4.5 (B), RCP 6.0 (C) y RCP 8.5 (D). Tomado de IUCN (2013)

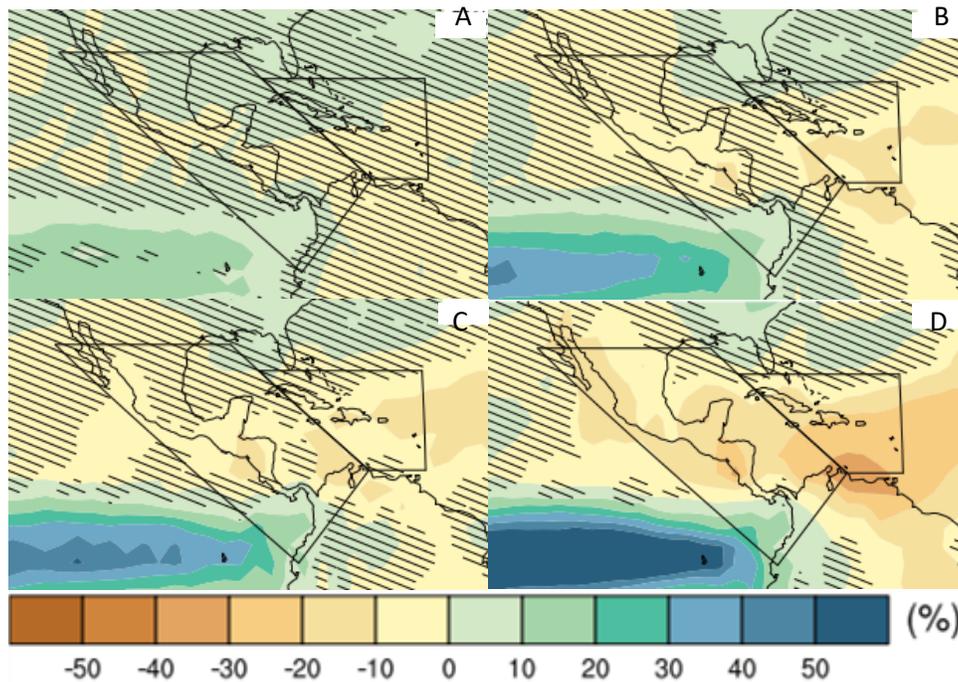


Figura 4.- Modificación en la precipitación total anual en México y el Caribe a finales de siglo de acuerdo a los escenarios RCP 2.6 (A), RCP 4.5 (B), RCP 6.0 (C) y RCP 8.5 (D). Tomado de IUCN (2013)

Se generó una base de datos con datos de presencia para 137 especies obtenidas como endémicas para México de acuerdo al Capítulo 2. Las localidades de colecta de las especies fueron obtenidas de bases de datos públicas y proveedores de datos de biodiversidad como son: la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB; http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html), la “Unidad de Informática para la Biodiversidad” (UNIBIO; <http://unibio.unam.mx/> y <https://datosabiertos.unam.mx/>), la “Global Biodiversity Information Facility (GBIF; <http://www.gbif.org/>) y VertNet Foundation (VertNet; <http://vertnet.org/>), una base de datos proporcionada por CONABIO, así como de la literatura especializada.

Estas bases de datos fueron homogenizadas de acuerdo a la información de las columnas y georreferenciándose las localidades que no presentaban coordenadas con respecto a CONABIO (2008). Asimismo, fueron depuradas con respecto a la distribución geográfica reportada para cada especie haciendo uso de bibliografía especializada (Capítulo 2 Tabla 3). En el algoritmo MAXENT se ingresaron las localidades de colecta obtenidas de las bases de datos y depuradas, en formato CSV junto con las coberturas climáticas de la Tabla 2; en formato ASCII para el presente, así como para los años 2050 y 2070 bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5 del laboratorio GFDL-CM3, el cual ha mostrado un buen desempeño proyectando las condiciones climáticas de América del Norte (Griffies *et al.*, 2011.). La omisión existente en los modelos de nicho ecológico fue eliminada haciendo uso de una región M, la cual se generó de manera individual para cada especie haciendo uso de las ecorregiones de México (INE, 2007) en formato shapefile, la cual fue aplicada a las coberturas climáticas tanto para el presente como para el futuro utilizando la herramienta *Extract by mask* del programa ArcGis 10.3 antes del modelado. Y para el caso de la evaluación del modelo se utilizó la herramienta de evaluación incluida en el algoritmo MaxEnt, por lo cual dependiendo del número de registros se utilizó un porcentaje de ellos para calibrar el modelo y el resto para evaluarlos de manera que, si la especie presentó entre 5 a 19 registros, se utilizó el 100% para entrenamiento; de 20 a 199 registros, 70% para entrenamiento y 30% para prueba, y de 200 o más registros, el 50% respectivamente. Los modelos fueron evaluados por medio de las pruebas del Área Bajo la Curva (AUC) y la Curva Operada por el Receptor (ROC). De este proceso se obtuvieron 5 mapas de distribución potencial para cada especie (uno para el presente, 2 para el año 2050

y 2 para el año 2070), los cuales se visualizaron y convirtieron en mapas ARC/INFO ASCIIGRID usando la herramienta *ASCII to GRID* de ArcGis 10.3 en el cual también se convirtieron en mapas binarios usando el umbral del 10 percentil por medio de la herramienta *Raster Calculator* en el programa ArcGis 10.3. Por último, para cada especie los mapas de distribución potencial actual y los de distribución a futuro se evaluaron para identificar las áreas en donde ocurrirán cambios en el área de distribución (ganancia, pérdida y permanencia) y se midió la diferencia calculando el área en km² que ocuparon en los cuatro periodos de tiempo (Warren *et al.*, 2001; Thuiller *et al.*, 2005), para lo cual se usó la herramienta *Raster Calculator* del sistema de información geográfica ArcGis 10.3.

Dominios Climáticos

Para generar los dominios climáticos, se elaboró una matriz con los atributos de las celdas de las 19 coberturas de los parámetros climáticos (Tabla 2). Dichas coberturas climáticas se clasificaron por medio de un análisis de conglomerados agrupándolas de acuerdo con la semejanza de sus valores con ayuda del programa PATN (Balbín, 1987, 1995). Se aplicó una clasificación multivariada a los datos de las coberturas de los 19 parámetros. En el primer paso se aplicó una clasificación no-jerárquica con el algoritmo denominado ALOB (Balbín 1987), con el fin de generar la clasificación de las celdas Raster para asignarlas a los dominios. Esta técnica, basada en la ubicación de objetos en un juego de canchales, es particularmente útil para analizar juegos de datos muy grandes. Usando un algoritmo no-jerárquico basado en la métrica de Gower. La elección del número de dominios se realizó en un total de 5, 10, 15 y 20 dominios. Esto con

el fin de no crear un número excesivo de unidades en pequeñas zonas heterogéneas. Inicialmente, las celdas más disímiles sirvieron como semillas de dominio, así cada celda fue asignada a la semilla más cercana. Entonces los centroides de los dominios se volvieron a calcular y las celdas se fueron hacia los centroides nuevos. El proceso iterativo continuó hasta obtener una convergencia aceptable en una clasificación de equilibrio (> 0.5 % de celdas que cambiaron). Se definieron 5, 10, 15 y 20 dominios únicos, cada uno con combinaciones mutuamente excluyentes de las variables empleadas y un nivel constante de heterogeneidad ambiental.

En un segundo paso se utilizó la métrica de Gower como la medida de disimilitud para determinar las distancias entre pares de celdas, que estandariza de manera automática los intervalos de cada variable ya que permite el uso de datos binarios, alternativos, cualitativos, cuantitativos y caracteres semi-cuantitativos, asimismo considera los valores ausentes, ventajas no encontradas juntas en otros coeficientes de similitud. El coeficiente de Gower también pondera los caracteres, y permite la concordancia negativa. Esta fue computada sobre los atributos de dos grupos, de tal forma que cada grupo de atributos contribuye a la medición de la disimilitud (Sneath & Sokal 1973). El algoritmo ALOB permite la extracción secuencial de los objetos de cada grupo en el que ha sido ubicado y su posterior ubicación en el grupo con el centroide más cercano. Asimismo, ALOB produce una matriz de disimilitud intergrupala que puede ser usada para examinar la estructura de los grupos principales (Saxon *et al.*, 2005). Un tercer paso incluye la generación de un dendrograma que refleja los grupos y la relación entre ellos. El

programa PATN produce un archivo denominado Row Group Statistics, el cual puede clasificarlo jerárquicamente, con la opción por omisión del procedimiento UPGMA flexible, con un valor de $\beta = -0.1$ (Belbin 1991). Como resultado se obtiene un dendrograma que resume la historia de la fusión. En este caso se aplicó una clasificación no-paramétrica, sobre una matriz de la mediana de los valores de cada dominio, técnica que permite recortar la distancia entre los grupos. Finalmente, con el fin de desplegar los dominios climáticos en color lo cual refleja las disimilitudes intergrupales (Belbin *et al.*, 1983), el programa PATN produce un archivo denominado Row Group composition que puede ser añadido a la base de datos original (matriz) para ser desplegado en ArcGis 10.3 como un archivo de puntos; y convertido en un archivo con formato de ARC/INFO ASCIIGRID. Los resultados que incluyen las coberturas climáticas de 19 parámetros y los dominios ambientales en el área de estudio se representarán en mapas con el programa ArcGis 10.3. Se seleccionó una clasificación a cuatro niveles de detalle conteniendo 5, 10, 15 y 20 dominios ambientales para documentar la variación

Patrones de distribución

Se elaboró una matriz con los atributos de las localidades de colectas para las especies endémicas de anuros en México de las 19 coberturas de los parámetros climáticos (Tabla 2). Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) para poder observar la similitud de en las condiciones ambientales, con esto se realizó una primera agrupación, la cual se corrigió utilizando la información del ambiente en el que se encuentra la especie de acuerdo a la bibliografía. Una vez

realizada la agrupación por patrones de distribución se asignaron los dominios climáticos en los cuales se distribuyan las especies pertenecientes al patrón para poder analizar cuales dominios serán los más afectados por el cambio climático en las 4 proyecciones.

RESULTADOS

Modelado de nicho ecológico

Se obtuvieron un total de 91,194 registros para las 137 especies de anuros endémicos de México, de los cuales 13,989 pertenecen a la base de datos proporcionada por CONABIO; 40,708 localidades se obtuvieron de GBIF, 14,460 colectas se obtuvieron del portal REMIB, 14,460 proceden de la plataforma VERNET, y 1,811 son del portal de datos abierto de la UNAM (Tabla 3). Después de realizar correcciones en las coordenadas, quitar localidades duplicadas y no georreferenciales para cada especie se obtuvieron 10,817 registros de colecta y después de quitar localidades que no son congruentes con la distribución reportada con la literatura se trabajó con 7,372 localidades (Tabla 3, columna **Únicos**).

Tabla 3.- Cantidad de registros utilizados para la generar la base de datos de los 137 anuros endémicos de México.

Familia	Nombre científico	Conabio	GBIF	Remib	Vernet	UNAM	Únicos
Bufo	<i>Anaxyrus compactilis</i>	333	959	453	361	16	185
Bufo	<i>Anaxyrus kelloggi</i>	235	476	430	337	4	113
Bufo	<i>Anaxyrus mexicanus</i>	0	96	61	93	0	22
Bufo	<i>Incilius cavifrons</i>	117	148	270	93	36	61
Bufo	<i>Incilius cristatus</i>	83	156	119	15	6	43
Bufo	<i>Incilius cycladen</i>	0	8	1	7	0	4

Familia	Nombre científico	Conabio	GBIF	Remib	Vernet	UNAM	Únicos
Bufo	<i>Incilius gemmifer</i>	12	98	23	27	1	8
Bufo	<i>Incilius marmoreus</i>	934	1621	1401	924	140	356
Bufo	<i>Incilius mazatlanensis</i>	1132	1694	1963	1271	49	483
Bufo	<i>Incilius occidentalis</i>	931	1658	1705	727	176	695
Bufo	<i>Incilius perplexus</i>	121	464	221	313	30	86
Bufo	<i>Incilius pisinnus</i>	0	0	0	0	0	4
Bufo	<i>Incilius spiculatus</i>	0	20	5	14	1	6
Hyla	<i>Agalychnis dacnicolor</i>	512	1174	0	646	0	452
Hyla	<i>Bromeliodryas dendroscarta</i>	46	564	280	122	1	29
Hyla	<i>Charadrahyla altipotens</i>	0	145	0	68	0	8
Hyla	<i>Charadrahyla chaneque</i>	18	45	71	32	2	21
Hyla	<i>Charadrahyla nephila</i>	0	240	123	117	4	10
Hyla	<i>Charadrahyla taeniopus</i>	83	374	143	74	5	95
Hyla	<i>Charadrahyla tecuani</i>	0	0	0	0	0	2
Hyla	<i>Charadrahyla trux</i>	0	21	1	4	0	5
Hyla	<i>Dendropsophus sartori</i>	2	346	53	59	6	16
Hyla	<i>Diaglena spatulata</i>	22	0	191	126	9	56
Hyla	<i>Dryophytes arboricola</i>	0	19	0	0	0	1
Hyla	<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>	129	506	187	444	12	91
Hyla	<i>Duellmanohyla chamulae</i>	40	189	55	44	5	23
Hyla	<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	5	104	15	94	12	6
Hyla	<i>Ecnomiohyla echinata</i>	1	4	3	1	0	3
Hyla	<i>Ecnomiohyla valancifer</i>	8	2	14	1	1	7
Hyla	<i>Exerodonta abdivita</i>	0	2	1	1	0	1
Hyla	<i>Exerodonta</i>	0	11	0	11	0	3

Familia	Nombre científico	Conabio	GBIF	Remib	Vernet	UNAM	Únicos
	<i>bivocata</i>						
Hylidae	<i>Exerodonta chimalapa</i>	0	27	28	26	0	11
Hylidae	<i>Exerodonta juanitae</i>	0	186	5	87	0	10
Hylidae	<i>Exerodonta melanomma</i>	56	481	220	134	5	35
Hylidae	<i>Exerodonta pinorum</i>	4	177	102	79	0	44
Hylidae	<i>Exerodonta smaragdina</i>	20	165	165	153	15	49
Hylidae	<i>Exerodonta sumichrasti</i>	186	389	316	214	6	75
Hylidae	<i>Exerodonta xera</i>	52	53	54	0	9	20
Hylidae	<i>Hyla plicata</i>	461	1085	805	123	155	188
Hylidae	<i>Megastomatohylla mixe</i>	1	18	2	6	0	2
Hylidae	<i>Megastomatohylla mixomaculata</i>	32	60	41	0	0	25
Hylidae	<i>Megastomatohylla nubicola</i>	5	14	5	4	1	6
Hylidae	<i>Megastomatohylla pellita</i>	1	29	1	28	2	3
Hylidae	<i>Plectrohyla pachyderma</i>	42	8	42	4	0	4
Hylidae	<i>Plectrohyla pentheter</i>	4	87	20	76	2	15
Hylidae	<i>Plectrohyla pycnochila</i>	1	17	5	0	0	4
Hylidae	<i>Plectrohyla thorectes</i>	2	44	65	50	7	11
Hylidae	<i>Ptychohyla erythromma</i>	10	86	11	21	0	12
Hylidae	<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	12	476	35	173	5	32
Hylidae	<i>Rheohyla miotympanum</i>	811	1510	1243	872	60	472
Hylidae	<i>Sarcohyla ameibothalame</i>	0	3	3	0	0	4
Hylidae	<i>Sarcohyla arborescandens</i>	94	411	151	77	5	72
Hylidae	<i>Sarcohyla bistincta</i>	94	427	193	63	37	86
Hylidae	<i>Sarcohyla calthula</i>	0	5	3	4	0	3
Hylidae	<i>Sarcohyla</i>	0	1	2	1	0	2

Familia	Nombre científico	Conabio	GBIF	Remib	Vernet	UNAM	Únicos
	<i>calvicollina</i>						
Hylidae	<i>Sarcohyla celata</i>	0	62	4	62	1	10
Hylidae	<i>Sarcohyla cembra</i>	0	6	5	6	0	3
Hylidae	<i>Sarcohyla charadricola</i>	17	278	24	53	0	22
Hylidae	<i>Sarcohyla chryses</i>	0	77	54	46	0	14
Hylidae	<i>Sarcohyla crassa</i>	11	73	0	15	0	5
Hylidae	<i>Sarcohyla cyanomma</i>	0	57	0	56	2	3
Hylidae	<i>Sarcohyla ciclada</i>	11	208	113	99	1	11
Hylidae	<i>Sarcohyla ephemera</i>	0	0	2	0	0	1
Hylidae	<i>Sarcohyla hazelae</i>	3	40	13	11	0	9
Hylidae	<i>Sarcohyla labedactyla</i>	0	1	1	1	0	1
Hylidae	<i>Sarcohyla lacertosa</i>	181	169	192	21	0	18
Hylidae	<i>Sarcohyla miahuatlanensis</i>	0	0	0	0	0	1
Hylidae	<i>Sarcohyla mykter</i>	0	8	9	9	0	8
Hylidae	<i>Sarcohyla psarosema</i>	0	3	2	1	0	3
Hylidae	<i>Sarcohyla robertsorum</i>	24	378	122	111	0	23
Hylidae	<i>Sarcohyla sabrina</i>	0	288	71	72	0	9
Hylidae	<i>Sarcohyla siopela</i>	9	46	11	47	0	7
Hylidae	<i>Smilisca dentata</i>	8	70	0	24	4	7
Hylidae	<i>Tlalocohyla godmani</i>	85	129	0	125	4	15
Hylidae	<i>Tlalocohyla smithii</i>	541	1725	0	1150	58	366
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	0	12	19	52	0	5
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	87	273	272	345	5	56
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dennisi</i>	32	67	38	4	1	9
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	8	42	21	28	11	9

Familia	Nombre científico	Conabio	GBIF	Remib	Vernet	UNAM	Únicos
e	<i>s dilatus</i>						
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dixonii</i>	12	16	0	12	1	4
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus grandis</i>	2	37	6	4	0	2
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus grunwaldi</i>	0	0	0	0	0	2
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	6	7	10	3	0	7
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus longipes</i>	96	213	113	88	3	99
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus maurus</i>	8	19	3	3	0	7
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus modestus</i>	22	207	100	94	2	11
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	337	795	476	909	85	340
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	0	138	57	69	0	10
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus pallidus</i>	2	97	15	11	2	3
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus rufescens</i>	0	13	0	0	0	1
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	1	19	5	15	1	6
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus syristes</i>	0	7	0	0	0	10
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	4	93	34	29	2	14
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	64	308	143	68	6	112
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verruculatus</i>	11	26	13	1	0	3
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus wixarika</i>	0	0	0	0	0	1
Craugastoridae	<i>Craugastor batrachylus</i>	15	2	16	2	0	3
Craugastoridae	<i>Craugastor berkenbuschi</i>	165	465	322	5	76	63
Craugastoridae	<i>Craugastor decoratus</i>	125	481	142	146	4	114
Craugastoridae	<i>Craugastor galacticorhinus</i>	0	0	3	0	0	2
Craugastoridae	<i>Craugastor glaucus</i>	8	27	8	4	0	3
Craugastoridae	<i>Craugastor guerreroensis</i>	4	4	4	4	4	3

Familia	Nombre científico	Conabio	GBIF	Remib	Vernet	UNAM	Únicos
Craugastoridae	<i>Craugastor hobartsmithi</i>	147	213	258	55	12	57
Craugastoridae	<i>Craugastor megalotympanum</i>	7	10	16	2	0	13
Craugastoridae	<i>Craugastor mexicanus</i>	184	953	382	609	75	114
Craugastoridae	<i>Craugastor montanus</i>	0	180	141	23	0	16
Craugastoridae	<i>Craugastor occidentalis</i>	105	205	203	97	21	107
Craugastoridae	<i>Craugastor omiltemanus</i>	15	153	43	16	3	25
Craugastoridae	<i>Craugastor pelorus</i>	0	70	30	92	0	16
Craugastoridae	<i>Craugastor polymniae</i>	0	2	0	0	0	1
Craugastoridae	<i>Craugastor pozo</i>	9	41	42	21	0	15
Craugastoridae	<i>Craugastor rhodopsis</i>	0	4951	0	0	0	118
Craugastoridae	<i>Craugastor rugulosus</i>	1311	3795	1701	0	48	117
Craugastoridae	<i>Craugastor silvicola</i>	0	7	0	0	0	3
Craugastoridae	<i>Craugastor spatulatus</i>	28	303	38	128	0	19
Craugastoridae	<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	14	56	22	13	0	21
Craugastoridae	<i>Craugastor taylori</i>	2	4	1	1	0	3
Craugastoridae	<i>Craugastor uno</i>	0	3	0	1	0	1
Craugastoridae	<i>Craugastor vocalis</i>	12	202	134	195	0	54
Craugastoridae	<i>Craugastor vulcani</i>	0	23	16	23	5	7
Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis</i>	7	82	20	0	0	20
Ranidae	<i>Rana chichicuahutla</i>	0	0	0	0	0	1
Ranidae	<i>Rana dunni</i>	26	54	29	46	11	20
Ranidae	<i>Rana johni</i>	8	101	11	27	3	12
Ranidae	<i>Rana lemosespinali</i>	0	5	0	5	0	2
Ranidae	<i>Rana magnaocularis</i>	452	480	630	277	7	136
Ranidae	<i>Rana megapoda</i>	57	708	103	67	20	37
Ranidae	<i>Rana</i>	627	1370	1078	228	181	296

Familia	Nombre científico	Conabio	GBIF	Remib	Vernet	UNAM	Únicos
	<i>montezumae</i>						
Ranidae	<i>Rana neovolcanicus</i>	100	918	108	6	28	39
Ranidae	<i>Rana omiltemanus</i>	7	46	8	13	0	13
Ranidae	<i>Rana psilonota</i>	0	36	35	0	31	9
Ranidae	<i>Rana pueblae</i>	3	29	5	2	0	2
Ranidae	<i>Rana pustulosus</i>	1440	270	0	20	75	156
Ranidae	<i>Rana sierramadrensis</i>	14	208	23	38	19	23
Ranidae	<i>Rana spectabilis</i>	634	874	885	254	56	234
Ranidae	<i>Rana tlaloci</i>	31	43	38	12	0	12
Ranidae	<i>Rana zweifeli</i>	198	424	471	163	118	138

De las 137 especies de anuros endémicas reconocidas para México, solo se modelaron 99, que corresponden a las especies con al menos 5 registros obtenidos; para cada especie se registró el valor de AUC y omisión (Tabla 4), obteniéndose un AUC de entrenamiento promedio de 0.94 y de evaluación, en caso de generarse de .091; mientras que la omisión fue del 8% en promedio para el entrenamiento y de 19% para la evaluación. Es importante destacar que los valores más bajos de AUC y más altos de omisión se obtuvieron para las especies con menor cantidad de registros. Para cada una de las 99 especies modeladas se obtuvieron 685 modelos de nicho ecológico, 5 mapas por especie. Asimismo, para cada especie se realizaron 4 comparaciones, una para cada proyección a futuro, las comparaciones permitieron determinar áreas de ganancia, pérdida y permanecía del área de distribución potencial de cada especie.

Tabla 4.- Valores de Omisión y AUC de los registros utilizados para el entrenamiento del modelo (Ent) como para los utilizados en la evaluación (Eval, en caso de haberse utilizado) obtenidos por los modelos de nicho ecológico generados.

Nombre científico	Registros	Ent	Eval	Umbral	AUC ent	AUC eval	Omisión ent	Omisión eval
<i>Anaxyrus compactilis</i>	185	70	30	0.247	0.946	0.881	0.095	0.296
<i>Anaxyrus kelloggi</i>	113	70	30	0.167	0.957	0.910	0.093	0.219
<i>Anaxyrus mexicanus</i>	22	70	30	0.129	0.942	0.788	0.062	0.500
<i>Incilius cavifrons</i>	61	70	30	0.432	0.990	0.991	0.097	0.000
<i>Incilius cristatus</i>	43	70	30	0.447	0.987	0.960	0.074	0.364
<i>Incilius gemmifer</i>	8	100	0	0.135	0.990	-	0.000	-
<i>Incilius marmoreus</i>	356	50	50	0.192	0.960	0.942	0.096	0.153
<i>Incilius mazatlanensis</i>	483	50	50	0.267	0.961	0.935	0.099	0.198
<i>Incilius occidentalis</i>	695	50	50	0.336	0.894	0.883	0.099	0.211
<i>Incilius perplexus</i>	86	70	30	0.249	0.939	0.873	0.089	0.348
<i>Incilius spiculatus</i>	6	100	0	0.379	0.829	-	0.000	-
<i>Agalychnis dacnicolor</i>	452	50	50	0.268	0.938	0.919	0.097	0.133
<i>Bromeliovhyla dendroscarta</i>	29	70	30	0.233	0.989	0.849	0.053	0.286
<i>Charadrahyla altipotens</i>	8	100	0	0.540	0.922	-	0.000	-
<i>Charadrahyla chaneque</i>	21	70	30	0.378	0.762	0.697	0.083	0.000
<i>Charadrahyla nephila</i>	10	100	0	0.155	0.942	-	0.100	-
<i>Charadrahyla taeniopus</i>	95	70	30	0.319	0.987	0.989	0.093	0.087
<i>Charadrahyla trux</i>	5	100	0	0.525	0.988	-	0.000	-
<i>Dendropsophus sartori</i>	23	70	30	0.367	0.992	0.998	0.091	0.000
<i>Diaglena spatulata</i>	91	70	30	0.261	0.958	0.973	0.093	0.043
<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>	6	100	0	0.236	0.970	-	0.000	-
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	16	100	0	0.108	0.964	-	0.062	-
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	56	70	30	0.290	0.978	0.978	0.081	0.133
<i>Ecnomiovhyla valancifer</i>	11	100	0	0.490	0.869	-	0.091	-
<i>Exerodonta chimalapa</i>	10	100	0	0.331	0.906	-	0.100	-
<i>Exerodonta juanita</i>	35	70	30	0.241	0.941	0.916	0.080	0.100
<i>Exerodonta melanomma</i>	44	70	30	0.198	0.908	0.976	0.100	0.000

Nombre científico	Registros	Ent	Eval	Umbral	AUC ent	AUC eval	Omisión ent	Omisión eval
<i>Exerodonta pinorum</i>	49	70	30	0.333	0.908	0.877	0.091	0.143
<i>Exerodonta smaragdina</i>	75	70	30	0.187	0.920	0.895	0.085	0.053
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	7	100	0	0.113	0.984	-	0.000	-
<i>Exerodonta xera</i>	20	70	30	0.619	0.949	0.991	0.091	0.000
<i>Hyla plicata</i>	188	70	30	0.270	0.975	0.951	0.095	0.143
<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>	25	70	30	0.162	0.966	0.997	0.067	0.000
<i>Megastomatohyla nubicola</i>	6	100	0	0.358	0.966	-	0.000	-
<i>Plectrohyla pentheter</i>	12	100	0	0.249	0.845	-	0.083	-
<i>Plectrohyla thorectes</i>	32	70	30	0.480	0.957	0.841	0.095	0.500
<i>Ptychohyla erythromma</i>	15	100	0	0.483	0.931	-	0.071	-
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	11	100	0	0.575	0.994	-	0.091	-
<i>Rheohyla miotympanum</i>	472	50	50	0.212	0.954	0.927	0.097	0.196
<i>Sarcohyla arborescandens</i>	72	70	30	0.176	0.935	0.772	0.000	0.500
<i>Sarcohyla bistineta</i>	86	70	30	0.223	0.954	0.950	0.091	0.130
<i>Sarcohyla celata</i>	10	100	0	0.343	0.856	-	0.000	-
<i>Sarcohyla charadricola</i>	22	70	30	0.200	0.990	0.983	0.071	0.333
<i>Sarcohyla chryses</i>	14	100	0	0.184	0.934	-	0.100	-
<i>Sarcohyla crassa</i>	5	100	0	0.521	0.775	-	0.000	-
<i>Sarcohyla cyclada</i>	11	100	0	0.200	0.871	-	0.000	-
<i>Sarcohyla hazelae</i>	7	100	0	0.376	0.941	-	0.000	-
<i>Sarcohyla lacertosa</i>	9	100	0	0.408	0.731	-	0.000	-
<i>Sarcohyla mykter</i>	18	100	0	0.299	0.964	-	0.071	-
<i>Sarcohyla robertorum</i>	8	100	0	0.164	0.986	-	0.000	-
<i>Sarcohyla sabrina</i>	23	70	30	0.315	0.990	0.987	0.071	0.333
<i>Sarcohyla siopela</i>	9	100	0	0.291	0.935	-	0.000	-
<i>Smilisca dentata</i>	7	100	0	0.351	0.978	-	0.000	-
<i>Tlalocohyla godmani</i>	15	100	0	0.418	0.969	-	0.077	-
<i>Tlalocohyla smithii</i>	366	50	50	0.339	0.941	0.908	0.098	0.221
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	5	100	0	0.604	0.973	-	0.000	-
<i>Eleutherodactylus angustidigitum</i>	56	70	30	0.293	0.976	0.957	0.081	0.200
<i>Eleutherodactylus</i>	9	100	0	0.371	0.912	-	0.000	-

Nombre científico	Registros	Ent	Eval	Umbral	AUC ent	AUC eval	Omisión ent	Omisión eval
<i>dennisi</i>								
<i>Eleutherodactylus dilatus</i>	9	100	0	0.083	0.982	-	0.000	-
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	7	100	0	0.379	0.909	-	0.000	-
<i>Eleutherodactylus longipes</i>	99	70	30	0.181	0.952	0.927	0.085	0.240
<i>Eleutherodactylus maurus</i>	7	100	0	0.295	0.956	-	0.000	-
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	11	100	0	0.429	0.873	-	0.100	-
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	340	50	50	0.327	0.931	0.867	0.098	0.239
<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	10	100	0	0.680	0.990	-	0.100	-
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	6	100	0	0.348	0.988	-	0.000	-
<i>Eleutherodactylus syristes</i>	10	100	0	0.330	0.904	-	0.100	-
<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	14	100	0	0.371	0.948	-	0.077	-
<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	112	70	30	0.137	0.960	0.961	0.087	0.103
<i>Craugastor berkenbuschi</i>	63	70	30	0.327	0.981	0.949	0.079	0.250
<i>Craugastor decoratus</i>	114	70	30	0.191	0.966	0.954	0.095	0.148
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	57	70	30	0.216	0.951	0.881	0.091	0.286
<i>Craugastor megalotympanum</i>	13	100	0	0.244	0.987	-	0.083	-
<i>Craugastor mexicanus</i>	114	70	30	0.237	0.933	0.888	0.088	0.143
<i>Craugastor montanus</i>	16	100	0	0.524	0.945	-	0.083	-
<i>Craugastor occidentalis</i>	107	70	30	0.263	0.905	0.829	0.095	0.161
<i>Craugastor omiltemanus</i>	25	70	30	0.166	0.992	0.982	0.071	0.200
<i>Craugastor pelorus</i>	16	100	0	0.182	0.978	-	0.067	-
<i>Craugastor pozo</i>	15	100	0	0.344	0.982	-	0.083	-
<i>Craugastor rhodopis</i>	118	70	30	0.291	0.981	0.987	0.097	0.038
<i>Craugastor rugulosus</i>	117	70	30	0.291	0.953	0.937	0.096	0.161
<i>Craugastor spatulatus</i>	19	100	0	0.967	0.059	-	0.358	-

Nombre científico	Registros	Ent	Eval	Umbral	AUC ent	AUC eval	Omisión ent	Omisión eval
<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	21	70	30	0.260	0.954	0.897	0.071	0.333
<i>Craugastor vocalis</i>	54	70	30	0.230	0.950	0.844	0.083	0.333
<i>Craugastor vulcani</i>	7	100	0	0.489	0.999	-	0.000	-
<i>Craugastor yucatanensis</i>	20	70	30	0.465	0.920	0.989	0.091	0.000
<i>Rana dunni</i>	20	70	30	0.284	0.978	0.983	0.083	0.000
<i>Rana johni</i>	12	100	0	0.412	0.990	-	0.000	-
<i>Rana magnaocularis</i>	136	70	30	0.224	0.937	0.825	0.095	0.333
<i>Rana megapoda</i>	37	70	30	0.324	0.980	0.961	0.083	0.400
<i>Rana montezumae</i>	296	50	50	0.350	0.948	0.927	0.095	0.182
<i>Rana neovolcanicus</i>	39	70	30	0.393	0.951	0.951	0.080	0.100
<i>Rana omiltemanus</i>	13	100	0	0.397	0.860	-	0.100	-
<i>Rana psilonota</i>	9	100	0	0.566	0.926	-	0.000	-
<i>Rana pustulosus</i>	156	70	30	0.359	0.937	0.902	0.093	0.239
<i>Rana sierramadrensis</i>	23	70	30	0.341	0.893	0.777	0.071	0.333
<i>Rana spectabilis</i>	234	50	50	0.379	0.965	0.927	0.095	0.313
<i>Rana tlaloci</i>	12	100	0	0.391	0.975	-	0.091	-
<i>Rana zweifeli</i>	138	70	30	0.203	0.899	0.753	0.092	0.281

Dominios Climáticos

Se obtuvieron 4 regionalizaciones climáticas clasificadas en 5, 10, 15 y 20 dominios climáticos para el presente (Figuras 4, 5, 6 y 7) a una resolución de 5 km²; la resolución no pudo ser mayor ya que el software PATN presento limitación con respecto al número de registros utilizados para el análisis de conglomerados, los dominios climáticos se caracterizaron de acuerdo con las variables climáticas de la Tabla 2.

5 Dominios Climáticos - Presente

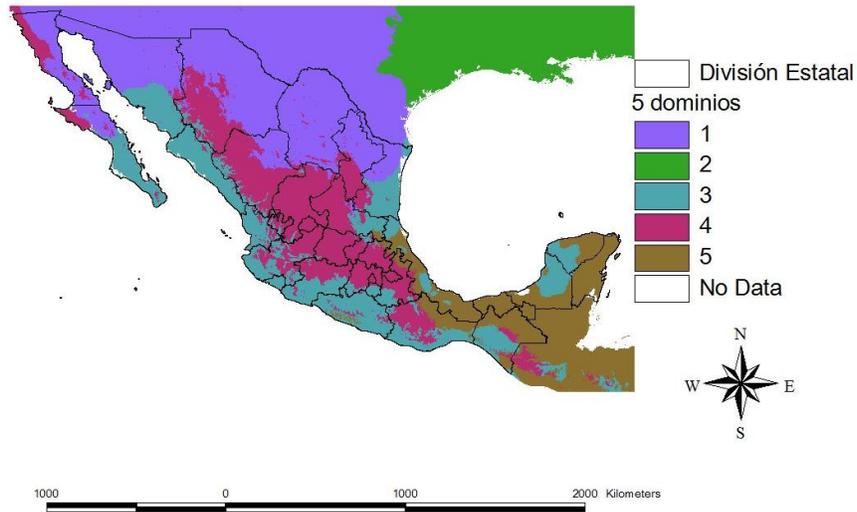


Figura 4.- Regionalización a 5 dominios climáticos para la ventana de tiempo 1960-1990 (presente).

10 Dominios Climáticos- Presente

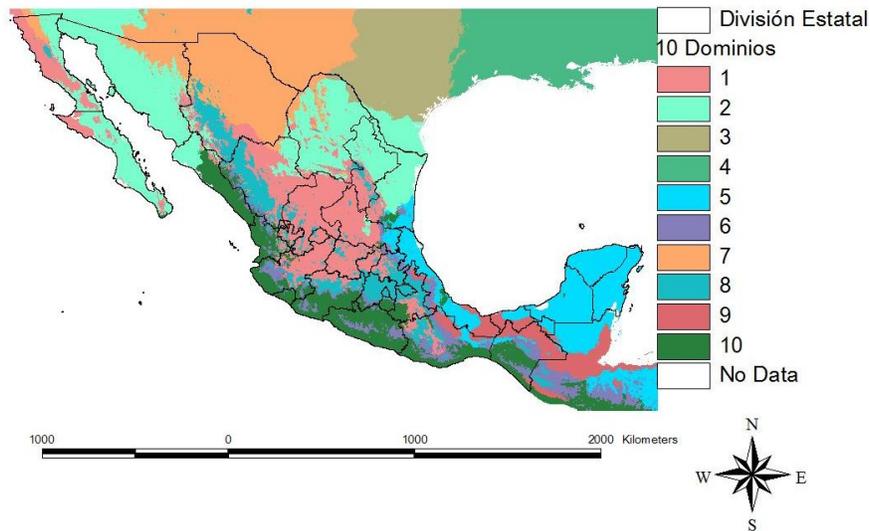


Figura 5.- Regionalización a 10 dominios climáticos para la ventana de tiempo 1960-1990 (presente)

15 Dominios Climáticos- Presente

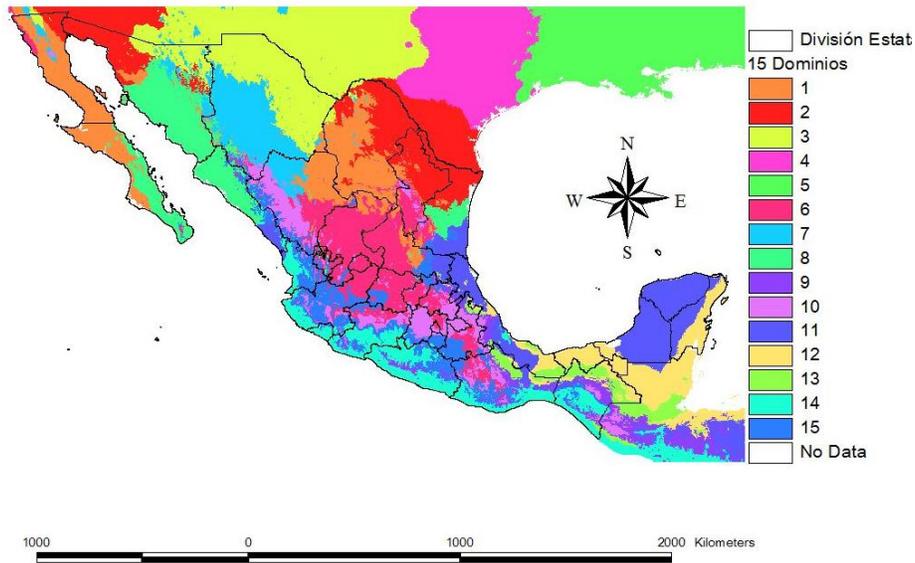


Figura 6.- Regionalización a 15 dominios climáticos para la ventana de tiempo 1960-1990 (presente).

20 Dominios Climáticos- Presente

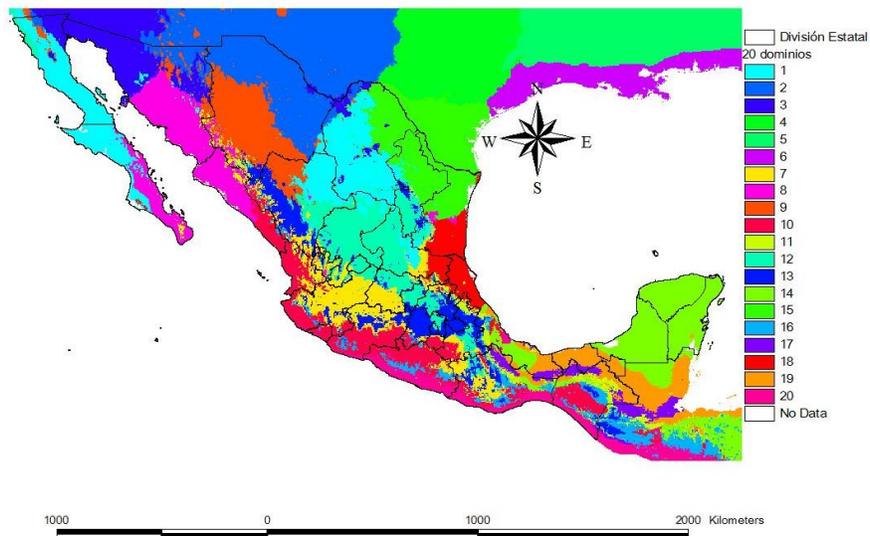


Figura 7.- Regionalización a 20 dominios climáticos para la ventana de tiempo 1960-1990 (presente).

Se eligió la regionalización de 15 dominios climáticos debido a la similitud que presenta con las provincias biogeográficas Conabio (1997). Siendo los dominios 9, 10, 15 y 14 los que más especies presentan con 59, 40 y 40 especies respectivamente. El dominio 14 se encuentra en la zona costera del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas, así como en parte de la depresión del Balsas; el dominio 15 corresponde a una transición del dominio 14 con ambientes más fríos y de mayor altitud, es decir hacia el dominio 10 el cual contiene las áreas más frías del Eje Neovolcánico. Mientras que el dominio 9 se encuentra en partes de los estados de Puebla, Querétaro, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Tabasco y Jalisco en las áreas en las que se han reportado bosques Mesófilos de montaña, mientras que los dominios 1, 2, 3 y 4 no tienen ninguna especie dentro de ellos. Los cuales se encuentran en la parte norte del país, en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas y Durango (Figura 6). La información climática de las 4 regionalizaciones se puede consultar en el ANEXO 1.

Así mismo el modelo de nicho ecológico de 13 especies solo está presente solo en un dominio, 27 especies tiene su modelo de nicho ecológico en 2 dominios, 32 especies se distribuyen en 3 dominios, 20 especies están en 4 dominios, 6 especies se encuentran en 5 dominios mientras que *Ptychohylla erythromma* se encuentra en 6 dominios (Tabla 5).

Tabla 5.- Dominios ocupados por los modelos de nicho ecológico de las 99 especies modeladas.

Familia	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Bufo	<i>Anaxyrus compactilis</i>						X				X					X	3
Bufo	<i>Anaxyrus kelloggi</i>							X					X		X		3

Familia	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Bufo	<i>Anaxyrus mexicanus</i>							X			X						2
Bufo	<i>Incilius cavifrons</i>												X	X			2
Bufo	<i>Incilius cristatus</i>									X							1
Bufo	<i>Incilius gemmifer</i>														X		1
Bufo	<i>Incilius marmoreus</i>								X			X	X		X		4
Bufo	<i>Incilius mazatlanensis</i>								X			X			X		3
Bufo	<i>Incilius occidentalis</i>						X	X	X	X	X						5
Bufo	<i>Incilius perplexus</i>									X					X	X	3
Bufo	<i>Incilius spiculatus</i>									X	X			X			3
Craugastor	<i>Craugastor berkenbuschi</i>										X			X			2
Craugastor	<i>Craugastor decoratus</i>									X	X					X	3
Craugastor	<i>Craugastor hobartsmithi</i>										X				X	X	3
Craugastor	<i>Craugastor megalotympanum</i>												X	X			2
Craugastor	<i>Craugastor mexicanus</i>									X	X					X	3
Craugastor	<i>Craugastor montanus</i>									X	X			X	X		4
Craugastor	<i>Craugastor occidentalis</i>											X			X	X	3
Craugastor	<i>Craugastor omiltemanus</i>									X						X	2
Craugastor	<i>Craugastor pelorus</i>									X	X						2
Craugastor	<i>Craugastor pozo</i>											X			X	X	3
Craugastor	<i>Craugastor rhodopis</i>									X							1
Craugastor	<i>Craugastor rugulosus</i>									X					X		2
Craugastor	<i>Craugastor spatulatus</i>									X							1
Craugastor	<i>Craugastor tarahumaraensis</i>							X			X				X	X	4
Craugastor	<i>Craugastor vocalis</i>											X			X	X	3
Craugastor	<i>Craugastor vulcani</i>													X			1
Craugastor	<i>Craugastor yucatanensis</i>											X	X				2

Familia	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus albolabris</i>														X	X	2
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>						X				X					X	3
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dennisi</i>						X			X		X		X		X	5
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dilatus</i>									X					X	X	3
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>								X	X		X			X		4
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus longipes</i>						X		X	X		X				X	5
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus maurus</i>						X				X						2
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus modestus</i>														X		1
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nitidus</i>						X				X				X	X	4
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>										X					X	2
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>									X	X	X					3
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus syristes</i>									X	X				X	X	4
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus teretistes</i>											X			X	X	3
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>						X			X				X		X	4
Hylidae	<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>									X			X				2
Hylidae	<i>Charadrahyla altipotens</i>										X				X	X	3
Hylidae	<i>Charadrahyla chaneque</i>									X		X		X	X		4
Hylidae	<i>Charadrahyla nephila</i>									X				X			2
Hylidae	<i>Charadrahyla taeniopus</i>									X				X			2
Hylidae	<i>Charadrahyla trux</i>									X							1
Hylidae	<i>Dendropsophus Sartori</i>									X					X	X	3
Hylidae	<i>Diaglena spatulatus</i>								X			X			X		3
Hylidae	<i>Duellmanohyla chamulae</i>									X				X			2
Hylidae	<i>Duellmanohyla ignicolor</i>									X				X			2

Familia	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Hylidae	<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>						X			X			X			X	4
Hylidae	<i>Ecnomiohyla valancifer</i>												X	X			2
Hylidae	<i>Exerodonta chimalapa</i>									X		X			X	X	4
Hylidae	<i>Exerodonta juanita</i>									X	X					X	3
Hylidae	<i>Exerodonta melanomma</i>									X					X	X	3
Hylidae	<i>Exerodonta pinorum</i>									X	X				X	X	4
Hylidae	<i>Exerodonta smaragdina</i>									X	X	X			X	X	5
Hylidae	<i>Exerodonta sumichrasti</i>									X		X			X	X	4
Hylidae	<i>Exerodonta xera</i>						X				X					X	3
Hylidae	<i>Hyla euphorbiacea</i>						X			X	X					X	4
Hylidae	<i>Hyla plicata</i>										X						1
Hylidae	<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>									X							1
Hylidae	<i>Megastomatohyla nubicola</i>									X				X			2
Hylidae	<i>Pachymedusa dacnicolor</i>								X			X			X	X	4
Hylidae	<i>Plectrohyla arborescandens</i>						X			X	X						3
Hylidae	<i>Plectrohyla bistincta</i>						X			X	X					X	4
Hylidae	<i>Plectrohyla celata</i>						X			X	X						3
Hylidae	<i>Plectrohyla charadricola</i>									X				X			2
Hylidae	<i>Plectrohyla chryses</i>					X				X					X		3
Hylidae	<i>Plectrohyla crassa</i>									X							1
Hylidae	<i>Plectrohyla cyclada</i>						X			X	X			X		X	5
Hylidae	<i>Plectrohyla hazelae</i>							X		X	X					X	4
Hylidae	<i>Plectrohyla lacertosa</i>									X	X			X	X		4
Hylidae	<i>Plectrohyla mykter</i>									X	X				X		3
Hylidae	<i>Plectrohyla pentheter</i>									X					X	X	3

Familia	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Hylidae	<i>Plectrohyla robertsororum</i>									X	X						2
Hylidae	<i>Plectrohyla sabrina</i>						X			X	X			X			4
Hylidae	<i>Plectrohyla siopela</i>									X	X						2
Hylidae	<i>Plectrohyla thorectes</i>									X						X	2
Hylidae	<i>Ptychohyla erythromma</i>									X		X	X	X	X	X	6
Hylidae	<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>									X				X	X	X	4
Hylidae	<i>Smilisca dentata</i>						X									X	2
Hylidae	<i>Tlalocohyla godmani</i>									X		X					2
Hylidae	<i>Tlalocohyla smithii</i>								X			X			X	X	4
Ranidae	<i>Lithobates dunni</i>									X	X						2
Ranidae	<i>Lithobates johnei</i>											X					1
Ranidae	<i>Lithobates magnaocularis</i>								X			X				X	3
Ranidae	<i>Lithobates megapoda</i>															X	1
Ranidae	<i>Lithobates montezumae</i>						X				X						2
Ranidae	<i>Lithobates neovolcanicus</i>						X				X					X	3
Ranidae	<i>Lithobates omiltemanus</i>									X					X	X	3
Ranidae	<i>Lithobates psilonota</i>						X				X					X	3
Ranidae	<i>Lithobates pustulosus</i>											X			X	X	3
Ranidae	<i>Lithobates sierramadrensis</i>									X					X	X	3
Ranidae	<i>Lithobates spectabilis</i>										X					X	2
Ranidae	<i>Lithobates tlaloci</i>										X						1
Ranidae	<i>Lithobates zweifeli</i>						X			X	X				X	X	5
	Total por dominio	0	0	0	0	1	21	5	9	59	41	23	9	21	40	50	

Efecto del cambio climático sobre el Patrón Montano

Características y Especies

El Patrón Montano agrupa una mayor cantidad de anuros endémicos, incluye un total de 35 especies (Tabla 6) que se distribuyen en las zonas montañosas del país, principalmente en la parte oriente del eje Neovolcánico y sobre la Sierra Madre del Sur; sin embargo, presentan algunas especies en las Sierras Madre Oriental y Occidental, así como en los sistemas montañosos de Chiapas (Figura 9). Algunas de las especies que lo conforman presentan una transición hacia la selva seca (hacia la costa del Pacífico) o hacia los bosques mesófilos de montaña (en la ladera de las serranías del lado del Golfo de México). Agrupa principalmente los dominios 10, 15 y 9 con algunas especies en los dominios 6, 13 y 14.

Figura 9.- Distribución geográfica de la riqueza de especies endémicas de anuros para el Patrón Montano de México en el presente.

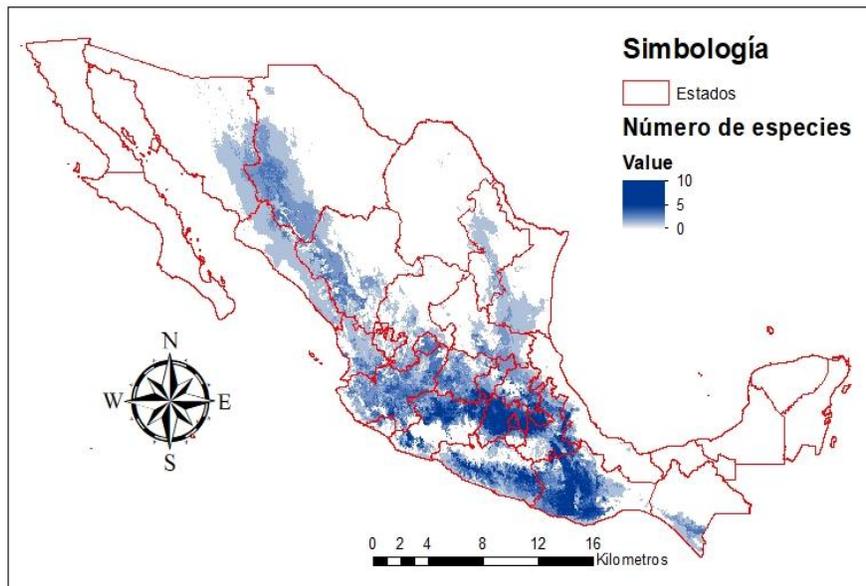


Tabla 6.- Especies pertenecientes al Patrón Montano

Familia	Especie
Bufonidae	<i>Anaxyrus compactilis</i>
Bufonidae	<i>Anaxyrus mexicanus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor hobartsmithi</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor omiltemanus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor tarahumaraensis</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus longipes</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus maurus</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus syristes</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>
Hylidae	<i>Exerodonta melanomma</i>
Hylidae	<i>Exerodonta xera</i>
Hylidae	<i>Hyla plicata</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla bistincta</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla crassa</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla ciclada</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla hazelae</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla lacertosa</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla mykter</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla pentheter</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla sabrina</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla siopela</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla thorectes</i>
Hylidae	<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>
Hylidae	<i>Smilisca dentata</i>
Ranidae	<i>Lithobates dunni</i>
Ranidae	<i>Lithobates magnaocularis</i>
Ranidae	<i>Lithobates megapoda</i>
Ranidae	<i>Lithobates montezumae</i>
Ranidae	<i>Lithobates neovolcanicus</i>
Ranidae	<i>Lithobates sierramadrensis</i>
Ranidae	<i>Lithobates spectabilis</i>
Ranidae	<i>Lithobates tlaloci</i>

La temperatura media anual del Patrón Montano es la más fría de todos los patrones, con 18.9°C como media, una máxima de 29.2°C y una mínima de -1°C; asimismo, la precipitación anual del patrón es la más seca de todos con 994 mm como media, 4586 mm como máxima y 201 mm como mínimo, mientras que presenta una altitud variable desde los 0 msnm hasta los 5500 msnm con una media de 1520 msnm, siendo la altitud mayor entre los patrones.

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050

El cambio climático generará para las especies del Patrón Montano un efecto principalmente negativo (Figura 10) para el año 2050 bajo el escenario RCP. 4.5 ya que se perderá un promedio del 40% de su área de distribución original, mientras que la permanencia será de un 60% de la distribución actual, las ganancias serán de menos del 30 % del área original en promedio (Tabla 7). Las especies reducirán sus distribuciones en los dominios 6, 13 y 14, siendo los dominios en los dominios 10, 15 y 9 en donde se mantiene la mayor superficie en la distribución de las especies. Seis especies perderán más de 80% de sus áreas de distribución y dos especies podrían potencialmente aumentar sus distribuciones.

El Patrón Montano experimentará debido al calentamiento global, la reducción del área de distribución original de las especies. En las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas, la temperatura media anual pasará de 19.2°C con una máxima de 29.2°C y una mínima de -1°C a 21.8°C en promedio, con una máxima de 31.5°C y una mínima de 2.6°C; mientras que la precipitación total anual pasará

de 915 mm en promedio con una máxima de 4586 mm y una mínima de 201 mm a 947 mm en promedio con una mínima de 186 mm y una máxima de 4897 mm.

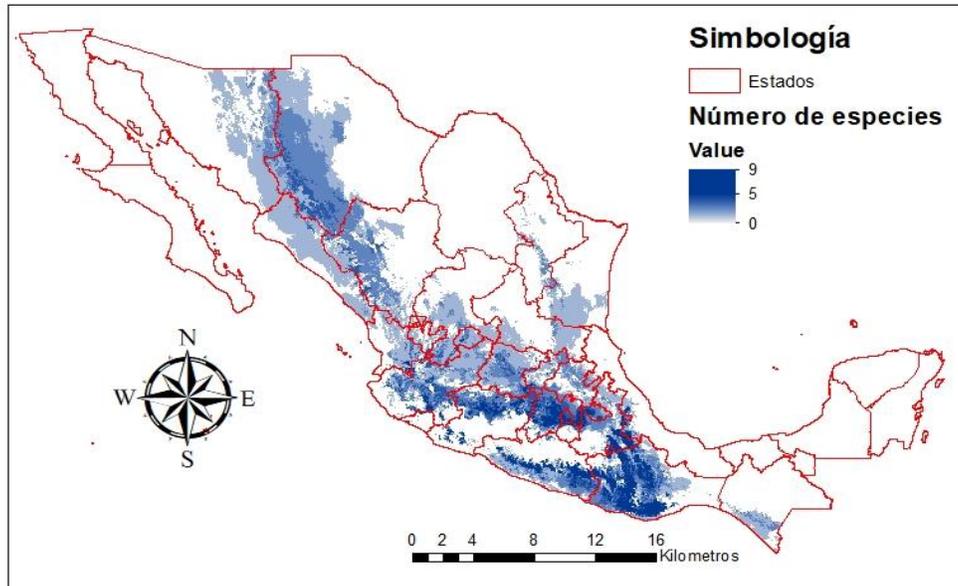


Figura 10.- Distribución geográfica del Patrón Montano de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5

Las zonas con permanencia experimentarán un incremento en la temperatura media anual de 18.1°C, con una máxima de 27.2°C y una mínima de 5.7°C a una media de 20.8°C, con 8.2°C como mínima y 29.4°C como máxima; la precipitación presentará un leve incremento, pasando de una media de 967.7 mm con una mínima de 260 mm y una máxima de 4467mm a 974 mm como media, una mínima de 258mm y una máxima de 4629 mm. Las áreas en donde se ganará área de distribución, tendrán un incremento en la temperatura y la precipitación, pasando de una temperatura media anual de 17°C como media una mínima de -2°C como mínima y 27.2°C como máxima a una media de 19.7°C, con 6°C como mínima y 29.4°C como máxima, mientras que la precipitación anual pasará de

784mm anuales en promedio con 248 mm como mínima y 4601 mm como máxima a 1788 como media, 0 como mínima y 5300 mm como máxima

Tabla 7.- Área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5 de las especies del Patrón Montano. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus compactilis</i>	146758	203121	13.27	51.71	48.29
<i>Anaxyrus mexicanus</i>	109087	59695	63.29	7.40	92.60
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	68045	24650	0.73	63.63	36.37
<i>Craugastor omiltemanus</i>	2315	28948	0.00	100.00	0.00
<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	98703	6729	59.58	11.70	88.30
<i>Eleutherodactylus</i>	14322	76256	34.86	9.86	90.14
<i>Eleutherodactylus longipes</i>	82732	10338	9.41	41.96	58.04
<i>Eleutherodactylus maurus</i>	43146	2436	0.20	62.33	37.67
<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	3308	37365	6.83	38.72	61.28
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	7967	78488	6.15	41.85	58.15
<i>Eleutherodactylus syristes</i>	117813	6594	4.83	40.36	59.64
<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	50201	5933	30.32	54.09	45.91
<i>Exerodonta melanomma</i>	45936	33999	12.28	45.40	54.60
<i>Exerodonta xera</i>	24600	1177	6.68	75.22	24.78
<i>Hyla plicata</i>	44224	55804	1.40	78.02	21.98
<i>Plectrohyla bistincta</i>	181759	5123	3.34	60.16	39.84
<i>Plectrohyla crassa</i>	19117	5865	0.00	67.22	32.78
<i>Plectrohyla cyclada</i>	33172	8491	1.32	24.27	75.73
<i>Plectrohyla hazelae</i>	33854	40838	0.00	27.19	72.81
<i>Plectrohyla lacertosa</i>	4370	9554	3.34	95.06	4.94
<i>Plectrohyla mykter</i>	7098	2742	0.00	27.18	72.82
<i>Plectrohyla pentheter</i>	35933	4502	13.53	22.73	77.27
<i>Plectrohyla sabrina</i>	12297	45811	135.41	0.00	100.00
<i>Plectrohyla siopela</i>	13139	0	0.00	84.71	15.29
<i>Plectrohyla thorectes</i>	837	4340	398.92	0.00	100.00
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	22487	1521	54.71	27.39	72.61
<i>Smilisca dentata</i>	27191	23447	209.58	0.23	99.81
<i>Lithobates dunnii</i>	10005	90341	0.19	93.56	6.44
<i>Lithobates magnaocularis</i>	162939	170061	42.86	18.20	81.80
<i>Lithobates megapoda</i>	19709	403	39.35	88.30	11.70
<i>Lithobates montezumae</i>	113199	1545	11.54	58.81	41.19
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	54346	10013	40.27	40.75	59.25
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	61691	42018	9.90	13.78	86.22
<i>Lithobates spectabilis</i>	74589	12370	3.00	80.77	19.23
<i>Lithobates tlaloci</i>	7615	2448	25.71	9.34	90.66

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050

El efecto principalmente negativo del cambio climático generará para las especies del Patrón Montano se ve incrementado con un forzamiento radiactivo mayor (Figura 11) para el año 2050 bajo el escenario RCP. 8.5, ya que la pérdida llegará a un promedio del 50% de su área de distribución original; las ganancias serán de menos del 23 % del área original en promedio (Tabla 8), es decir 10% menos que bajo el escenario RCP 4.5. Siete especies perderán más de 80% de sus áreas de distribución y cuatro especies podrían potencialmente aumentar sus distribuciones. Bajo este escenario, la reducción de las distribuciones en los dominios 6, 13, 14 y 10 también se ve muy impactada. Siendo en los dominios 9 y 15 donde se mantiene la distribución de las especies, en la mayoría de los casos.

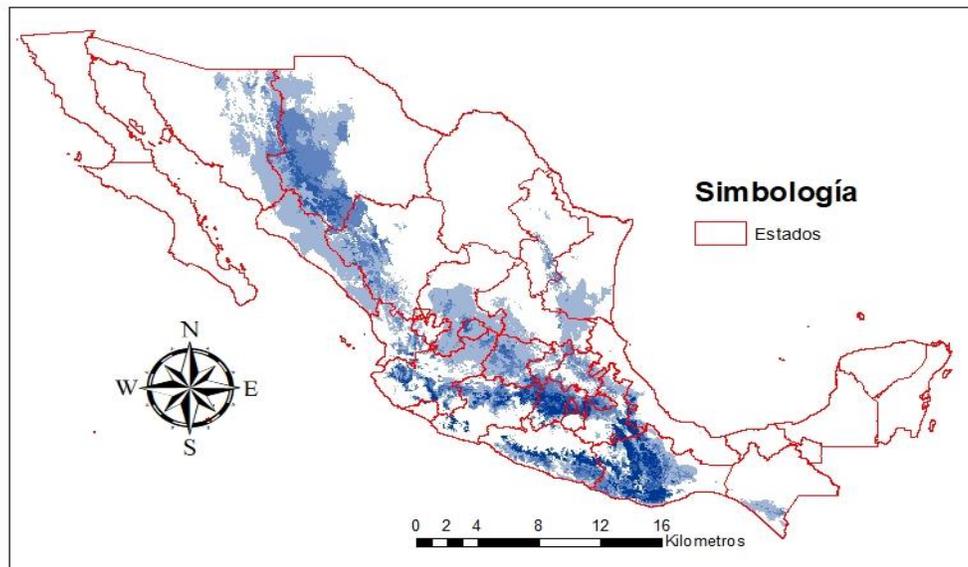


Figura 11.- Distribución geográfica del Patrón Montano de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5

Tabla 8.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes al Patrón Montano. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 8.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus compactilis</i>	146758	60489	11.32	70.10	29.90
<i>Anaxyrus mexicanus</i>	109087	143074	50.39	19.24	80.76
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	68045	23058	2.43	68.54	31.46
<i>Craugastor omiltemanus</i>	2315	13	0.00	99.44	0.56
<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	98703	125321	45.07	18.10	81.90
<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	14322	26763	91.47	4.60	95.40
<i>Eleutherodactylus longipes</i>	82732	46999	6.96	50.15	49.85
<i>Eleutherodactylus maurus</i>	43146	11342	0.05	73.76	26.24
<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	3308	1794	15.36	61.12	38.88
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	7967	2422	1.91	71.51	28.49
<i>Eleutherodactylus syristes</i>	117813	43212	2.12	65.44	34.56
<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	50201	42023	45.34	61.63	38.37
<i>Exerodonta melanomma</i>	45936	17654	5.26	66.83	33.17
<i>Exerodonta xera</i>	24600	9636	18.11	78.94	21.06
<i>Hyla plicata</i>	44224	6134	0.76	86.88	13.12
<i>Plectrohyla bistrincta</i>	181759	77325	4.42	61.88	38.12
<i>Plectrohyla crassa</i>	19117	6854	0.00	64.15	35.85
<i>Plectrohyla cyclada</i>	33172	22005	0.73	34.39	65.61
<i>Plectrohyla hazelae</i>	33854	24855	0.00	26.58	73.42
<i>Plectrohyla lacertosa</i>	4370	633	4.12	89.63	10.37
<i>Plectrohyla mykter</i>	7098	7728	12.92	4.04	95.96
<i>Plectrohyla pentheter</i>	35933	17564	2.23	53.35	46.65
<i>Plectrohyla sabrina</i>	12297	39632	222.29	0.00	100.00
<i>Plectrohyla siopela</i>	13139	1631	0.00	87.59	12.41
<i>Plectrohyla thorectes</i>	837	2716	224.49	0.00	100.00
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	22487	20581	36.11	44.58	55.42
<i>Smilisca dentata</i>	27191	106144	290.84	0.48	99.52
<i>Lithobates dunni</i>	10005	10	0.00	99.90	0.10
<i>Lithobates magnaocularis</i>	162939	174902	33.82	26.47	73.53
<i>Lithobates megapoda</i>	19709	13805	60.07	90.03	9.97
<i>Lithobates montezumae</i>	113199	58001	12.38	61.15	38.85
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	54346	30999	19.80	62.76	37.24
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	61691	48679	3.47	24.56	19.93
<i>Lithobates spectabilis</i>	74589	21389	6.58	77.90	22.10
<i>Lithobates tlaloci</i>	7615	6822	14.00	24.28	75.72

El incremento en la temperatura que experimentarán las especies bajo este escenario será mayor que bajo el escenario RCP 4.5. En las zonas del patrón donde habrá pérdidas, la temperatura media anual pasará de 17.8°C con una máxima de 26.8°C y una mínima de -5.7°C a 20.9°C en promedio, con una máxima de 29.4°C y una mínima de 8.7°C. Mientras que la precipitación total anual pasará de 972 mm en promedio, con una máxima de 4586 mm y una mínima de 260 mm a 953 mm en promedio, con una mínima de 253 mm y una máxima de 4801 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad y en zonas que no son tan frías, así como una leve disminución en la precipitación, pasando de una temperatura media anual de 19.3°C, con una máxima de 29.2°C y una mínima de -1°C a una media de 22.3°C, con 3.2°C como mínima y 31.9°C como máxima; en el caso de la precipitación ésta presentará un leve decremento, pasando de ser una media de 952.8 mm, con una mínima de 201 mm y una máxima de 4419 mm a 924 mm como media, una mínima de 171 mm y una máxima de 4368 mm. Las áreas en donde se ganará área de distribución tendrán un calentamiento pasando de una temperatura media anual de 16.3°C, como media una mínima de -2°C y 26.8°C como máxima a una media de 19.4°C, con 1.1°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 791 mm anuales en promedio con 281 mm como mínima y 477 mm como máxima a 769 como media, 2.6 como mínima y 4905 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070

Bajo este escenario se mantiene la reducción de las distribuciones en los dominios 6, 13, 14 y el dominio 15 también se ve muy impactado. Los dominios 10 y 9 se mantiene la distribución de las especies, el dominio 15 solo mantiene las especies en la sierra madre del Sur, mientras que en el Eje Neovolcánico se pierde la mayor parte de las distribuciones. Para el 2070 se mantendrá el efecto negativo reduciendo la distribución de las especies presentes (Figura 12), ya que la pérdida llegará a un promedio del 70% de su área de distribución original; las ganancias serán de menos del 20% del área original en promedio (Tabla 9), es decir 10% menos que el escenario RCP 4.5 en el año 2050.

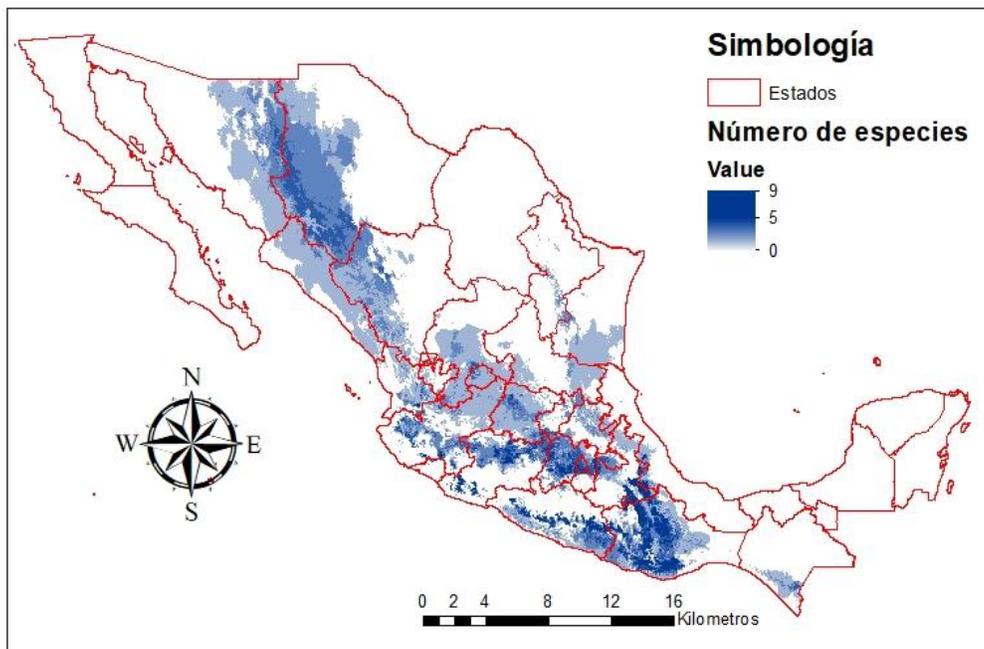


Figura 12.- Distribución geográfica del Patrón Montano de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5

Tabla 9.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5 en las especies pertenecientes al Patrón Montano. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2070 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus compactilis</i>	146758	62456	13.16	70.60	29.40
<i>Anaxyrus mexicanus</i>	109087	162426	69.81	20.91	79.09
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	68045	15670	4.95	81.92	18.08
<i>Craugastor omiltemanus</i>	2315	401	0.00	82.68	17.32
<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	98703	181616	92.30	8.30	91.70
<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	14322	23976	76.03	8.62	91.38
<i>Eleutherodactylus longipes</i>	82732	47274	10.78	53.64	46.36
<i>Eleutherodactylus maurus</i>	43146	11862	0.10	72.61	27.39
<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	3308	819	0.30	75.54	24.46
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	7967	557	0.00	93.01	6.99
<i>Eleutherodactylus syristes</i>	117813	55465	1.65	54.57	45.43
<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	50201	38351	38.35	61.95	38.05
<i>Exerodonta melanomma</i>	45936	18765	6.65	65.80	34.20
<i>Exerodonta xera</i>	24600	1853	1.31	93.78	6.22
<i>Hyla plicata</i>	44224	4692	0.39	89.78	10.22
<i>Plectrohyla bistincta</i>	181759	64084	4.09	68.83	31.17
<i>Plectrohyla crassa</i>	19117	9224	0.81	52.56	47.44
<i>Plectrohyla cyclada</i>	33172	18819	0.01	43.28	56.72
<i>Plectrohyla hazelae</i>	33854	26514	0.07	21.75	78.25
<i>Plectrohyla lacertosa</i>	4370	1608	0.73	63.94	36.06
<i>Plectrohyla mykter</i>	7098	4768	0.00	32.83	67.17
<i>Plectrohyla pentheter</i>	35933	21662	5.31	45.02	54.98
<i>Plectrohyla sabrina</i>	12297	37722	206.76	0.00	100.00
<i>Plectrohyla siopela</i>	13139	1457	0.00	88.91	11.09
<i>Plectrohyla thorectes</i>	837	2697	222.22	0.00	100.00
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	22487	13947	29.28	67.26	32.74
<i>Smilisca dentata</i>	27191	102453	276.79	0.00	81.61
<i>Lithobates dunnii</i>	10005	5671	21.75	65.07	34.93
<i>Lithobates magnaocularis</i>	162939	207579	48.70	21.30	7.88
<i>Lithobates megapoda</i>	19709	11829	52.90	92.88	7.12
<i>Lithobates montezumae</i>	113199	45584	8.33	68.06	31.94
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	54346	24072	13.36	69.06	30.94
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	61691	39932	0.24	35.52	64.48
<i>Lithobates spectabilis</i>	74589	15249	4.87	84.42	15.58

Nombre científico	Presente Km ²	2070 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Lithobates tlaloci</i>	7615	9446	37.11	13.07	86.93

El incremento en la temperatura será mayor que el que se experimentaría para el mismo escenario para el año 2050. En las zonas del patrón donde potencialmente habrá pérdidas, la temperatura media anual pasará de 16.7°C, con una máxima de 26.7°C y una mínima de -2.0°C a 19.9°C en promedio, con una máxima de 29.4°C y una mínima de 12°C, mientras que la precipitación total anual pasará de 805 mm en promedio, con una máxima de 4700 mm y una mínima de 295 mm a 791 mm en promedio, con una mínima de 281 mm y una máxima de 4915 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 19.2°C con una máxima de 29.2°C y una mínima de -1°C a una media de 22.4°C con 3.4°C como mínima y 32.0°C como máxima, en el caso de la precipitación presentará un leve decremento, pasando de ser una media de 941.7 mm con una mínima de 201 mm y una máxima de 4384 mm a 915 mm como media, una mínima de 170 mm y una máxima de 4532 mm. Las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 16.3°C como media, una mínima de -2°C y 26.8°C como máxima a una media de 19.4°C, con 1.1°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 791 mm anuales en promedio con 281 mm como mínima y 477 mm como máxima a 769 como media, 2.6 como mínima y 4905 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070

Para el año 2070, el efecto negativo del cambio climático generará para las especies del Patrón Montano una reducción en el área de distribución de las especies mayor que el registrado para el mismo escenario en el año 2050 (Figura 13), ya que la pérdida llegará a un promedio del 65.8% de su área de distribución original; las ganancias serán de menos del 40% del área original en promedio (Tabla 10). Dieciséis especies perderán más de 80% de sus áreas de distribución y tres especies podrían potencialmente aumentar sus distribuciones.

El dominio 10 es el que tendrá la mayor riqueza de especies mientras que los dominios 6, 9, 13, 14 y 15 mantendrán de 1 o 2 especies cada uno.

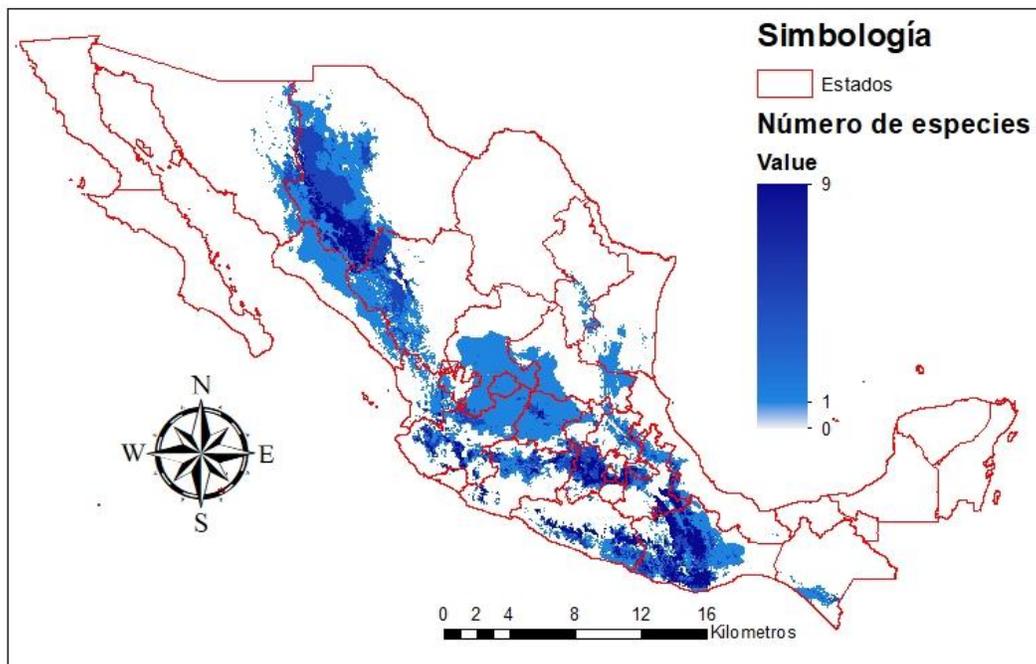


Figura 13.- Distribución geográfica del Patrón Montano de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5.

Tabla 10.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes al Patrón Montano. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2070 8.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus compactilis</i>	146758	35449	9.48	85.33	14.67
<i>Anaxyrus mexicanus</i>	109087	124696	44.54	30.23	69.77
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	68045	6724	1.66	91.78	8.22
<i>Craugastor omiltemanus</i>	2315	0	0.00	100.00	0.00
<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	98703	99252	30.93	30.37	69.63
<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	14322	19921	55.73	16.64	83.36
<i>Eleutherodactylus longipes</i>	82732	23641	7.09	78.52	21.48
<i>Eleutherodactylus maurus</i>	43146	3626	0.00	91.60	8.40
<i>Eleutherodactylus nivicolimae</i>	3308	71	0.03	97.88	2.12
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	7967	97	0.00	98.78	1.22
<i>Eleutherodactylus syristes</i>	117813	26939	0.73	77.87	22.13
<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	50201	36534	48.76	75.99	24.01
<i>Exerodonta melanomma</i>	45936	8179	4.75	86.94	13.06
<i>Exerodonta xera</i>	24600	1982	5.56	97.50	2.50
<i>Hyla plicata</i>	44224	2141	0.55	95.71	4.29
<i>Plectrohyla bistincta</i>	181759	37565	3.79	83.13	16.87
<i>Plectrohyla crassa</i>	19117	5505	0.00	71.20	28.80
<i>Plectrohyla cyclada</i>	33172	13343	0.02	59.80	40.20
<i>Plectrohyla hazelae</i>	33854	21946	0.00	5.64	64.83
<i>Plectrohyla lacertosa</i>	4370	80	0.85	99.02	0.98
<i>Plectrohyla mykter</i>	7098	5491	1.21	23.85	76.15
<i>Plectrohyla pentheter</i>	35933	19330	6.60	52.81	47.19
<i>Plectrohyla sabrina</i>	12297	43519	253.90	0.00	100.00
<i>Plectrohyla siopela</i>	13139	730	0.00	94.44	5.56
<i>Plectrohyla thorectes</i>	837	8127	872.16	1.19	98.81
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	22487	12567	21.88	65.99	34.01
<i>Smilisca dentata</i>	27191	125519	361.62	0.00	100.00
<i>Lithobates dunni</i>	10005	49	0.42	99.93	0.07
<i>Lithobates magnaocularis</i>	162939	171079	48.39	43.40	56.60
<i>Lithobates megapoda</i>	19709	14450	70.77	97.45	2.55
<i>Lithobates montezumae</i>	113199	23067	3.13	82.75	17.25
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	54346	25480	21.47	74.58	25.42
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	61691	35064	4.22	47.38	52.62
<i>Lithobates spectabilis</i>	74589	13310	6.35	88.51	11.49
<i>Lithobates tlaloci</i>	7615	4132	9.18	54.92	45.08

El cambio climático que experimentarán las especies bajo este escenario será mayor que para el mismo escenario en el año 2050. En las zonas del patrón donde se podría haber pérdidas la temperatura media anual pasará de 17.4°C con una máxima de 25.6°C y una mínima de -1.0°C a 21.9°C en promedio con una máxima de 29.4°C y una mínima de 4.5°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 994 mm en promedio con una máxima de 4467 mm y una mínima de 260 mm a 940 mm en promedio con una mínima de 236 mm y una máxima de 4825 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 19.4°C, con una máxima de 29.2°C y una mínima de 2°C a una media de 23.9°C, con 4.6°C como mínima y 33.1°C como máxima; en el caso de la precipitación esta presentará un decremento, pasando de ser una media de 985.2 mm con una mínima de 201 mm y una máxima de 4586 mm a 906.6 mm como media, una mínima de 154 mm y una máxima de 4991 mm. Las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento y en zonas aún más frías que en las zonas de ganancia del escenario RCP 4.5, pasando de una temperatura media anual de 16.1°C, como media una mínima de 1.4°C y 25.5°C como máxima a una media de 20.8°C, con 5.7°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 874.2 mm anuales en promedio con 324 mm como mínima y 4816 mm como máxima a 797.6 como media, 2.4 como mínima y 4923 mm como máxima.

Características y especies

El Patrón Mesófilo incluye un total de 26 especies (Tabla 11) que se distribuyen en las laderas de barlovento de las Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur (Figura 14), principalmente del lado del Golfo de México. De acuerdo a la literatura consultada, las especies se distribuyen en bosques mesófilos de montaña y la mayoría de las especies también se han encontrado en bosques de pino-encino.

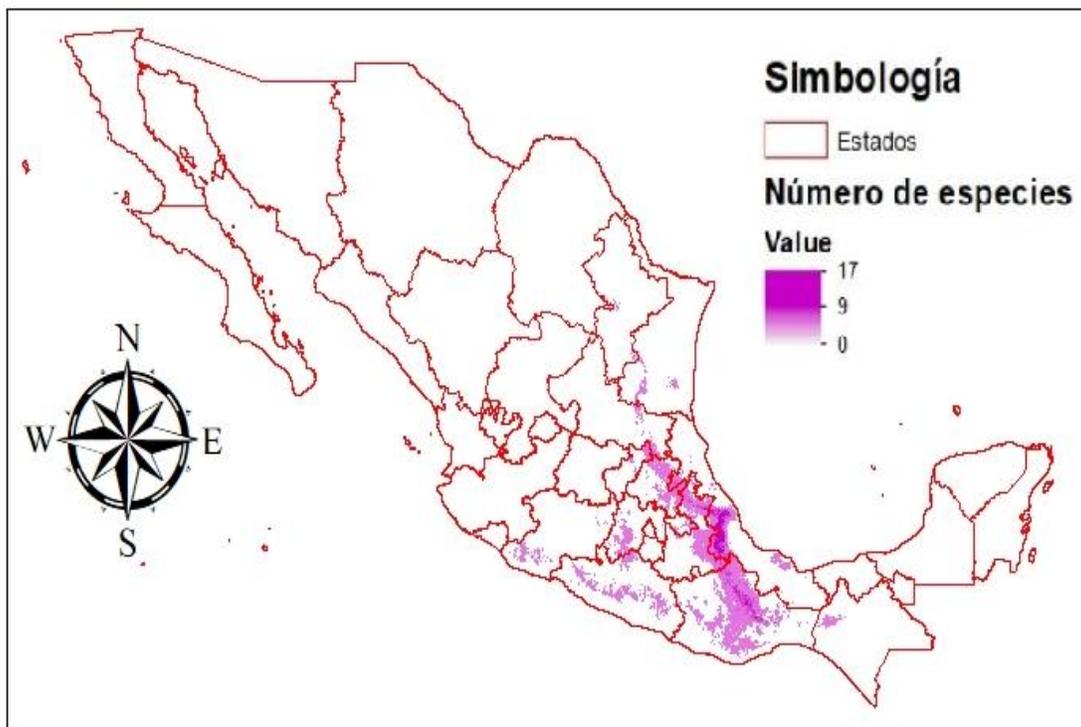


Figura 14.- Distribución geográfica del Patrón Mesófilo de especies endémicas de anuros de México en el presente

Las especies de este patrón están distribuidas principalmente en el dominio 9 con algunas especies en los dominios 10, 13 y 15. Este patrón presenta una temperatura media anual de 19.4°C con una máxima de 28.3°C, una mínima de 1.4°C y una precipitación de 1628 mm promedio, con una máxima de 4467mm y una mínima de 340 mm.

Tabla 11.- Especies pertenecientes al patrón Mesófilo

Familia	Nombre científico
Bufonidae	<i>Incilius cristatus</i>
Bufonidae	<i>Incilius spiculatus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor berkenbuschi</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor decoratus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor megalotympanum</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor mexicanus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor pozo</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor rhodopsis</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor spatulatus</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>
Hylidae	<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>
Hylidae	<i>Charadrahyla nephila</i>
Hylidae	<i>Charadrahyla taeniopus</i>
Hylidae	<i>Charadrahyla trux</i>
Hylidae	<i>Duellmanohyla ignicolor</i>
Hylidae	<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>
Hylidae	<i>Exerodonta chimalapa</i>
Hylidae	<i>Hyla euphorbiacea</i>
Hylidae	<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>
Hylidae	<i>Megastomatohyla nubicola</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla arborescandens</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla celata</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla charadricola</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla robertsorum</i>
Hylidae	<i>Ptychohyla erythromma</i>
Hylidae	<i>Tlalocohyla godmani</i>

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050

El cambio climático generará para las especies del Patrón Mesófilo un efecto muy negativo (Figura 15) para el año 2050 bajo el escenario RCP. 4.5, ya que se perderá un promedio del 50% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán de menos del 10 % del área original en promedio; una especie perderá más del 80% de su área de distribución. El dominio 9 es el que mantendrá la mayor riqueza de especies, el resto de los dominios mantendrán solo 1 o 2 especies cada uno.

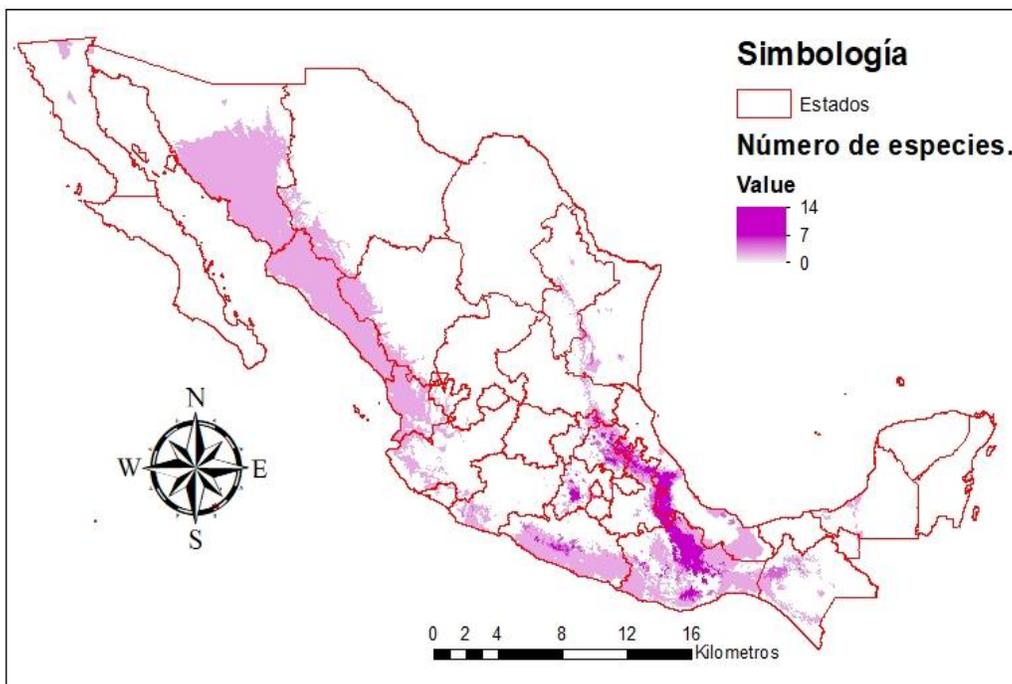


Figura 15.- Distribución geográfica del Patrón Mesófilo de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5

Tabla 12.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5 en las especies pertenecientes al Patrón Mesófilo. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Incilius cristatus</i>	5731	11795	0.09	73.13	26.87
<i>Incilius spiculatus</i>	14965	175412	2.92	20.26	79.74
<i>Craugastor berkenbuschi</i>	9294	6266	3.04	76.71	23.29
<i>Craugastor decoratus</i>	41326	25557	16.44	32.20	67.80
<i>Craugastor megalotympanum</i>	1498	362	0.00	54.67	45.33
<i>Craugastor mexicanus</i>	73097	5169	0.37	63.78	36.22
<i>Craugastor pozo</i>	5221	4176	65.89	22.47	77.53
<i>Craugastor rhodopis</i>	12014	119818	0.62	69.34	30.66
<i>Craugastor spatulatus</i>	13488	84125	0.22	78.69	21.31
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	177933	28770	53.33	0.00	100.00
<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>	10477	25244	1.90	45.92	54.08
<i>Charadrahyla nephila</i>	11349	1	2.28	18.10	81.90
<i>Charadrahyla taeniopus</i>	9699	130096	1.54	73.27	26.73
<i>Charadrahyla trux</i>	3079	0	50.54	4.32	95.68
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	5608	24311	6.60	29.21	70.79
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	84604	2904	10.40	57.54	42.46
<i>Exerodonta chimalapa</i>	17453	41175	38.69	4.34	95.66
<i>Hyla euphorbiacea</i>	58017	272833	5.24	55.65	44.35
<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>	8139	16340	4.12	74.19	25.81
<i>Megastomatohyla nubicola</i>	2537	52789	10.09	98.58	1.42
<i>Plectrohyla arborescandens</i>	42578	2253	1.66	46.19	53.81
<i>Plectrohyla celata</i>	14301	75959	0.00	53.89	46.11
<i>Plectrohyla charadricola</i>	8205	57365	1.80	75.20	24.80
<i>Plectrohyla robertsorum</i>	9528	43307	13.06	75.18	24.82
<i>Ptychohyla erythromma</i>	165180	44725	0.00	27.46	72.54
<i>Tlalocohyla godmani</i>	18039	38008	1.62	64.32	35.68

El Patrón Mesófilo experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies de manera muy similar que en escenario RCP 4.5. En las zonas del patrón donde se predicen pérdidas, la temperatura media anual pasará de 19.7°C con una máxima de 28.3°C y una mínima de 4.2°C a 22.7°C en promedio, con una máxima de 31.0°C y una mínima de 7.3°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 1386.9 mm en promedio con una máxima de 4467 mm y una mínima de 340 mm a 1340 mm en promedio, con una mínima de 301 mm y una máxima de 4984 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 20.1°C, con una máxima de 27.2°C y una mínima de 1.4°C a una media de 22.5°C, con 4.5 °C como mínima y 29.4°C como máxima; en el caso de la precipitación ésta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1656.6 mm con una mínima de 340 mm y una máxima de 4467 mm a 1650.8 mm como media; una mínima de 302 mm y una máxima de 4624 mm. Por último, las áreas en donde se ganará área de distribución, pasarán de una temperatura media anual de 16.8°C como media una mínima de -0.7°C como mínima y 26.6°C como máxima a una media de 19.7°C, con 2.4°C como mínima y 29.3°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 1652.0 mm anuales en promedio con 474 mm como mínima y 4700 mm como máxima a 1687.2 como media, 416 como mínima y 4585 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050

El Patrón Mesófilo tendrá una reducción muy importante del área de distribución original de las especies (Figura 16), ya que se perderá un promedio del 50% de su área de distribución original; mientras que las ganancias serán de del 10 % del área original en promedio, algo muy similar que en el escenario RCO 4.5. Habrá 10 especies que perderán más del 80% de su área, mientras 3 especies incrementarán su distribución considerablemente casi en un 80% del área original en promedio (Tabla 13). Diez especies perderán más de 80% de sus áreas de distribución, cinco mantendrán más del 80% de su área y tres especies podrían potencialmente aumentar sus distribuciones. El dominio 9 es el único que mantendrá las especies de este patrón.

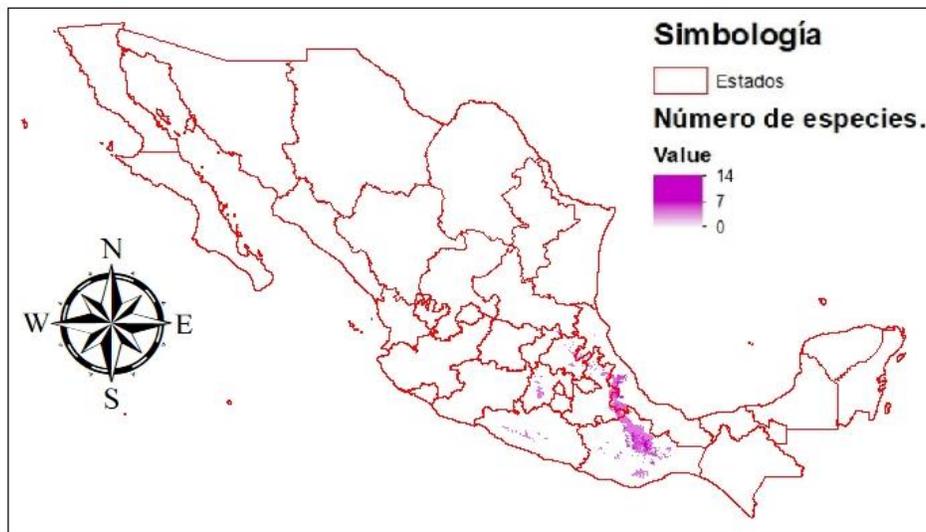


Figura 16.- Distribución geográfica del Patrón Mesófilo de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5

Tabla 13.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes al patrón Mesófilo. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 8.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Incilius cristatus</i>	5731	1736	0.30	70.01	29.99
<i>Incilius spiculatus</i>	14965	13628	2.19	11.13	88.87
<i>Craugastor berkenbuschi</i>	9294	1972	6.71	85.50	14.50
<i>Craugastor decoratus</i>	41326	20729	7.85	57.69	42.31
<i>Craugastor megalotympanum</i>	1498	700	0.00	53.27	46.73
<i>Craugastor mexicanus</i>	73097	26010	0.44	64.86	35.14
<i>Craugastor pozo</i>	5221	17390	233.08	0.00	100.00
<i>Craugastor rhodopis</i>	12014	2226	1.29	82.76	17.24
<i>Craugastor spatulatus</i>	13488	2393	0.10	82.36	17.64
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	177933	262069	47.55	0.26	99.74
<i>Bromeliohyala dendroscarta</i>	10477	2117	0.75	80.55	19.45
<i>Charadrahyla nephila</i>	11349	10716	2.63	8.21	91.79
<i>Charadrahyla taeniopus</i>	9699	1435	0.39	85.60	14.40
<i>Charadrahyla trux</i>	3079	6014	95.42	0.10	99.90
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	5608	4879	2.00	15.00	85.00
<i>Ecnomiohyala miotympanum</i>	84604	42254	12.93	62.99	37.01
<i>Exerodonta chimalapa</i>	17453	24417	42.08	2.18	97.82
<i>Hyla euphorbiacea</i>	58017	18104	2.75	71.55	28.45
<i>Megastomatohyala mixomaculata</i>	8139	1541	3.78	84.85	15.15
<i>Megastomatohyala nubicola</i>	2537	470	17.11	98.58	1.42
<i>Plectrohyla arborescandens</i>	42578	34747	3.09	50.47	49.53
<i>Plectrohyla celata</i>	14301	5027	0.00	64.85	35.15
<i>Plectrohyla charadricola</i>	8205	1533	2.13	83.45	16.55
<i>Plectrohyla robertsororum</i>	9528	1901	6.77	86.82	13.18
<i>Ptychohyala erythromma</i>	165180	115432	203.63	30.12	69.88
<i>Tlalocohyla godmani</i>	18039	531	0.37	97.43	2.57

En las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas de área de distribución de especies, la temperatura media anual cambiará de 19.4°C con una máxima de 28.3°C y una mínima de 5°C, a 21.9°C en promedio con una máxima de 30.7°C y una mínima de 7.7°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 1356 mm en promedio, con una máxima de 4449 mm y una mínima de 346 mm a 1332 mm en promedio, con una mínima de 309 mm y una máxima de 4693 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 20.1°C, con una máxima de 27.2°C y una mínima de 1.4°C a una media de 22.5°C con 4°C como mínima y 29.4°C como máxima; en el caso de la precipitación esta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1616.14 mm, con una mínima de 340 mm y una máxima de 4467 mm a 1640 mm como media, una mínima de 311 mm y una máxima de 5431 mm. Por último, las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 17.6°C como media, una mínima de -0.5°C y 27.2°C como máxima a una media de 16.8°C, con 2.1°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 1644.8 mm anuales en promedio con 432 mm como mínima y 4601 mm como máxima a 1685.9 como media, 396 como mínima y 4583 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070

El cambio climático generará para las especies del Patrón Mesófilo un efecto muy negativo (Figura 17) para el año 2050 bajo el escenario RCP. 4.5, ya que se perderá un promedio del 55% de su área de distribución original; ocho especies

perderán más del 80% de su área y una potencialmente se extinguirá, mientras una especie duplicará y una más incrementarán su distribución considerablemente casi en un 50% del área original en promedio (Tabla 14). El dominio 9 es el que mantendrá las especies, el resto de los dominios ya no tendrá especies en ellos.

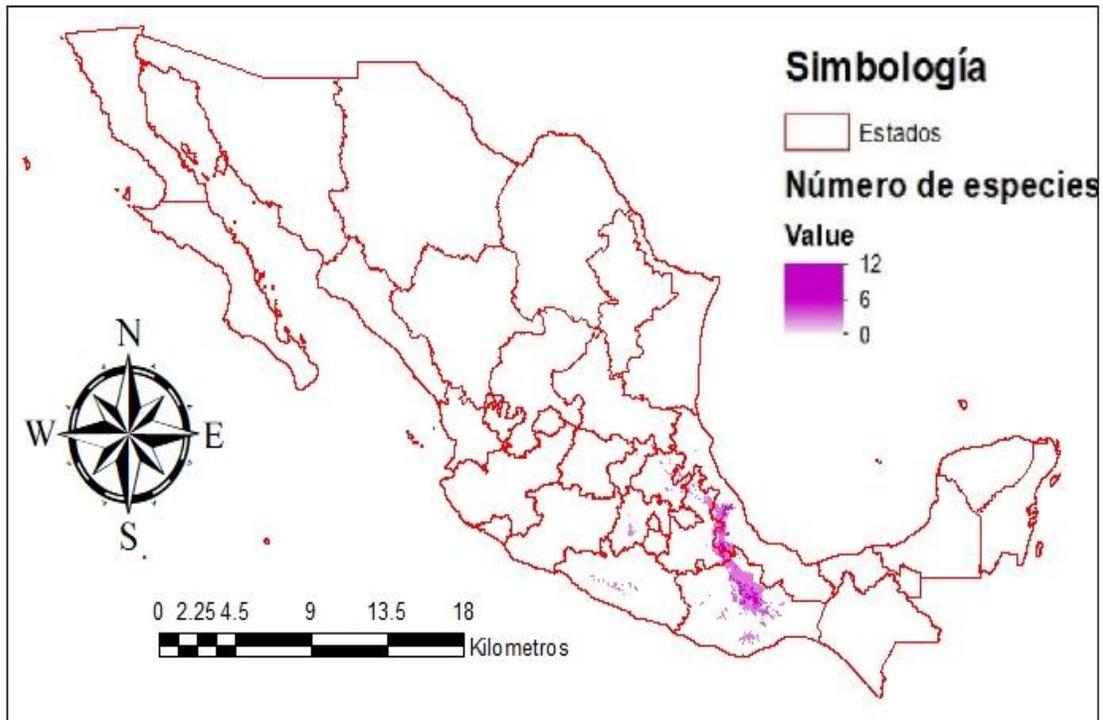


Figura 17.- Distribución geográfica del Patrón Mesófilo de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5

Tabla 14.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5 en las especies pertenecientes al Patrón Mesófilo. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2070 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Incilius cristatus</i>	5731	876	0.12	84.84	15.16
<i>Incilius spiculatus</i>	14965	15237	8.65	6.83	93.17
<i>Craugastor berkenbuschi</i>	9294	1084	3.10	91.44	8.56
<i>Craugastor decoratus</i>	41326	23028	6.29	50.57	49.43
<i>Craugastor megalotympanum</i>	1498	456	0.00	69.56	30.44
<i>Craugastor mexicanus</i>	73097	24532	1.06	67.50	32.50
<i>Craugastor pozo</i>	5221	10601	103.06	0.02	99.98
<i>Craugastor rhodopis</i>	12014	1866	1.91	86.38	13.62
<i>Craugastor spatulatus</i>	13488	2472	1.36	83.03	16.97
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	177933	273093	53.60	0.12	99.88
<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>	10477	3816	1.94	65.51	34.49
<i>Charadrahyla nephila</i>	11349	11069	7.56	10.03	89.97
<i>Charadrahyla taeniopus</i>	9699	1546	0.76	84.82	15.18
<i>Charadrahyla trux</i>	3079	4119	43.42	9.65	90.35
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	5608	6538	24.52	7.94	92.06
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	84604	36383	9.01	66.00	34.00
<i>Exerodonta chimalapa</i>	17453	16218	4.40	11.48	88.52
<i>Hyla euphorbiacea</i>	58017	24860	4.85	62.00	38.00
<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>	8139	401	0.41	95.48	4.52
<i>Megastomatohyla nubicola</i>	2537	0	0.00	100.00	0.00
<i>Plectrohyla arborescandens</i>	42578	27961	1.64	56.66	43.34
<i>Plectrohyla celata</i>	14301	4466	0.00	68.77	31.23
<i>Plectrohyla charadricola</i>	8205	1263	1.35	85.96	14.04
<i>Plectrohyla robertsororum</i>	9528	141	0.31	98.84	1.16
<i>Ptychohyla erythromma</i>	165180	108911	0.00	34.07	65.93
<i>Tlalocohyla godmani</i>	18039	4657	0.12	74.30	25.70

El área del Patrón Mesófilo donde potencialmente habrá pérdida de especies experimentará un incremento de la temperatura media anual, pasará de 20°C con una máxima de 28.3°C y una mínima de -2°C a 23.1°C, en promedio con una máxima de 31.1°C y una mínima de 1.2°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 1419 mm en promedio con una máxima de 4816 mm y una mínima de 340 mm a 1397.7 mm en promedio, con una mínima de 292 mm y una máxima de 4828 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 19.7°C con una máxima de 26.7°C y una mínima de 1.4°C a una media de 22.7°C con 4.6°C como mínima y 29.4°C como máxima; en el caso de la precipitación ésta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1657.1 mm con una mínima de 340 mm y una máxima de 4467 mm a 1647 mm como media, una mínima de 299 mm y una máxima de 4324 mm. Por último, las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 16.8°C como media, una mínima de -0.7°C y 26.6°C como máxima a una media de 19.8°C, con 2.5°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 1652 mm anuales en promedio con 474 mm como mínima y 4700 mm como máxima a 1687.2 como media, 388 como mínima y 4555 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070

El cambio climático generará para las especies del Patrón Mesófilo un efecto negativo (Figura 18) para el año 2070 bajo el escenario RCP. 8.5, ya que se perderá un promedio del 68% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán casi del 8.3% del área original en promedio. Quince especies perderán más del 80% de su área, mientras que tres especies incrementarán su área de distribución considerablemente (Tabla 15). El dominio 9 es el que mantendrá las especies, el resto de los dominios ya no tendrá especies en ellos.

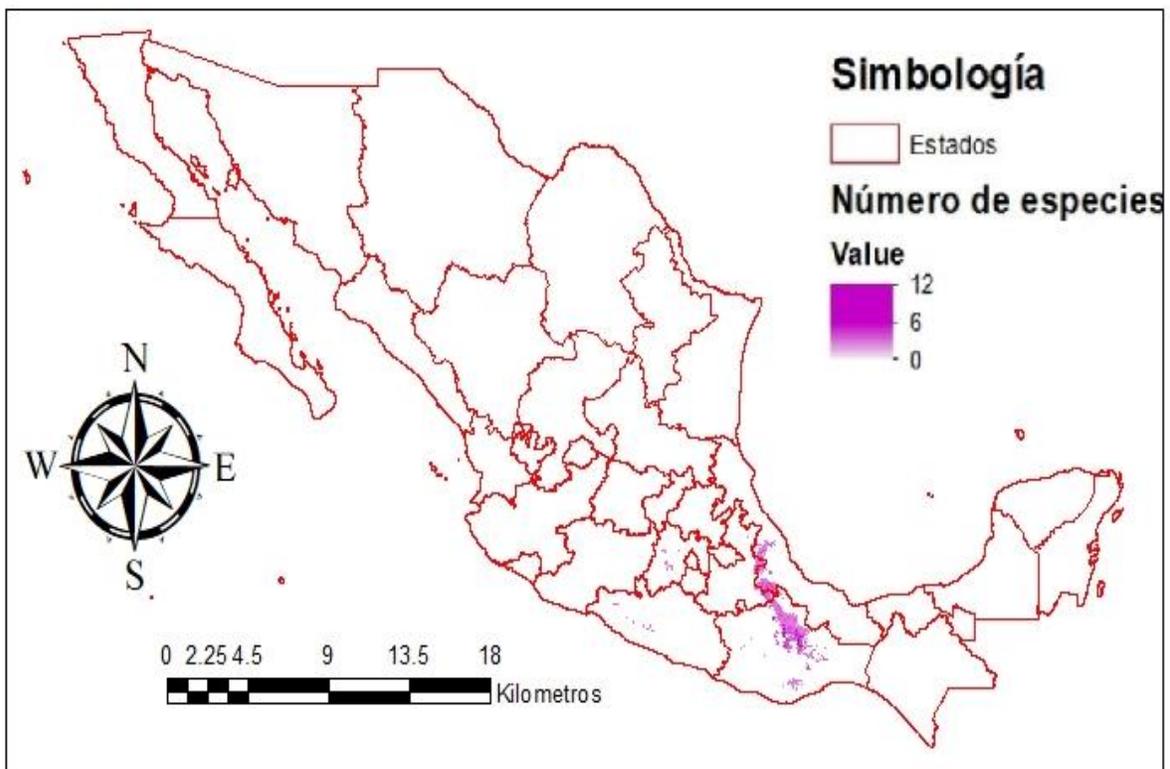


Figura 18.- Distribución geográfica del Patrón Mesófilo de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5.

Tabla 15.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes al Patrón Mesófilo. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2070 8.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)
<i>Incilius cristatus</i>	5731	0.00	94.56	5.44
<i>Incilius spiculatus</i>	14965	4.89	46.84	73.21
<i>Craugastor berkenbuschi</i>	9294	1.60	99.52	0.48
<i>Craugastor decoratus</i>	41326	7.04	86.39	13.61
<i>Craugastor megalotympanum</i>	1498	0.00	76.44	23.56
<i>Craugastor mexicanus</i>	73097	0.21	81.46	18.54
<i>Craugastor pozo</i>	5221	247.44	0.00	100.00
<i>Craugastor rhodopis</i>	12014	1.16	99.84	0.16
<i>Craugastor spatulatus</i>	13488	0.00	94.40	5.60
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	177933	120.37	0.52	99.48
<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>	10477	0.44	92.80	7.20
<i>Charadrahyla nephila</i>	11349	3.02	25.31	74.69
<i>Charadrahyla taeniopus</i>	9699	0.08	98.12	1.88
<i>Charadrahyla trux</i>	3079	450.34	0.00	100.00
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	5608	12.27	33.54	66.46
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	84604	7.95	79.39	20.61
<i>Exerodonta chimalapa</i>	17453	55.83	2.54	97.46
<i>Hyla euphorbiacea</i>	58017	2.47	85.79	14.21
<i>Megastomatohyla mixomaculata</i>	8139	1.29	99.68	0.32
<i>Megastomatohyla nubicola</i>	2537	2.40	99.76	0.24
<i>Plectrohyla arborescandens</i>	42578	1.15	71.24	28.76
<i>Plectrohyla celata</i>	14301	0.00	83.90	16.10
<i>Plectrohyla charadricola</i>	8205	1.51	99.07	0.93
<i>Plectrohyla robertsorum</i>	9528	4.96	96.76	3.24
<i>Ptychohyla erythromma</i>	165180	0.00	47.95	52.05
<i>Tlalocohyla godmani</i>	18039	0.01	99.60	0.40

El patrón Mesófilo experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies; en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas la temperatura media anual pasará de 19.9°C con una máxima de 28.3°C y una mínima de 3.2°C a 24.2°C en promedio, con una máxima de 32.3°C y una mínima de 7.7°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 1397.5 mm en promedio con una máxima de 4467 mm y una mínima de 340 mm a 1289.2 mm en promedio con una mínima de 264 mm y una máxima de 4916 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 19.3°C con una máxima de 25.6°C y una mínima de 1.4°C a una media de 23.4°C, con 5.7°C como mínima y 29.4°C como máxima, en el caso de la precipitación ésta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1760 mm, con una mínima de 346 mm y una máxima de 4467 mm a 1701.4 mm como media, una mínima de 275 mm y una máxima de 4109 mm. Por último, las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 15.1°C, una mínima de -0.2°C y 25.7°C como máxima a una media de 19.2°C, con 2.3°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 1528.3 mm anuales en promedio con 560 mm como mínima y 4816 mm como máxima a 1489 como media, 422 como mínima y 4442 mm como máxima.

Características y especies

El Patrón Selva Seca incluye un total de 26 especies (Tabla 16) que se distribuyen a lo largo de la Planicie costera el Pacífico desde mediados de Sonora hasta el norte de Chiapas (Figura 19). La mayoría de las especies pueden encontrarse en bosques de pino-encino; sin embargo, su distribución mayormente es dentro del patrón de selva seca. Presenta una temperatura media anual de 21.7°C, con una máxima de 28.3°C, mínima de 1.4°C y una precipitación de 1116 mm promedio con una máxima de 4467mm y una mínima de 340 mm. El dominio 14 es que el que presenta la mayor cantidad de especies, seguido de los patrones 9, 11 y 15.

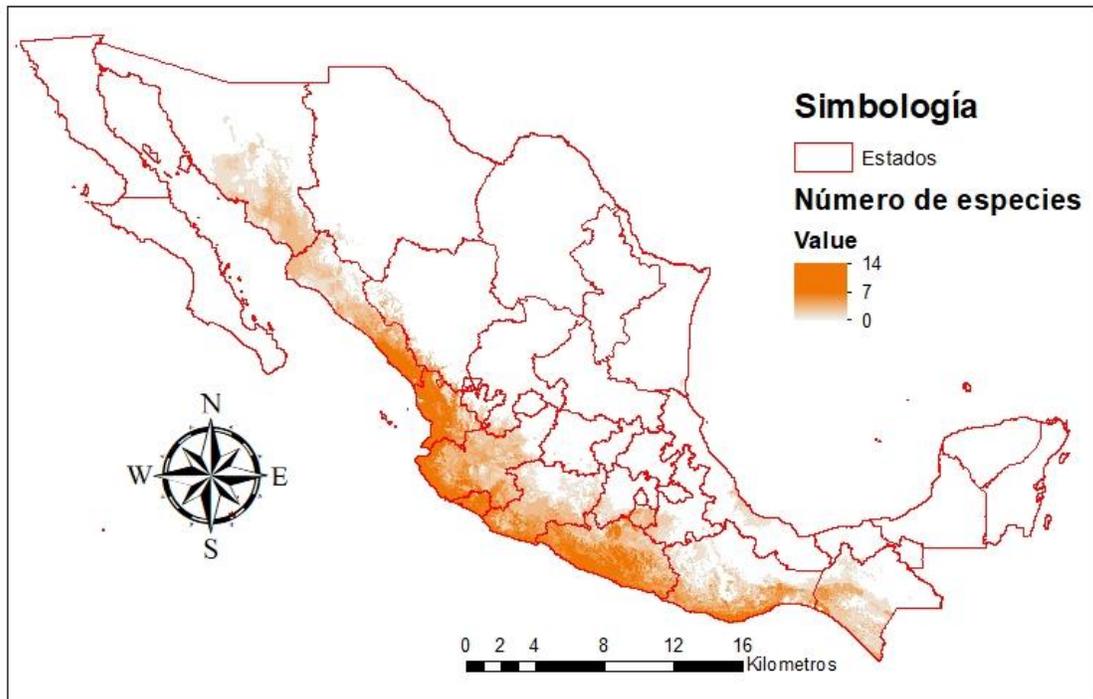


Figura 19.- Distribución geográfica del Patrón Selva Seca de especies endémicas de anuros de México en el presente.

Familia	Nombre científico
Bufonidae	<i>Anaxyrus kelloggi</i>
Bufonidae	<i>Incilius gemmifer</i>
Bufonidae	<i>Incilius marmoreus</i>
Bufonidae	<i>Incilius mazatlanensis</i>
Bufonidae	<i>Incilius perplexus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor montanus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor occidentalis</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor rugulosus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor vocalis</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus albolabris</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dilatus</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus modestus</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus teretistes</i>
Hylidae	<i>Charadrahyla altipotens</i>
Hylidae	<i>Dendropsophus sartori</i>
Hylidae	<i>Diaglena spatulatus</i>
Hylidae	<i>Exerodonta juanita</i>
Hylidae	<i>Exerodonta pinorum</i>
Hylidae	<i>Exerodonta smaragdina</i>
Hylidae	<i>Exerodonta sumichrasti</i>
Hylidae	<i>Pachymedusa dacnicolor</i>
Hylidae	<i>Plectrohyla chryses</i>
Hylidae	<i>Tlalocohyla smithii</i>
Ranidae	<i>Lithobates omiltemanus</i>
Ranidae	<i>Lithobates psilonota</i>
Ranidae	<i>Lithobates pustulosus</i>

Tabla 16.- Especies pertenecientes al Patrón Selva Seca

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050

El cambio climático generará para las especies del Patrón Selva Seca un efecto no tan negativo (Figura 20) para el año 2050 bajo el escenario RCP. 4.5, ya que se perderá un promedio del 32% de su área de distribución original; mientras que las ganancias serán casi del 26% del área original en promedio. Dos especies perderán más del 80% de su distribución original, mientras que cuatro aumentarán en más del 50% (Tabla 17). Bajo este escenario las especies permanecen en el dominio 14, aumenta la riqueza en el dominio 11 y se reduce la distribución en el resto de ellos.

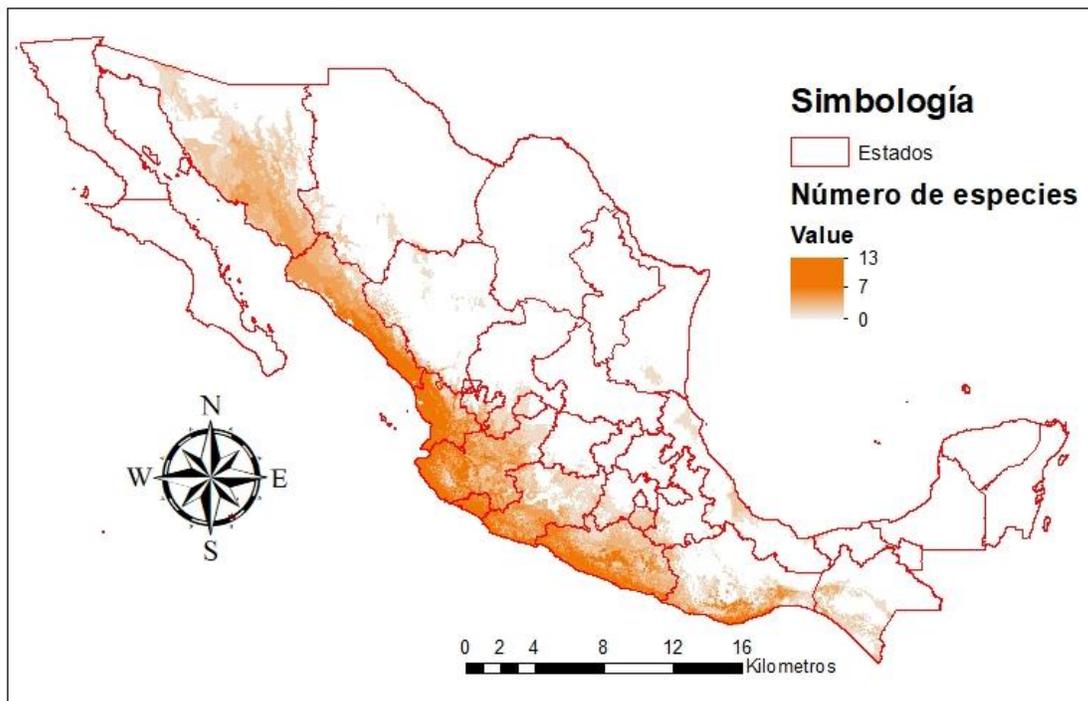


Figura 20.- Distribución geográfica del Patrón Selva Seca de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5

Tabla 17.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5 en las especies pertenecientes al Patrón Selva Seca. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus kelloggi</i>	80169	10062	55.80	44.05	55.95
<i>Incilius gemmifer</i>	6001	137168	66.86	0.00	100.00
<i>Incilius marmoratus</i>	97569	49142	32.10	34.40	65.60
<i>Incilius mazatlanensis</i>	85687	59300	172.76	0.76	99.24
<i>Incilius perplexus</i>	74460	8862	7.92	51.49	48.51
<i>Craugastor montanus</i>	4244	32627	0.00	99.98	0.02
<i>Craugastor occidentalis</i>	128588	3609	17.02	15.85	84.15
<i>Craugastor rugulosus</i>	53203	28630	7.55	61.85	38.15
<i>Craugastor vocalis</i>	71219	226244	21.94	64.12	35.88
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	7733	67294	106.08	20.91	79.09
<i>Eleutherodactylus dilatus</i>	10983	7740	0.99	90.28	9.72
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	54034	292	12.49	14.80	85.20
<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	62168	2183	5.96	13.68	86.32
<i>Charadrahyla altipotens</i>	12800	679	27.27	60.93	39.07
<i>Dendropsophus sartori</i>	56066	39	8.86	31.62	68.38
<i>Diaglena spatulatus</i>	22772	7488	102.53	1.35	98.65
<i>Exerodonta juanita</i>	56225	42	1.64	34.04	65.96
<i>Exerodonta pinorum</i>	66367	14319	8.72	7.32	92.68
<i>Exerodonta smaragdina</i>	142256	17902	8.29	54.69	45.31
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	67617	46856	2.00	67.60	32.40
<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	257239	157450	56.42	9.69	90.31
<i>Plectrohyla chryses</i>	21442	38269	0.02	72.35	27.64
<i>Tlalocohyla smithii</i>	208116	30722	51.39	42.68	57.32
<i>Lithobates omiltemanus</i>	31887	95322	0.35	63.36	36.64
<i>Lithobates psilonota</i>	65129	233068	113.20	2.59	97.41
<i>Lithobates pustulosus</i>	75449	373370	33.95	68.82	31.18

El Patrón Selva Seca experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies; en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas, la temperatura media anual pasará de 23°C con una máxima de 29.4°C y una mínima de 7.4°C a 24.5°C, en promedio con una máxima de 32°C y una mínima de 10.7°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 1008.2 mm en promedio con una máxima de 4631 mm y una mínima de 172 mm a 1050.5 mm en promedio con una mínima de 166 mm y una máxima de 4946 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 21.9°C, con una máxima de 27.2°C y una mínima de 6.5°C a una media de 24.4°C, con 9.1°C como mínima y 29.4°C como máxima; en el caso de la precipitación esta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1062.8 mm con una mínima de 273 mm y una máxima de 4567 mm a 1098.3 mm como media, una mínima de 261 mm y una máxima de 4874 mm. Por último, las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 21°C como media, una mínima de 5.9°C y 27.2°C como máxima a una media de 23.6°C, con 8.5°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 938.04 mm anuales en promedio con 221 mm como mínima y 4593 mm como máxima a 961.1 como media, 215 como mínima y 4905 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050

Para el año 2050 bajo el escenario RCP. 8.5 las especies del patrón selva perderán un promedio del 54% de su área de distribución original; mientras que las ganancias de la mitad de las especies serán casi del 50% del área original en promedio, dos perderán más del 80% de su área de distribución y una desaparecerá, mientras que cinco aumentarán en más del 80% (Tabla 18, Figura 21). Bajo este escenario la mayoría de especies permanecen en el dominio 14, aumenta la riqueza que presentaba el dominio 11 y se reduce la riqueza en el resto de ellos.

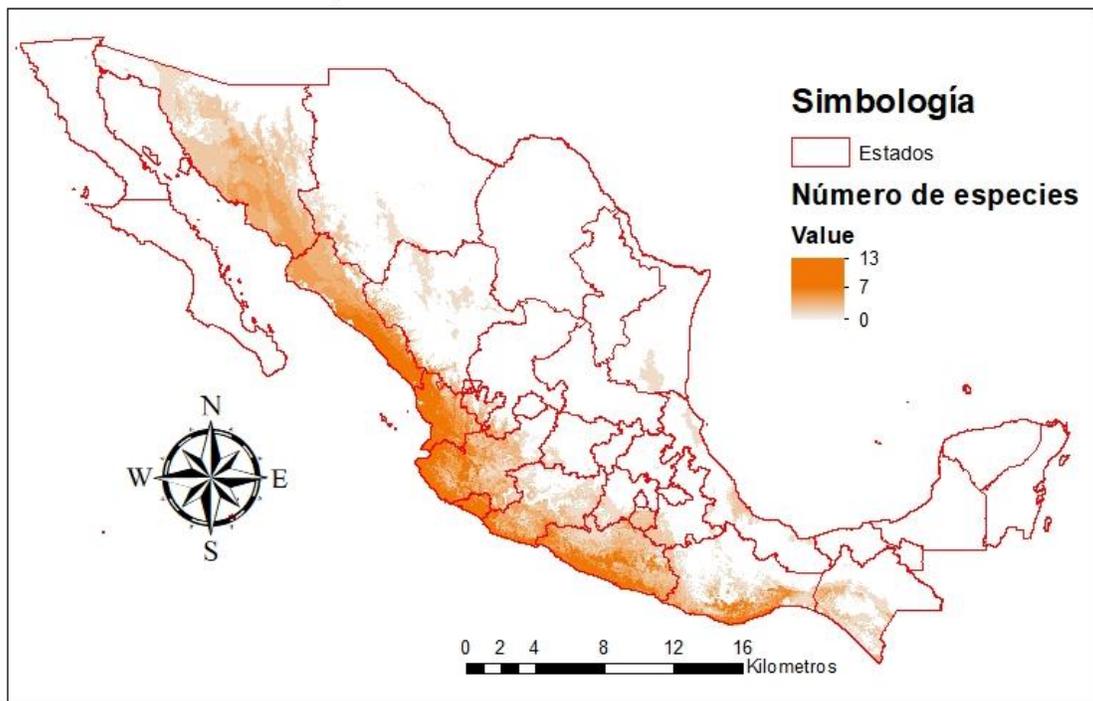


Figura 21.- Distribución geográfica del Patrón Selva Seca de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5

Tabla 18.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes al Patrón Selva Seca. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 8.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus kelloggi</i>	80169	100722	61.60	35.96	64.04
<i>Incilius gemmifer</i>	6001	13645	127.38	0.00	100.00
<i>Incilius marmoreus</i>	97569	107824	42.19	31.68	68.32
<i>Incilius mazatlanensis</i>	85687	263404	207.64	0.24	99.76
<i>Incilius perplexus</i>	74460	34682	8.17	61.59	38.41
<i>Craugastor montanus</i>	4244	0	0.00	100.00	0.00
<i>Craugastor occidentalis</i>	128588	122535	17.21	21.92	78.08
<i>Craugastor rugulosus</i>	53203	17494	7.82	74.94	25.06
<i>Craugastor vocalis</i>	71219	35590	20.18	70.20	29.80
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	7733	17002	129.29	9.43	90.57
<i>Eleutherodactylus dilatus</i>	10983	3723	4.78	70.88	29.12
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	54034	56609	17.94	13.18	86.82
<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	62168	61572	10.84	11.80	88.20
<i>Charadrahyla altipotens</i>	12800	4963	20.95	82.18	17.82
<i>Dendropsophus sartori</i>	56066	37168	7.32	41.03	58.97
<i>Diaglena spatulatus</i>	22772	59805	163.66	1.04	98.96
<i>Exerodonta juanitae</i>	56225	32671	2.11	44.00	56.00
<i>Exerodonta pinorum</i>	66367	65098	11.02	12.93	87.07
<i>Exerodonta smaragdina</i>	142256	74073	9.99	57.92	42.08
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	67617	43433	8.33	44.09	55.91
<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	257239	445385	81.39	8.25	91.75
<i>Plectrohyla chryses</i>	21442	8828	0.16	58.99	41.01
<i>Tlalocohyla smithii</i>	208116	260281	63.27	38.21	61.79
<i>Lithobates omiltemanus</i>	31887	9503	0.02	70.22	29.78
<i>Lithobates psilonota</i>	65129	51267	11.59	32.87	67.44
<i>Lithobates pustulosus</i>	75449	29960	22.33	82.62	17.38

El Patrón Selva Seca experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies, en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas la temperatura media anual pasará de 23°C con una máxima de 29.4°C y una mínima de 7.9°C a 25.9°C en promedio con una máxima de 32.3°C y una mínima de 11.2°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 1003.1 mm en promedio con una máxima de 4388 mm y una mínima de 172 mm a 1028 mm en promedio, con una mínima de 159 mm y una máxima de 4641 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 21.9°C con una máxima de 26.8°C y una mínima de 6.5°C a una media de 24.8°C, con 9.5°C como mínima y 29.4°C como máxima; en el caso de la precipitación esta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1076.7 mm con una mínima de 283 mm y una máxima de 4631 mm a 1091.4 mm como media, una mínima de 256 mm y una máxima de 4860 mm. Por último, las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 20.9°C como media, una mínima de 5.9°C y 26.8°C como máxima a una media de 23.9°C con 8.9°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 966.1 mm anuales en promedio con 220 mm como mínima y 4684 mm como máxima a 964.2 como media, 198 como mínima y 4905 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070

El cambio climático generará para las especies del Patrón Selva Seca un efecto negativo para el año 2070 bajo el escenario RCP. 4.5 ya que se perderá un promedio del 55% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán casi del 20% del área original en promedio (Figura 22). Cuatro especies disminuirán en un 80% su área de distribución, mientras que tres aumentarán en más del 100% (Tabla 19). Bajo este escenario las especies permanecen en el dominio¹⁴, aumenta la riqueza en el dominio 11 y se reduce la riqueza en el resto de ellos.

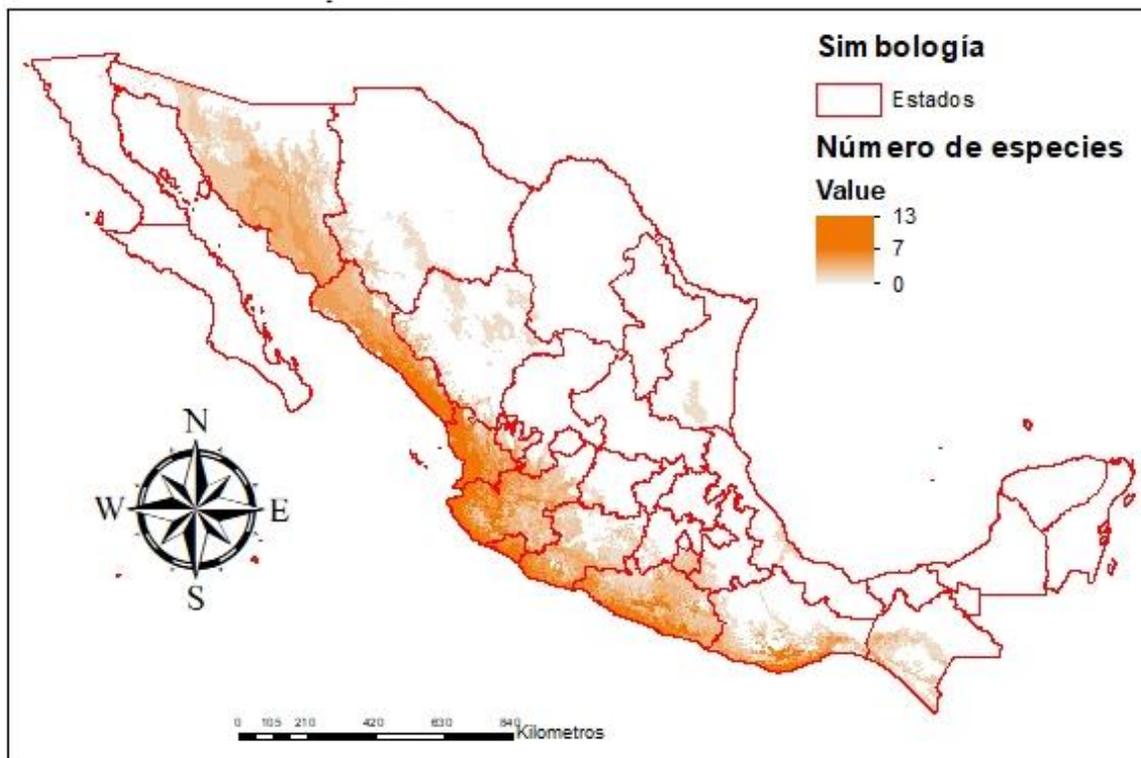


Figura 22.- Distribución geográfica del Patrón Selva Seca de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5

Tabla 19.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5 en las especies pertenecientes al Patrón Selva Seca. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2070 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus kelloggi</i>	80169	97963	64.35	42.16	57.84
<i>Incilius gemmifer</i>	6001	9387	56.44	0.02	99.98
<i>Incilius marmoreus</i>	97569	72227	23.76	49.73	50.27
<i>Incilius mazatlanensis</i>	85687	267496	212.63	0.45	99.55
<i>Incilius perplexus</i>	74460	35418	7.84	60.27	39.73
<i>Craugastor montanus</i>	4244	385	0.21	91.14	8.86
<i>Craugastor occidentalis</i>	128588	129944	20.86	19.80	80.20
<i>Craugastor rugulosus</i>	53203	15479	7.15	78.06	21.94
<i>Craugastor vocalis</i>	71219	34300	28.37	80.20	19.80
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	7733	3293	10.02	67.44	32.56
<i>Eleutherodactylus dilatatus</i>	10983	2556	0.51	77.24	22.76
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	54034	45253	5.30	21.55	78.45
<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	62168	51339	4.10	21.52	78.48
<i>Charadrahyla altipotens</i>	12800	1917	4.80	90.11	9.89
<i>Dendropsophus sartori</i>	56066	45655	10.30	28.87	71.13
<i>Diaglena spatulatus</i>	22772	48497	115.44	2.48	97.52
<i>Exerodonta juanita</i>	56225	34823	2.17	40.24	59.76
<i>Exerodonta pinorum</i>	66367	60278	6.54	15.71	84.29
<i>Exerodonta smaragdina</i>	142256	44893	5.47	73.91	26.09
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	67617	30370	6.36	61.44	38.56
<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	257239	41975	91.27	7.79	92.21
<i>Plectrohyla chryses</i>	21442	5535	0.09	74.27	25.73
<i>Tlalocohyla smithii</i>	208116	268542	67.87	38.84	61.16
<i>Lithobates omiltemanus</i>	31887	9869	0.84	69.89	30.11
<i>Lithobates psilonota</i>	65129	99170	63.54	11.27	88.73
<i>Lithobates pustulosus</i>	75449	24637	20.41	87.75	12.25

El Patrón Selva Seca experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies; en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas, la temperatura media anual pasará de 21.8°C con una máxima de 29.4°C y una mínima de 5.9°C a 24.8°C en promedio, con una máxima de 32.4°C y una mínima de 9°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 957.7 mm en promedio, con una máxima de 4684 mm y una mínima de 172 mm a 975.3 mm en promedio con una mínima de 160 mm y una máxima de 4998 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 21.8°C con una máxima de 26.7°C y una mínima de 6.5°C a una media de 24.9°C con 9.6°C como mínima y 29.4°C como máxima; en el caso de la precipitación esta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1075.5 mm con una mínima de 296 mm y una máxima de 4604 mm a 1095.3 mm como media, una mínima de 279 mm y una máxima de 4922 mm. Por último las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 20.7°C como media una mínima de 5.9°C como mínima y 26.7°C como máxima a una media de 23.8°C con 9°C como mínima y 29.4°C como máxima mientras que la precipitación anual pasará de 942.1 mm anuales en promedio con 236 mm como mínima y 4570 mm como máxima a 946.8 como media, 223 como mínima y 4875 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070

El cambio climático generará para las especies del Patrón Selva Seca un efecto muy negativo (Figura 23) para el año 2070 bajo el escenario RCP. 8.5 ya que se perderá un promedio del 50% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán casi del 40% del área original en promedio. Ocho especies perderán más del 80% de su área de distribución, una la perderá totalmente, mientras que cinco podrían incrementar en más del 80% de su área (Tabla 20) Bajo este escenario las especies permanecen en el dominio 14, aumenta la riqueza en el dominio 11 y reduciendo la riqueza en el resto de ellos

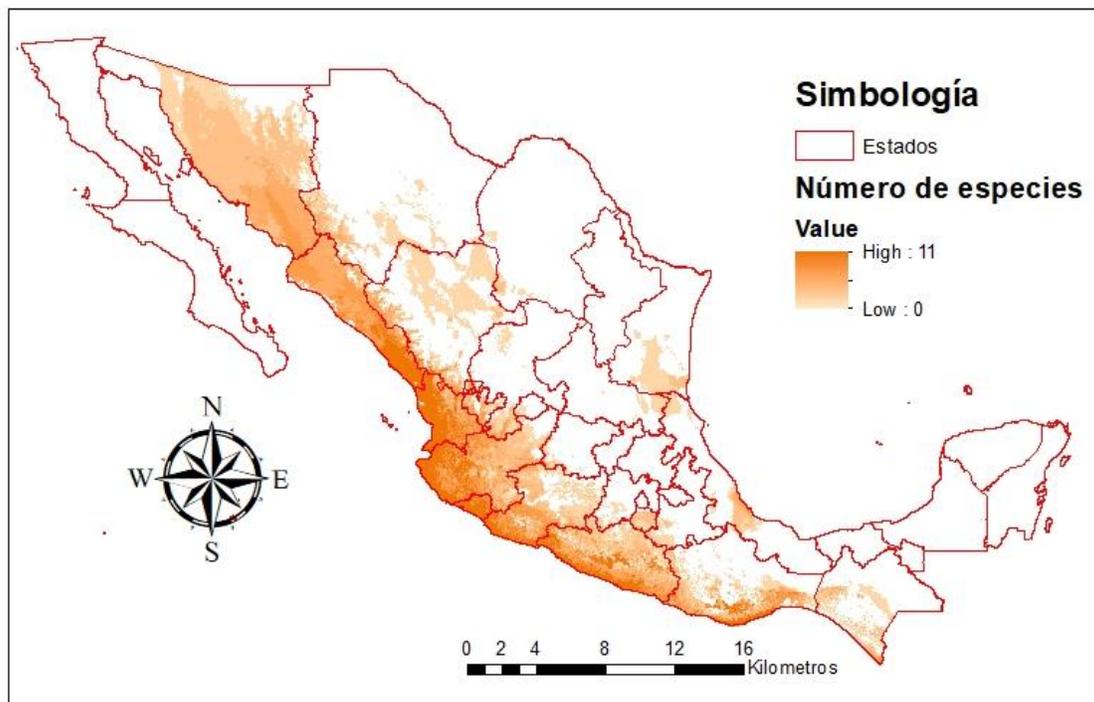


Figura 23.- Distribución geográfica del Patrón Selva Seca de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5

Tabla 20.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes al Patrón Selva Seca. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente	2070 8.5	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Anaxyrus kelloggi</i>	80169	71598	48.25	58.94	41.06
<i>Incilius gemmifer</i>	6001	16804	180.02	0.00	100.00
<i>Incilius marmoreus</i>	97569	72143	26.82	52.88	47.12
<i>Incilius mazatlanensis</i>	85687	371226	333.36	0.12	99.88
<i>Incilius perplexus</i>	74460	27791	9.81	72.49	27.51
<i>Craugastor montanus</i>	4244	0	0.00	100.00	0.00
<i>Craugastor occidentalis</i>	128588	130602	30.95	29.38	70.62
<i>Craugastor rugulosus</i>	53203	5659	5.36	94.73	5.27
<i>Craugastor vocalis</i>	71219	25791	29.08	92.86	7.14
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	7733	18509	174.14	34.79	65.21
<i>Eleutherodactylus dilatus</i>	10983	85	0.02	99.24	0.76
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	54034	49407	21.94	30.50	69.50
<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	62168	56140	5.41	15.11	84.89
<i>Charadrahyla altipotens</i>	12800	6738	41.43	88.79	11.21
<i>Dendropsophus sartori</i>	56066	29174	2.53	50.49	49.51
<i>Diaglena spatulatus</i>	22772	71337	216.22	2.96	97.04
<i>Exerodonta juanitae</i>	56225	28937	3.22	51.75	48.25
<i>Exerodonta pinorum</i>	66367	53307	8.22	27.89	72.11
<i>Exerodonta smaragdina</i>	142256	31225	0.92	85.30	14.70
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	67617	20223	7.43	77.52	21.00
<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	257239	553702	125.20	9.95	90.05
<i>Plectrohyla chryses</i>	21442	2832	0.00	86.79	13.21
<i>Tlalocohyla smithii</i>	208116	259297	65.46	40.86	59.14
<i>Lithobates omiltemanus</i>	31887	1564	0.04	95.14	4.86
<i>Lithobates psilonota</i>	65129	101984	68.23	11.64	88.36
<i>Lithobates pustulosus</i>	75449	22067	25.31	96.06	3.94

El Patrón Selva Seca experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies; en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas la temperatura media anual pasará de 22.9°C con una máxima de 29.4°C y una mínima de 7.9°C a 25.9°C en promedio con una máxima de 32.4°C y una mínima de 10.9°C, mientras que la precipitación total anual pasará de 1004.2 mm en promedio con una máxima de 4631 mm y una mínima de 172 mm a 1032.9 mm en promedio con una mínima de 160 mm y una máxima de 4947 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 20.9°C, con una máxima de 25.6°C y una mínima de 6.5°C a una media de 25.2°C, con 10.9°C como mínima y 29.4°C como máxima; en el caso de la precipitación esta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 1089.8 mm con una mínima de 273 mm y una máxima de 4466 mm a 1082.2 mm como media, una mínima de 250 mm y una máxima de 4872 mm. Por último las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 19.5°C como media, una mínima de 5.9°C y 25.6°C como máxima a una media de 24°C con 10.3°C como mínima y 29.4°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 984.2 mm anuales en promedio, con 260 mm como mínima y 4526 mm como máxima a 948.9 como media, 231 como mínima y 4923 mm como máxima.

Efecto del cambio climático sobre el Patrón Selvas Tropical

Características y especies

El patrón selva tropical incluye un total de 9 especies (tabla 21) que se distribuyen principalmente en Chiapas, y algunas partes la costa del Golfo de México (Figura 24). EL dominio 13 es el que presenta mayor cantidad de especies mientras que los dominios 11 y 12 presentan 2 especies cada uno

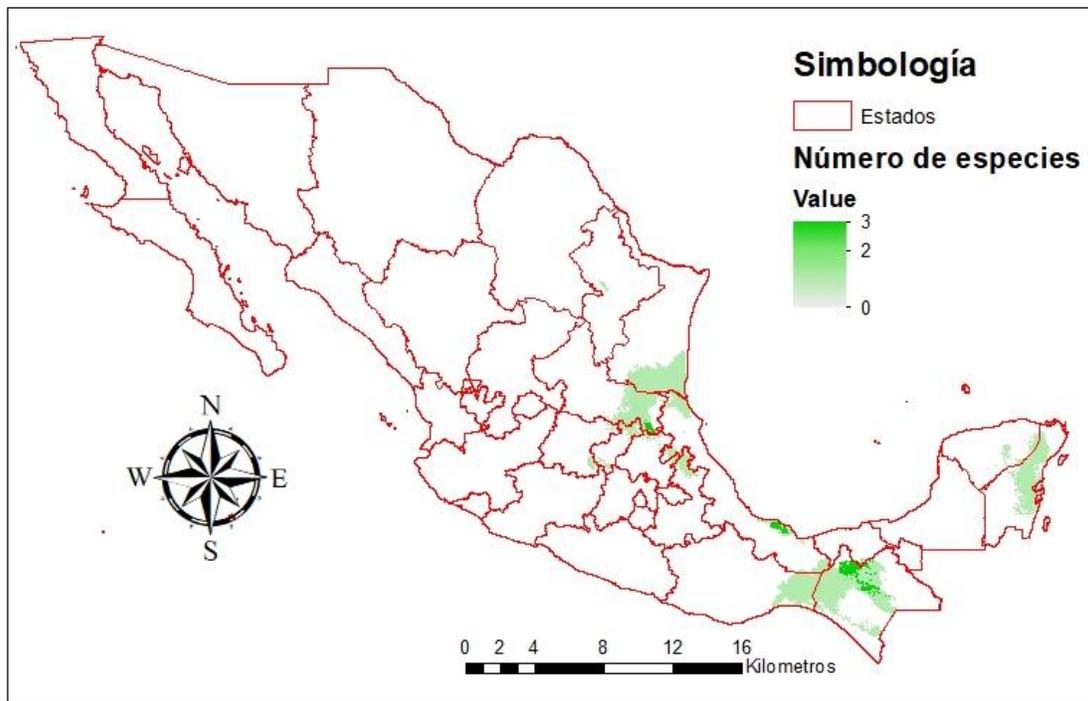


Figura 24.- Distribución geográfica del Patrón Selva Tropical de especies endémicas de anuros de México en el presente

Presenta una temperatura media anual de 22.5°C con una máxima de 29.5°C y mínima de 9.3°C y una precipitación de 1748 mm promedio con una máxima de 4816 mm y una mínima de 223 mm.

Familia	Nombre científico
Bufonidae	<i>Incilius cavifrons</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor pelorus</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor vulcani</i>
Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus dennisi</i>
Hylidae	<i>Charadrahyla chaneque</i>
Hylidae	<i>Duellmanohyla chamulae</i>
Hylidae	<i>Ecnomiohyla valancifer</i>
Ranidae	<i>Lithobates johni</i>

Tabla 21.- Especies pertenecientes al patrón selva tropical

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2050

El cambio climático generará para las especies del patrón selva tropical un efecto no tan negativo en comparación a otros patrones, (Figura 20) para el año 2050 bajo el escenario RCP. 4.5 ya que se perderá un promedio del 48.16% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán casi del 23.7% del área original en promedio, manteniéndose el 51.83% del área original. Dos especies perderán más del 80% de su área de distribución, cuatro permanecerán y una especie podría incrementar en gran medida su área de distribución (Tabla 22) La riqueza de los dominios se mantiene, aunque se reduce el área de distribución de las especies

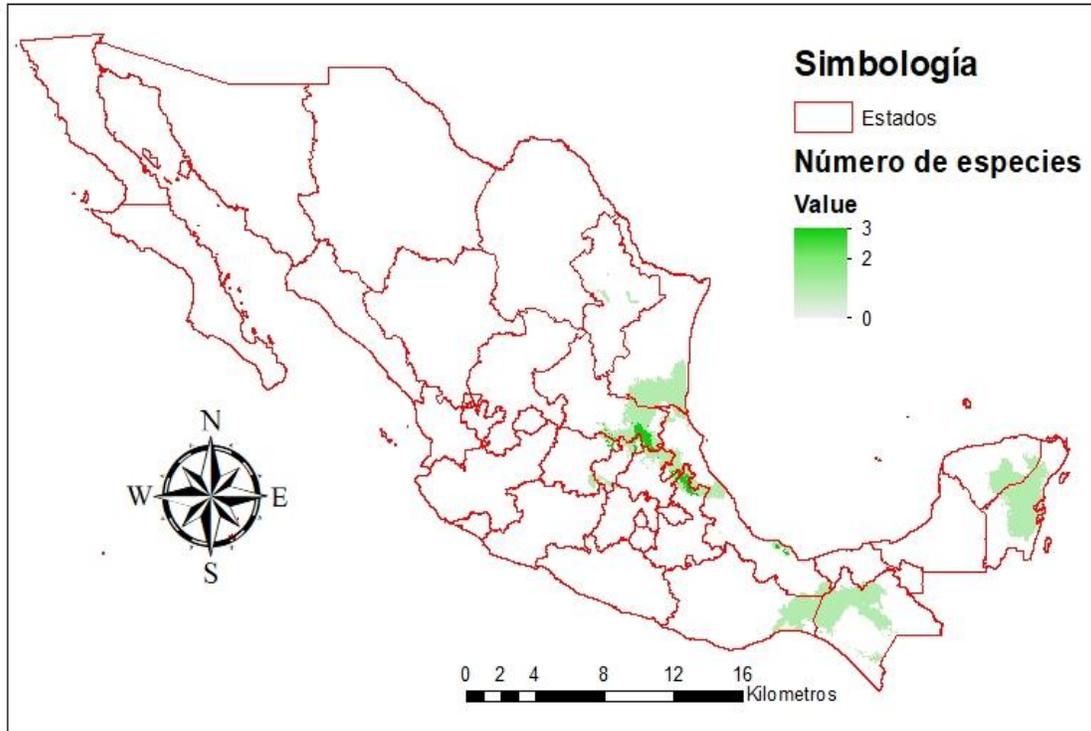


Figura 20.- Distribución geográfica del Patrón Selva Tropical de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5

Tabla 22.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 4.5 en las especies pertenecientes al Patrón Selva Tropical. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Incilius cavifrons</i>	1534	54088	0.00	73.73	26.27
<i>Craugastor pelorus</i>	5979	2009	0.00	99.35	0.65
<i>Craugastor vulcani</i>	104	663	0.96	60.58	39.42
<i>Craugastor yucatanensis</i>	21058	23707	74.57	13.12	86.88
<i>Eleutherodactylus dennisi</i>	51160	23262	6.58	14.99	85.01
<i>Charadrahyla chaneque</i>	50065	26748	0.00	18.43	81.57
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	2015	3758	0.00	100.00	0.00
<i>Ecnomiohyla valancifer</i>	3256	145962	0.00	53.29	46.71
<i>Lithobates johni</i>	1679	89588	1311.97	0.00	100.00

En las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas la temperatura media anual pasará de 19.4°C con una máxima de 29.6°C y una mínima de 7.1°C a 21.4°C en promedio con una máxima de 32°C y una mínima de 7.4°C, mientras que la precipitación total anual pasará de 1016.2 mm en promedio con una máxima de 4816 mm y una mínima de 223 mm a 955.7 mm en promedio con una mínima de 206 mm y una máxima de 4735 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 17.4°C con una máxima de 29.5°C y una mínima de 6.4°C a una media de 19°C con 6°C como mínima y 32°C como máxima, en el caso de la precipitación esta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 903 mm con una mínima de 225 mm y una máxima de 4816 mm a 906.72 mm como media, una mínima de 206 mm y una máxima de 4811 mm. Por último las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 17.7°C como media una mínima de 6.1°C como mínima y 29.5°C como máxima a una media de 20.3°C con 6°C como mínima y 32°C como máxima mientras que la precipitación anual pasará de 907 mm anuales en promedio con 291 mm como mínima y 4692 mm como máxima a 912 como media, 289 como mínima y 4690 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2050

El cambio climático generará para las especies del patrón selva tropical un efecto no tan negativo (Figura 21) para el año 2050 bajo el escenario RCP. 4.5 ya que se perderá un promedio del 48.1% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán casi del 23.7% del área original en promedio y una permanencia del 51.8% del área original. Una especie podrían incrementar potencialmente su área de distribución en más del 80% y tres especies la podrían disminuir más de un 80% (Tabla 23) La riqueza de los dominios se mantiene, aunque se reduce el área de distribución de las especies

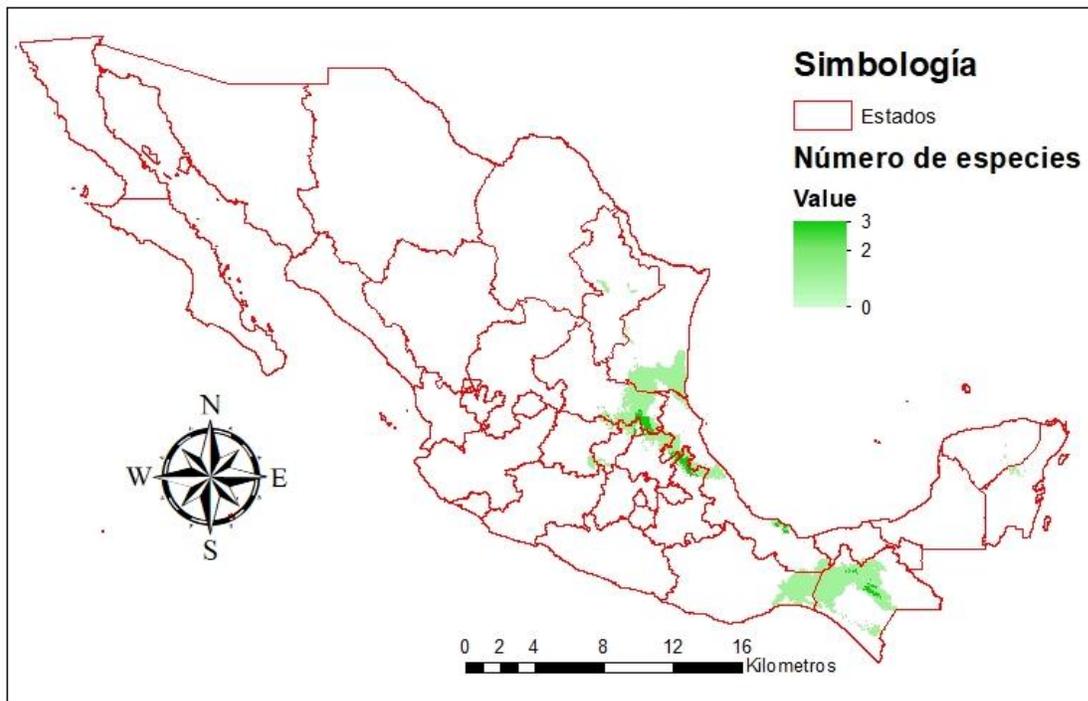


Figura 21.- Distribución geográfica del Patrón Selva Tropical de especies endémicas de anuros de México en el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5

Tabla 23.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2050 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes en las especies pertenecientes al Patrón Selva Tropical. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2050 8.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Incilius cavifrons</i>	1534	415	0.20	73.14	26.92
<i>Craugastor pelorus</i>	5979	1345	7.28	84.78	15.22
<i>Craugastor vulcani</i>	104	184	78.85	1.92	98.08
<i>Craugastor yucatanensis</i>	21058	1177	2.84	97.25	2.75
<i>Eleutherodactylus dennisi</i>	51160	43418	3.54	18.67	81.33
<i>Charadrahyla chaneque</i>	50065	45280	0.00	9.56	90.44
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	2015	16	0.00	99.21	0.79
<i>Ecnomiohyla valancifer</i>	3256	1639	49.66	0.00	50.34
<i>Lithobates johni</i>	1679	20550	1123.94	0.00	100.00

El Patrón Selva Seca experimentará un calentamiento suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies; en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas la temperatura media anual pasará de 17.3°C con una máxima de 29.5°C y una mínima de 3.4°C a 21.8°C en promedio con una máxima de 46.6°C y una mínima de 19.1°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 956 mm en promedio con una máxima de 4816 mm y una mínima de 225 mm a 930 mm en promedio con una mínima de 191 mm y una máxima de 4663 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 17.3°C con una máxima de 29.5°C y una mínima de 6.5°C a una media de 20.5°C con 11°C como mínima y 32.4°C como máxima; en el caso de la precipitación, ésta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 900 mm, con una mínima de 223 mm y

una máxima de 4816 mm a 877 mm como media, una mínima de 191 mm y una máxima de 4663 mm. Por último, las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 20.9°C como media, una mínima de 5.9°C y 26.8°C como máxima a una media de 23.9°C con 8.9°C como mínima y 29.4°C como máxima mientras que la precipitación anual pasará de 966.1 mm anuales en promedio con 220 mm como mínima y 4684 mm como máxima a 964.2 como media, 198 como mínima y 4905 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 4.5 año 2070

El cambio climático generará para las especies del Patrón Selva Seca un efecto muy negativo (Figura 22) para el año 2070 bajo el escenario RCP. 4.5 ya que se perderá un promedio del 42.7% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán casi del 29.5% del área original en promedio y se mantendrá el 53.3% de la distribución original. Una especie ganará más del 80% de su distribución potencial y dos más perderán el potencialmente más del 80% de su distribución (Tabla 24) La riqueza de los dominios se mantiene, aunque se reduce el área de distribución de las especies

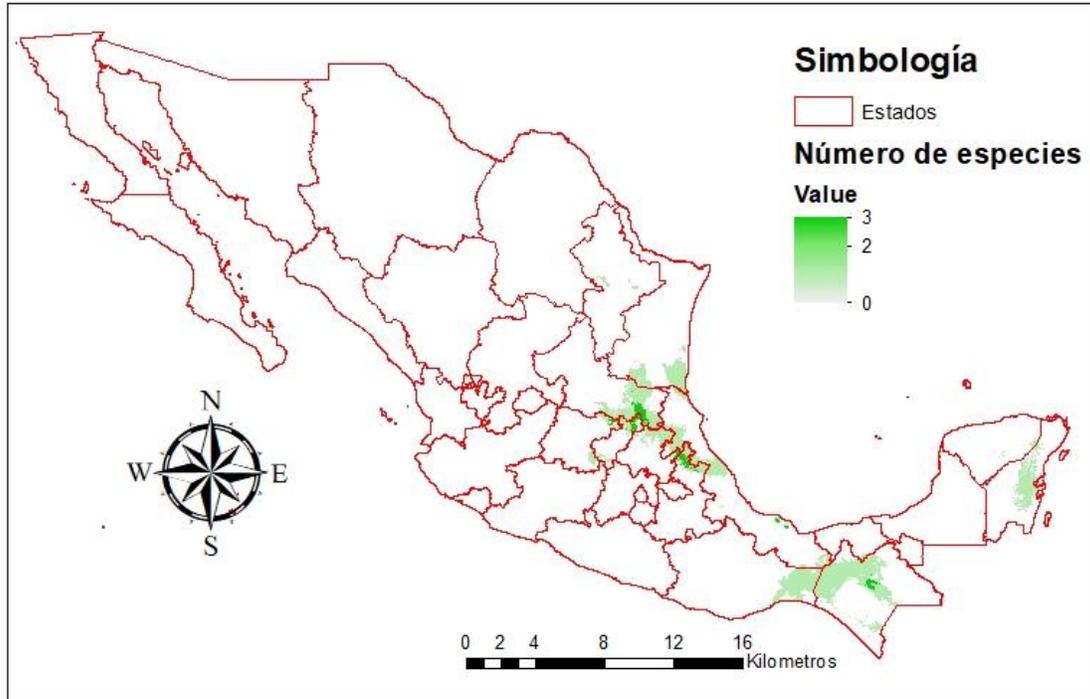


Figura 22.- Distribución geográfica del Patrón Selva Tropical de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5

Tabla 24.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 4.5 en las especies pertenecientes al Patrón Selva Tropical. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2070 4.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Incilius cavifrons</i>	1534	466	0.52	70.14	29.86
<i>Craugastor pelorus</i>	5979	868	2.84	88.33	11.67
<i>Craugastor vulcani</i>	104	22	0.00	78.85	21.15
<i>Craugastor yucatanensis</i>	21058	10623	7.28	56.84	43.16
<i>Eleutherodactylus dennisi</i>	51160	30286	2.63	43.43	56.57
<i>Charadrahyla chaneque</i>	50065	40109	0.00	19.89	80.11
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	2015	0	0.00	100.00	0.00
<i>Ecnomiohyla valancifer</i>	3256	951	0.00	70.79	29.21
<i>Lithobates johni</i>	1679	29144	1635.80	0.00	100.00

El Patrón Selva Tropical experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las

especies; en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas la temperatura media anual pasará de 17.9°C con una máxima de 26.3°C y una mínima de 7.3°C a 21.1°C en promedio con una máxima de 29°C y una mínima de 10°C, mientras que la precipitación total anual pasará de 822 mm en promedio con una máxima de 3866 mm y una mínima de 225 mm a 781 mm en promedio con una mínima de 191 mm y una máxima de 3405 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 16.3°C con una máxima de 26.3°C y una mínima de 7.9°C a una media de 19.5°C, con 11.2°C como mínima y 29.1°C como máxima, en el caso de la precipitación ésta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 770 mm con una mínima de 223 mm y una máxima de 2199 mm a 739 mm como media, una mínima de 191 mm y una máxima de 2221 mm. Por último las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 17.3°C como media, una mínima de 6°C y 29.5°C como máxima a una media de 20.5°C, con 11°C como mínima y 32.4°C como máxima mientras que la precipitación anual pasará de 931 mm anuales en promedio, con 291 mm como mínima y 4301 mm como máxima a 906 como media, 272 como mínima y 4203 mm como máxima.

Patrones para el escenario RCP 8.5 año 2070

El cambio climático generará para las especies del Patrón Selva Tropical un efecto muy negativo (Figura 23) para el año 2070 bajo el escenario RCP. 8.5 ya que se perderá un promedio del 65% de su área de distribución original, mientras que las ganancias serán casi del 20% del área original en promedio y una permanencia promedio de 34.7%. Una especie incrementará potencialmente su distribución, mientras que cuatro perderán en más del 80% (Tabla 25). La riqueza de los dominios se mantiene, aunque se reduce el área de distribución de las especies.

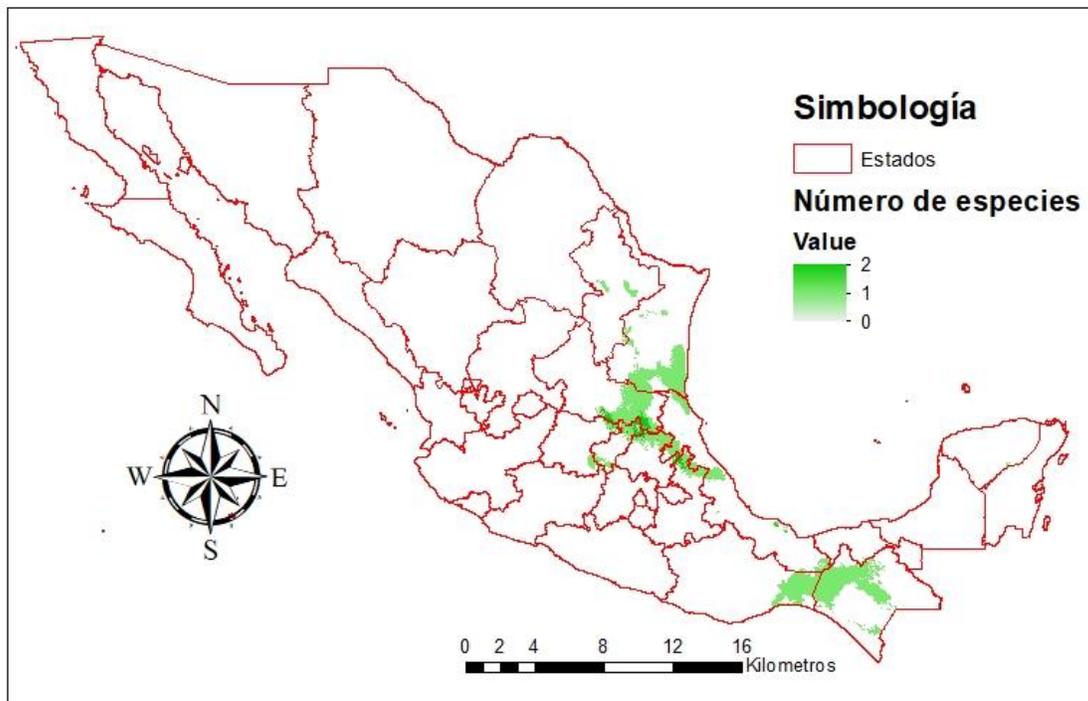


Figura 23.- Distribución geográfica del Patrón Selva Tropical de especies endémicas de anuros de México en el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5.

Tabla 25.- Cambios en área de distribución predicha para el año 2070 bajo el escenario RCP 8.5 en las especies pertenecientes al Patrón Selva Tropical. En color verde especies cuya área se incrementará en más del 50%, rojo cuya área disminuirá en más del 50% y en amarillo habrá una permanencia de más del 50%.

Nombre científico	Presente Km ²	2070 8.5 Km ²	Ganancia (%)	Pérdida (%)	Permanencia (%)
<i>Incilius cavifrons</i>	1534	208	0.00	86.44	13.56
<i>Craugastor pelorus</i>	5979	2	0.00	99.97	0.03
<i>Craugastor vulcani</i>	104	30	1.92	73.08	26.92
<i>Craugastor yucatanensis</i>	21058	186	0.48	99.60	0.40
<i>Eleutherodactylus dennisi</i>	51160	47910	18.09	24.44	75.56
<i>Charadrahyla chaneque</i>	50065	38155	0.00	23.79	76.21
<i>Duellmanohyla chamulae</i>	2015	0	0.00	100.00	0.00
<i>Ecnomiohyla valancifer</i>	3256	659	0.00	79.76	20.24
<i>Lithobates johni</i>	1679	22927	1265.52	0.00	100.00

El Patrón Selva Tropical experimentará un calentamiento lo suficientemente importante para ocasionar la reducción del área de distribución original de las especies; en las zonas del patrón donde se experimentarán pérdidas la temperatura media anual pasará de 17.9°C con una máxima de 26.2°C y una mínima de 7.3°C a 22.6°C en promedio, con una máxima de 30.4°C y una mínima de 12.5°C; mientras que la precipitación total anual pasará de 797.4 mm en promedio con una máxima de 2906 mm y una mínima de 284 mm a 717 mm en promedio con una mínima de 245 mm y una máxima de 2220 mm. Las zonas con permanencia del área de distribución actual también experimentarán un calentamiento pero en menor cantidad, pasando de una temperatura media anual de 16.9°C con una máxima de 29.5°C y una mínima de 6°C a una media de 21.6°C, con 23°C como mínima y 33.8°C como máxima; en el caso de la precipitación esta también presentará un leve incremento, pasando de ser una media de 892 mm con una mínima de 223 mm y una máxima de 4816 mm a

827.27 mm como media, una mínima de 169 mm y una máxima de 4442 mm. Por último las áreas en donde se ganará área de distribución experimentarán un calentamiento, pasando de una temperatura media anual de 17.8°C como media, una mínima de 5.9°C y 29.5°C como máxima a una media de 22.4°C con 23°C como mínima y 33.8°C como máxima; mientras que la precipitación anual pasará de 939.4 mm anuales en promedio, con 291 mm como mínima y 4482 mm como máxima a 878 como media, 244 como mínima y 4104 mm como máxima.

DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

Riqueza de especies en los dominios

Los dominios 9, 10, 15 y 14 son los que presentan mayor riqueza de especies endémicas del país, es decir en el área equivalente al Eje Neovolcánico y la Planicie Costera del Pacífico, lo cual es consistente con lo reportado por Flores-Villela, 1993., García et al. 2013 Koleff *et al.*, 2008., Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006., Ochoa-Ochoa *et al.*, 2012., y Parra-Olea *et al.*, 2012. se explica debido a una gran diversidad de condiciones ambientales y microambientales a lo largo de un gradiente altitudinal, producto de la compleja topografía que poseen (Cordero y Morales, 1998). El hecho que el Eje Neovolcánico forme parte los límites entre dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) origina una mezcla entre la biota procedente de dos historias biogeográficas (Flores y Gerez, 1995). Asimismo, las glaciaciones del Pleistoceno originaron la especiación de las especies tropicales en los denominados refugios pleistocénicos debido al aislamiento geográfico que presentaron; estas nuevas especies tropicales colonizaron nuevas áreas conforme los glaciares retrocedían hacia los polos, mientras que las especies templadas, que tenían una distribución amplia durante las glaciaciones, actualmente presentan una distribución “archipelágica”; lo cual significa que las se distribuyen en forma de islas de hábitats por lo cual se puede estar generando un fenómeno de aislamiento por lo cual se considera que muchos endemismos de México son neoendémicos, al ser origen relativamente reciente (Cordero y Morales, 1998). Estos tres factores, el gradiente altitudinal, la transición entre dos regiones

biogeográficas y lo efectos de los aislamientos pleistocénicos explicarían el alto número de especies en los dominios 9, 10, 15 y 14.

De manera contraria los dominios 1,2,3,4,5 no contienen ninguna especie endémica a México, ya que las especies de anfibios presentes en el dominio 1 que corresponden a la mayor parte de la Península de Baja California y el Altiplano Norte y en el dominio 2 que se encuentra en la parte norte de los estados de Tamaulipas y Nuevo León en México y en el estado de Texas en Estados Unidos, son especies compartidas con Estados Unidos; mientras que los dominios 3,4 y 5 pertenecen por completo a Estados Unidos por lo cual ninguna de las especies presentes en ellos se incluyen en este trabajo; sin embargo, se incluye esa área dentro el área de trabajo para generar los dominios climáticos con la intención de evitar el error estadístico conocido como efecto de borde.

Especies por dominios

En cuanto al número de especies por dominio climático, 35 especies se encuentran únicamente en 1 dominio, hay 26 especies en solo 2 dominios. Esto es de gran importancia debido a que nos reflejaría que muchas especies están adaptadas a pocos dominios climáticos, y si éstos se pierden a causa del cambio climático, las especies que en ellos habitan desaparecerían. Esto junto con la baja capacidad de desplazamiento que presentan y las tolerancias reducidas en las condiciones ambientales necesarias para mantener sus poblaciones, originan estas áreas de distribución limitadas, y por lo cual muchas de las especies trabajadas se suelen considerar como micro endémicas y por ese motivo se

encuentran en un único dominio climático. Es importante mencionar que esta distribución restringida puede explicarse también debido a que los muestreos pueden presentar sesgos en las colectas y no se tenga una especie micro endémica si no el ser especies con poblaciones desconocidas. En caso de estar presentes en varios dominios climáticos podría deberse al hecho de que las especies pueden compartir ambientes, es decir estar en bosques de pino encino y en bosques mesófilos de montaña, los cuales al ser ambientalmente diferentes estarían en dominios climáticos diferentes. Mientras que las especies que están en varios dominios presentan tolerancias ambientales más amplias lo cual les permite mantener poblaciones en distintos tipos de ambientes y por ese motivo estarían en varios dominios climáticos a la vez. Debido a estas tolerancias ambientales específicas es por esta razón que las especies de anfibios son escasas en zonas áridas, las cuales corresponden a los dominios climáticos 1 y 2. La literatura reporta que la humedad es un factor primordial para la prevalencia de los anfibios, en caso de tener un déficit de ésta las poblaciones serían inviables ya que es utilizada para una gran cantidad de procesos fisiológicos, motivo por el cual no hay especies presentes en estos dominios; mientras que en los 3, 4 y 5 ninguna especie sería endémica de México, ya que corresponde al territorio estadounidense.

Patrones y cambio climático

El cambio climático tendrá un impacto negativo en todos los patrones, aunque no con la misma magnitud, con una reducción en el área de distribución cercano al 50% del área original; no obstante, el modo en el que impacta a las áreas

afectadas es diferente. Dentro del Patrón Montano las áreas de pérdida para las 4 ventanas de tiempo corresponde a un calentamiento en las zonas más frías de la distribución original (2-3°C en el año 2050 y 3-4°C para el 2070), junto una disminución en la precipitación (20-30 mm para el año 2050 y 30-50 mm para el 2070) a diferencia de las zonas de permanencia en donde se podría experimentar un calentamiento en la misma magnitud, pero la precipitación disminuirá en menor cantidad que en las zonas de pérdida, lo cual concuerda con la literatura que considera a la humedad con un factor limitante. Las zonas de ganancia de distribución potencial corresponden a áreas más frías las cuales se calentarán lo cual favorecería la colonización de nuevas áreas que anteriormente eran muy frías para las especies. Con respecto a los escenarios RCP trabajados (4.5 y 8.5) el impacto será similar para el año 2050, con una pérdida entre el 40% y 50 % del área original y una ganancia entre el 25% y 30%; sin embargo, para el año 2070, aunque la pérdida de área potencial seguiría siendo similar en ambos escenarios (65% -70%) las ganancias son mayores en el RCP 4.5 con un 40% mientras que en el 8.5 solo será del 20%. El dominio climático más importante para este patrón será el 10 debido a que es el que cuenta con las zonas más frías entre todos los dominios.

El Patrón Mesófilo presentará una pérdida de área mayor del 50% para el 2050 para ambos escenarios RCP, de 55% para el escenario 4.5 y 70% para el 8.5. Esto se origina ya que del mismo modo que en el Patrón Montano, las áreas más cálidas se calientan (2-3° C en año 2050 y de entre 3-5°C para el 2070) y experimentan una disminución en la precipitación, a diferencia de las áreas de

permanencia en donde habrá un incremento en la precipitación; las áreas de ganancia de distribución potencial se presentarán en áreas más frías que las que ocupaban las especies originalmente, mientras que se obtiene un aumento de la precipitación. El dominio climático que mantendrá las especies será el 9.

En el Patrón de Selva Seca es la que presentará la menor pérdida de distribución potencial y en el único en el que se puede ver un efecto diferenciado de los 2 escenarios RCP en los años 2050 y 2070; es decir, que para el año 2050 bajo el escenario RCP habrá una disminución del 32% del área de distribución potencial debido a un calentamiento de las áreas más cálidas, mientras que habrá una ganancia del 26 % de la distribución potencial ya que se calentarán áreas frías para la especies; sin embargo el escenario 8.5 presentará una disminución de la distribución potencial del 54%, ya que aunque será un calentamiento de una magnitud similar que el RCP 4.5 para el mismo año; el área en donde se experimentará el calentamiento será mayor, lo cual también originara que la ganancia de área potencial sea solo del 10%. Para el año 2070 bajo el RCP 4.5 la ganancia subirá al 40% mientras que en el RCP 8.5 solo será del 20%, esto generado por un incremento en la temperatura mayor, mientras que la precipitación aumentará en la misma magnitud en ambos escenarios. Es importante resaltar que en el Patrón de Selva Seca, el dominio climático más importante de los ocupados será el 14, junto con el 11, el cual actualmente no presenta tanta riqueza de especies pero en el futuro podría ser colonizado ya que en el habrá condiciones adecuadas para la sobrevivencia de las especies de este patrón.

El Patrón de Selva Húmeda presenta una dinámica similar que en los demás patrones; las pérdidas se encuentran en las áreas con mayor incremento de temperatura y la reducción en las precipitaciones, por lo cual llegan a ser cercanas al 50% de la distribución original para los RCP 4.5 y 8.5 en el año 2050 y en año 2070 bajo el RCP 4.5, pero llega a ser al 65% en el año 2070 bajo el RCP 8.5. Las áreas de ganancia serán del mismo modo que en otros patrones habrá un calentamiento menor que en zonas de pérdida, pero también tendrá un incremento en la precipitación, mientras que en las zonas de ganancia también habrá un calentamiento en zonas más frías junto con un incremento en la precipitación. Siendo el dominio 13 en el que se encuentra la distribución de la mayoría de las especies y será en el que permanezcan.

Este impacto del cambio climático sobre los anfibios es esperado y visto en otros trabajos similares (Duan et al., 2016., García et al., 2014; Ochoa-Ochoa et al., 2012. y Schiavo et al., 2019) es decir en las zonas templadas se observa un cambio altitudinal, por lo cual las pérdidas serán en altitudes bajas, y las ganancias en altitudes mayores a la distribución original, esto es lo que se visualiza en los Patrones Montano y Mesófilo; mientras que en las altitudes menores habrá un desplazamiento hacia latitudes mayores, cambio que se observa en los patrones de Selva Húmeda y Seca. Estos desplazamientos se han vistos en anfibios en otras partes del mundo así como en mamíferos en el país (Motriz et al., 2008; Trejo et al., 2011).

El efecto del cambio climático que presentarán las especies al comparar los cuatro patrones, se evidencia que los patrones más afectados serán el mesófilo con

mayor pérdida de especies, seguido del montano, mientras que el patrón Selva Seca si bien tendrá pérdida de especies, es el que tendrá un mayor número de especies que permanezcan e incluso que ganen área de distribución potencial

Al comparar el efecto de las 4 proyecciones de cambio climático se puede observar un impacto similar en el año 2050 y mientras que en el año 2070 el RCP 8.5 hay un impacto mayor que en el RCP 4.5 (Figura 24).

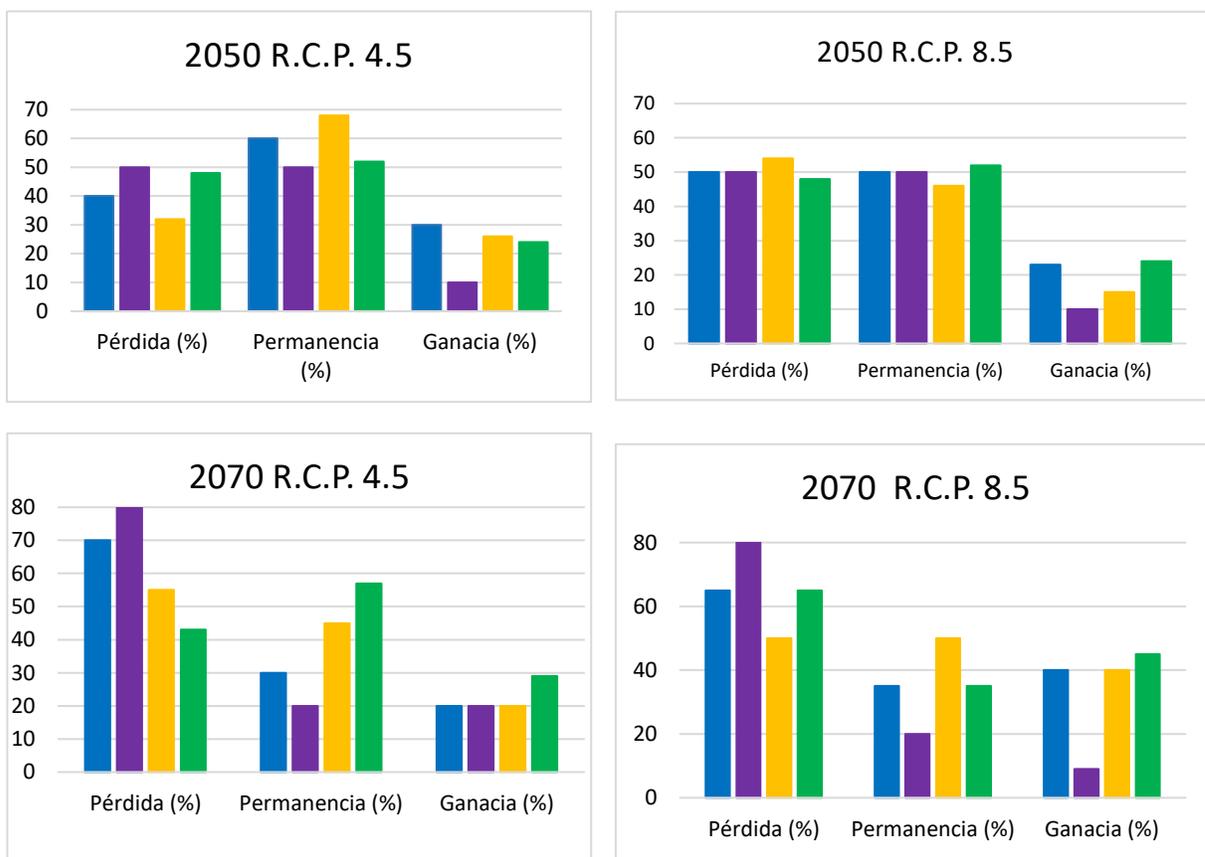


Figura 24.- Porcentaje de especies que se perderán, ganarán o permanecerán en los distintos Patrones, para los 4 escenarios de cambio climático usados. Azul-patrón Montano, Morado-Patron Mesofilo, Amarillo-Patron Selva Seca, Verde – patrón selva humeda

Las zonas templadas tendrán gran impacto y presentarán un desplazamiento a mayores altitudes o menores latitudes. Las especies tropicales presentarán un desplazamiento hacia latitudes mayores. Las especies que presentan una ganancia suelen ser las que se han reportado en varios ambientes, y suelen perder área de distribución en uno de ellos y ganar en otro de ellos. Mientras que las especies que se encuentran en un único ambiente y presenten una distribución restringida son las que presentan una disminución de área importante.

BIBLIOGRAFIA

Arroyo-Cabrales, J., Carreño, A., Lozano-García, S., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S, Corona, S, Espinosa-Arrubarrena, L., Guzmán, A. Magallón-Puebla, S., Morán-Zenteno, D., Naranjo-García, E., Olivera, M., Polaco, O., Sosa-Nájera, S., Téllez-Duarte, M., Tovar-Liceaga, R. y Vázquez-Selem, L. 2008. *La diversidad en el pasado, en Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 227-262.

Barnosky, A. 2004. *Biodiversity response to climatic change in the middle Pleistocene: the Porcupine cave fauna from Colorado*. University of California Press, Berkeley

Belbin, L. 1987. *The use of non-hierarchical clustering methods in the classification of large sets of data*. Australian Computer Journal 19: 32--41.

Blaustein A., Walls S., Bancroft B., Lawler J., Searle C. y Gervasi S. 2010. *Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations*. Diversity ISSN 1424-2818 Pp 281-313

Carey, C., Bradford, D., Brunner, J., Collins, J., Davidson, E., Longcore, J., Ouellet, M., Pessier, A. y Schock, D. 2003. *Biotic factors in amphibian declines. In Multiple stressors and declining amphibian populations: evaluating cause and effect* Linder G., Sparling D. W., Krest S. K., editors, pp. 153–208 Boca Raton, FL: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

Clarke L., Edmonds J., Jacoby H., Pitcher H., Reilly J. y Richels R. 2007. *Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations*. Sub-

report 2.1a of Synthesis and Assessment Product 2.1. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington DC

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONABIO. 1997. *Provincias biogeográficas de México*. Escala 1:4000000.
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONABIO. 2008. *Georreferenciación de localidades de Colecciones Biológicas. Manual de Procedimientos*. México. 177 págs.

Cordero C. y Morales E. 1998. *Panorama de la Biodiversidad de México.*;
CONABIO. Manuscrito.

Duan R., Kong X., Huang M., Sara V., y Xiang J. (2016). The potential effects of climate change on amphibian distribution, range fragmentation and turnover in China. *Peerj*, 4, e2185 10.7717/peerj.2185

Elith J., Graham C., Anderson R., Dudik M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R., Huettmann F., Leathwick J. y Lehmann A. 2006. *Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data* *Ecography*, 29 pp. 129-151

Flores-Villela, O. 1993 *Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism*. In *Biological diversity of Mexico: origins and distributions*, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. eds. Oxford University Press, New York. p. 253-280.

Flores-Villela, O. y Gerez, P. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo*. CONABIO-UNAM, México.

Frost, D. 2015 *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0 25/11/2005. Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.

Fujino, J., Nair, R., Kainuma, M., Masui, T., y Matsuoka., Y. 2006. *Multigas mitigation analysis on stabilization scenarios using aim global model*. The Energy Journal Special issue #3:343–354

García, E. 1964 *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Offset Larios. México, D.F. 71 p.

García, A., Ortega-Huerta, M.A., y Martínez-Meyer, E. 2013. *Potential distributional changes and conservation priorities of endemic amphibians in*

western Mexico as a result of climate change. Environmental Conservation, 41, 1–12.

Goyenechea, I y Flores-Villela, O. 2003. *Patrones de distribución de anfibios y reptiles en México*.

Griffies, S., y Coauthors, 2011. *The GFDL CM3 coupled climate model: Characteristics of the ocean and sea ice simulations*. Climate, 24, 3520–3544

Grinnell, J. 1917. *Field test of theories concerning distributional control*. The American Naturalist 51: 115-128.

Halliday, T. y Adler, K. 2007 *La gran enciclopedia de los anfibios y reptiles*. Libsa, Madrid. 240 p

Heyer, R., Donnelly, M., McDiarmid, R., Hayek, L. y Mercedes, F. 2001 *Medición y monitoreo de la diversidad biológica, métodos estandarizados para anfibios*, Editorial Universitaria de la Patagonia, Argentina p. 349

Hijioka, Y., Matsuoka, Y., Nishimoto, H., Masui, T. y Kainuma, M. 2008 *Global GHG emission scenarios under GHG concentration stabilization targets*. Journal of Global Environmental Engineering 13:97–108

Hijmans, R. 2012, *Cross-validation of species distribution models: removing spatial sorting bias and calibration with a null model*. Ecology, 93: 679-688. doi:10.1890/11-0826.1

Hutchinson, G. 1957 *Concluding remarks*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22:415- 427.

INEGI-CONABIO-INE 2007. *Ecorregiones terrestres de México 1:1,000,000*. México

IPCC, 2013: “Resumen para responsables de políticas. En: *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*” [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

IUCN. 2008. *Sensibilidad de las especies a los impactos del cambio climático* [en línea]. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de https://cmsdata.iucn.org/downloads/climate_change_factsheet_sp_final.pdf

Koleff, P., Soberón J. Arita H., Dávila P., Flores-Villela O., Golubov J., Halffter G., Lira-Noriega A., Moreno C., Moreno E., Munguía M., Murguía M., Navarro-Sigüenza A., Téllez O., Ochoa-Ochoa L., Peterson A. y Rodríguez P. 2008. *Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 323-364.

MacArthur, R. 1972. *Geographical Ecology. Patterns in the distribution of species*. Harper and Row. New York. 288 pp

Malcolm, J. y Markham, A. 2000. *Global Warming And Terrestrial Biodiversity Decline*. World Wide Fund For Nature WWF: Washington, DC.

Moritz, C., Patton, J., Conroy, C., Parra, J., White, G. y Beissinger, S. 2008. *Impact of a Century of Climate Change on Small-Mammal Communities in Yosemite National Park, USA*. Science New York, N.Y.. 322. 261-4. 10.1126/science.1163428.

Moss R., Edmonds J., Hibbard, K., Manning, M., Rose, S., van Vuuren, D., Carter, T., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G., Mitchell, J., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S., Stouffer, R., Thomson, A., Weyant, J. y Wilbanks, T. 2010. *The next generation of scenarios for climate change research and assessment*. Nature. 4637282:747-56.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*.

Ochoa-Ochoa, L. y Flores-Villela O. 2006. *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM-Conabio, México. 211 p.

Ochoa-Ochoa, L., Flores-Villela, O. y Bezaury-Creel, J. 2016. *Using one vs. many, sensitivity and uncertainty analyses of species distribution models with focus on conservation area networks*. Ecological Modelling, 320, 372–382.

Oliver-López, L., Woolrich-Piña G. y Lemos-Espinal, J 2009. La familia Bufonidae en México. UNAM, FES-Iztacala, CONABIO. México. pp 139.

Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. 2014. *Biodiversidad de anfibios en México*. Revista Mexicana de Biodiversidad Supl. 85: S460-S466.

Pearson, R., Raxworthy, C., Nakamura, M., y Peterson, T. 2007. *Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar*. Journal of Biogeography. 34. 102 - 117. 10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x.

Peterson, A., Soberón, J., Pearson, R., Anderson, R., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. y Araujo, M. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions*.

Phillips, S. J, Anderson, R. y Schapire R. 2006. *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. Ecological Modeling 190: 231-259.

Pough, F. 2007 *Amphibian biology and husbandry*. ILAR Journal 48:203–213.

Riahi, K., Grübler, A. y Nakicenovic, N. 2007. *Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization*. Technol Forecast Soc Chang 74:887–935

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.

Saxon E., Baker B., Hargrove W., Hoffman, F. y Zganjar, C. 2005 *Mapping environments at risk under different global climate change scenarios*. Ecol Lett 8:53–60

Schivo, F., Bauni, V., Krug, P. y Quintana, R. (2019) Distribution and richness of amphibians under different climate change scenarios in a subtropical region of South America, Applied Geography, Volume 103, 70-89, ISSN 0143-6228, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.01.003>.

Sneath, P. y Sokal, R. 1973. *Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification*. 1st Edition, W. H. Freeman, San Francisco.

Stockwell, D. y Peters D. 1999. *The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction*. International Journal of Geographic Information Science 13: 143-158

Thuiller, W., Richardson, D., Pysek, P., Midgley, G., Hughes, G. y Rouget, M. 2005. *Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale*. Global Change Biology, vol. 11, p. 2234-2250.

Toal, K. y Mendelson J. 1995. *A new species of Hyla Anura: Hylidae from cloud forest in Oaxaca, Mexico, with comments on the status of the Hyla bistincta group*. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 174: 1–20.

Trejo, I., Martínez-Meyer, E., Calixto-Pérez, E., Sánchez-Colon, S., Torre, R. y Villers, L. 2011. *Analysis of the effects of climate change on plant communities and mammals in México*. *Atmósfera*. 24.

Vitt, L. y Caldwell, J. 2009 *Herpetology an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press, Burlington, Massachusetts. 697 p.

Warren, M., Hill, J., Thomas, J., Asher, J., Fox, R., Huntley, B., Roy, D., Telfer, M., Jeffcoate, S., Harding, P., Jeffcoate, G., Willis, S., Greatorex-Davies, J., Moss, D. y Thomas, C., 2001. *Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change*. *Nature*. 414. 65-9. 10.1038/35102054.

Warren, Martin & Hill, J.K. & Thomas, Jeremy & Asher, J.A. & Fox, Richard & Huntley, Brian & Roy, D.B. & Telfer, Mark & Jeffcoate, S.H.P. & Harding, P & Jeffcoate, G & Willis, Stephen & Greatorex-Davies, J & Moss, D & Thomas, Chris. 2001. *Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change*. *Nature*. 414. 65-9. 10.1038/35102054.

Wisn M., Hijmans R., Li J., Peterson A., Graham C. y Guisan A. *Effects of sample size on the performance of species distribution models* *Diversity and Distributions*, 14 2008, pp. 763-773

WWF. 2010 *Impactos y vulnerabilidad al cambio climático en México [en línea]*. Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/03_impactos_nacionales_e_inter_nacionales_del_cambio_climatico.pdf



Cambios en los patrones de distribución para las especies endémicas del orden anura de México con relación al cambio climático.



OSCAR RAUL TAPIA PEREZ
ALUMNO

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de México, se presentaron a las 10:00 horas del día 14 del mes de julio del año 2020 POR VÍA REMOTA ELECTRÓNICA, los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ
MTR. GERARDO LOPEZ ORTEGA
DR. FRANCISCO JOSE GUTIERREZ MENDIETA
MTRA. GABRIELA SELENE ORTIZ BURGOS

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN BIOLOGIA

DE: OSCAR RAUL TAPIA PEREZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTORA DE LA DIVISION DE CBS

DRA. SARA LUCIA CAMARGO RICALDE

PRESIDENTA

DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ

VOCAL

MTR. GERARDO LOPEZ ORTEGA

VOCAL

DR. FRANCISCO JOSE GUTIERREZ MENDIETA

SECRETARIA

MTRA. GABRIELA SELENE ORTIZ BURGOS

El presente documento cuenta con la firma -autógrafa, escaneada o digital, según corresponda- del funcionario universitario competente, que certifica que las firmas que aparecen en esta acta - Temporal, digital o dictamen- son auténticas y las mismas que usan los c.c. profesores mencionados en ella