



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA**

**Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta  
Posgrado en Ciencias Biológicas**

**Distribución actual y potencial de las especies  
endémicas de Odonata de México**

# **T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRO (A) EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA

**Lucía del Carmen Salas Arcos**

COMITÉ TUTORAL

**Dr. Martín Alejandro Serrano Meneses  
M. en C. Enrique González Soriano**

**Dr. Carlos Alberto Lara Rodríguez  
Dr. Atilano Contreras Ramos  
Dr. Carlos Alberto Chávez Zichinelli**



Universidad Autónoma de Tlaxcala  
Posgrado del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta

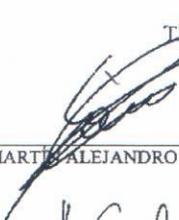


COORDINACIÓN DE LA MAESTRÍA  
CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA  
P R E S E N T E

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del Proyecto de tesis que **Lucia del Carmen Salas Arcos** realiza para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Biológicas, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es **“Distribución actual y potencial de las especies endémicas de Odonata de México”**.

Sin otro particular, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
TLAXCALA, TLAX., FEBRERO 22 DE 2013

  
DR. MARTÍN ALEJANDRO SERRANO MENESES

  
DR. CARLOS ALBERTO LARA RODRÍGUEZ

  
DR. ATILANO CONTRERAS RAMOS

  
DR. CARLOS ALBERTO CHÁVEZ ZICHINELLI

  
M. EN C. ENRIQUE GONZÁLEZ SORIANO



Sistema Institucional de Gestión de la Calidad Certificado Bajo la Norma:  
ISO 9001:2000-NMX-CC-9001-IMNC-2000



Km. 1.5 Carretera Tlaxcala-Puebla CP 90070 Tel/Fax: 01(246)462-15-57 e-mail: [posgradocbucat@gmail.com](mailto:posgradocbucat@gmail.com)  
Tlaxcala, Tlax.

## AGRADECIMIENTOS

Al posgrado del Centro Tlaxcala Biología de la Conducta (CTBC), UAT por haberme aceptado en su programa de maestría, además, el apoyo recibido para finalizar de manera satisfactoria el programa de estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), No. de registro 367114, becario No. 248118, por la beca otorgada en el tiempo de mis estudios de maestría.

A Santander Espacio Común de Educación Superior (ECOES) por la beca otorgada de Movilidad Estudiantil Nacional.

Al Dr. Martín Alejandro Serrano Meneses por aceptar ser mi director de tesis y su apoyo Al M. en C. Enrique González Soriano por su invaluable apoyo para el desarrollo de este trabajo.

A la Dra. Claudia Ballesteros por su tiempo, y la orientación brindada en cuanto a las dudas de los Modelos de Nicho Ecológico.

Al Dr. Carlos Alberto Lara Rodríguez por formar parte de mi comité tutorial y por sus valiosos comentarios hacia la mejora del presente trabajo.

Al Dr. Atilano Contreras por sus importantes y valiosas observaciones y comentarios para la mejora de este trabajo.

Al Dr. Carlos Chávez por su buena disposición para formar parte del jurado, por sus puntuales comentarios y observaciones que fueron para enriquecer el presente trabajo.

## DEDICATORIA

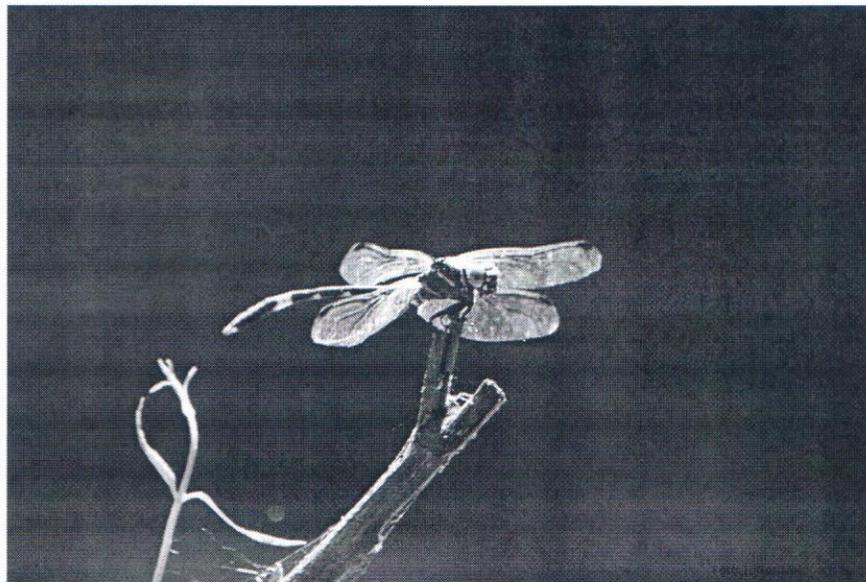
Dedico este trabajo a mi Papá

Mamá

Hermanos: Beto, Irene y Paul

Cuñada: Janet

Sobrinos: Kitzya y Ofir



## RESUMEN

Los modelos de nicho ecológico permiten obtener áreas de distribuciones hipotéticas, predicen la distribución en espacio ecológico y geográfico. Por lo general, la información en cuanto a los registros de las localidades de las especies es escaso y más aún, en aquellas especies que están restringidas a una región geográfica por lo que los modelos de nicho ecológico son una herramienta útil para generar las distribuciones potenciales de las especies a estudiar. Se actualizó el listado de las especies endémicas de odonatos de México, registrando un total de 49 especies. Se obtuvo la distribución potencial de 26 especies endémicas de Odonata de México por medio del modelo de nicho ecológico BIOCLIM. Se utilizaron 19 parámetros climáticos así como los registros de las localidades de colecta de las especies. La distribución actual de las 49 especies endémicas de Odonata de México se contrastó con las Provincias Biogeográficas, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP). Las localidades conocidas de 18 especies están dentro de alguna ANP lo que representa el 37 % del total de las 49 especies endémicas, en las RHP coincidieron 42 de las 49 especies endémicas, lo que representa el 86 % del total, las RHP al estar relacionadas con los cuerpos de agua albergan mayor número de especies en comparación con las ANP. En cuanto a las Provincias Biogeográficas, se registraron 21 especies en la Provincia del Golfo de México, 19 en la Provincia de la Sierra Madre Oriental y en la Provincia del Pacífico, siendo éstas Provincias que registraron el mayor número de especies, en contraste con la Provincia de Baja California y el Petén con una especie en cada Provincia. Por otra parte, fue posible obtener el perfil bioclimático de 26 especies endémicas. Se realizó un mapa de riqueza potencial, el cual muestra las condiciones óptimas para la mayoría de las especies consideradas para su modelaje. Las condiciones óptimas están dentro de las siguientes Provincias: Costa del Pacífico, Eje Volcánico, Golfo de México y Sierra Madre Oriental. Los resultados sugieren que las provincias del Golfo de México, Sierra Madre Oriental y Costa del pacífico albergan la mayor presencia de especies endémicas de odonatos. Los modelos de nicho ecológico son una herramienta útil debido a que proporcionan información valiosa en cuanto a la distribución de los organismos de interés.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. ANTECEDENTES.....	16
2.1 Determinación de la distribución de especies mediante el uso de modelos de nicho ecológico.....	16
2.2 Riqueza de Odonata de México y la importancia de sus especies endémicas.....	18
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 Objetivo General.....	20
3.2 Objetivos Particulares.....	20
4. MÉTODOS.....	21
5. RESULTADOS.....	24
5.1 Especies endémicas.....	24
5.2 Georreferenciación.....	28
5.3 Mapas de distribución.....	30
5.4 Mapas de distribución actual y potencial de las especies endémicas del suborden Zygoptera.....	44
5.5 Mapas de distribución actual y potencial de las especies endémicas del infraorden Anisoptera.....	55
6. DISCUSIÓN.....	76
6.1 Suborden Zygoptera.....	79
6.2 Infraorden Anisoptera.....	87
7. CONCLUSIONES.....	99
8. PERSPECTIVAS.....	101
9. REFERENCIAS.....	102

## INTRODUCCIÓN

El área de distribución de una especie está determinada por diversos factores que operan con diferentes intensidades y a diferentes escalas. Los factores que determinan el área en donde una especie puede ser encontrada son: i) las condiciones abióticas, que incluye aspectos como el clima, el entorno físico y condiciones edafológicas que imponen los límites fisiológicos en la especie para permanecer en un área; ii) los factores bióticos, como el conjunto de interacciones con otras especies que afectan la capacidad de mantener las poblaciones, (dichas interacciones pueden ser positivas (mutualismo) o negativas (competencia)); iii) la fisiografía, es decir, que tan accesibles son las regiones para la dispersión de algunas especies del área original (útil en la distinción de la distribución real de la potencial) y iv) la capacidad evolutiva de las poblaciones para adaptarse a las nuevas condiciones. Estos factores influyen recíprocamente para producir la entidad compleja y fluída conocida como la distribución geográfica de una especie (Soberón y Peterson 2005).

La distribución geográfica de varias especies se encuentra en zonas reducidas dentro de un país dado (González-García y Gómez de Silva Garza 2003), mientras que aquella especie que se encuentra restringida a una región geográfica y no se encuentra en ningún otro lugar se define como especie endémica (González-García y Gómez de Silva Garza 2003) por lo que su distribución se encuentra comúnmente definida por aislamiento reproductivo, geográfico o por ambos (Beeby y Brennan 2008).

La distribución de una especie endémica puede ser amplia o restringida. Una especie de distribución restringida se encuentran en zonas geográficas muy reducidas dentro de un país, o inclusive en un solo tipo de vegetación, lo que las hace muy locales y en ocasiones raras y por lo tanto vulnerables a las perturbaciones, por lo que muchas de las especies endémicas de distribución restringida pueden estar amenazadas o en peligro de extinción (González-García y Gómez de Silva Garza 2003). Por otra parte, una especie endémica de distribución amplia es aquella que está presente en la mayor parte de la región a la cual es endémica (Young 2007).

Las especies endémicas son importantes debido a su historia ambiental, su historia evolutiva, por ejemplo, los diferentes escenarios tectónicos que promueven la creación de

barreras (eventos de vicarianza) y su historia biogeográfica (Whittaker y Fernández-Palacios 2007).

El concepto de endemismo propuesto por De Candolle (1820) refiere a taxones que habitan en una sola región, en términos de patrones biogeográficos está basado no solo en la exclusividad a un área geográfica, sino también en la congruencia de las distribuciones de dos o más taxones. Así para Espinoza *et al.* (2001) una especie puede considerarse endémica sólo si existe otra con la misma distribución, por lo que el área donde ocurre el patrón de superposición no azarosa de las distribuciones de diferentes taxones se denomina área de endemismo (Escalante 2009).

Avances recientes en los sistemas de información geográfica, en conjunto con la teoría de nicho ecológico, han permitido realizar estudios de aplicación en la biología de la conservación al presentar procedimientos de inferencia que proveen predicciones robustas y confiables en el análisis de la distribución de las especies, importantes en los estudios de la biodiversidad (Peterson 2001). Un ejemplo de ello son los algoritmos usados para modelar el nicho ecológico de las especies y obtener así la distribución potencial de las mismas.

Estos algoritmos se basan en el concepto de nicho propuesto por Hutchinson (1957), cuya definición es la más completa y más usada (Wiens y Graham 2005), que se refiere al conjunto de condiciones bióticas y abióticas en las cuales una especie es capaz de persistir y mantener estable el tamaño de sus poblaciones. Además, Hutchinson (1957) hizo la distinción entre nicho fundamental y nicho efectivo. El nicho efectivo describe las condiciones en las cuales una especie puede persistir dada la presencia de otras especies, por ejemplo, especies competidoras y depredadoras. El nicho fundamental describe las condiciones abióticas (por ejemplo, variables climáticas) en las cuales una especie es capaz de persistir (Wiens y Graham 2005).

Existen diferentes algoritmos para generar los Modelos de Nicho Ecológico (MNE) para predecir la distribución geográfica de una especie. Uno de ellos es BIOCLIM, que utiliza el algoritmo "sobre". Este algoritmo relaciona los datos como las variables ambientales y las coordenadas geográficas de las localidades donde la especie ha sido registrada. La información de cada sitio de registro se utiliza para derivar un perfil bioclimático, y su

proyección representa el hábitat adecuado (Naoki *et al.* 2006). Los métodos del programa BIOCLIM han sido descritos por Nix (1986).

En general, los modelos de distribución de especies basados en un sistema de información geográfica permiten ayudar en la toma de decisiones en la conservación (Naoki *et al.* 2006). En particular, los análisis de concentraciones geográficas de taxones endémicos son usados continuamente para determinar prioridades de acciones de conservación. Las especies endémicas frecuentemente tienen poblaciones pequeñas y están distribuidas en sitios con pocas probabilidades de ser conservados (Lamoreux *et al.* 2006).

Por ejemplo, muchas especies de libélulas y caballitos del diablo (odonatos) tienen rangos de distribución pequeños, encontrándose en hábitats muy especializados como áreas de filtración de agua y cascadas, en bosques tropicales lluviosos y en bosques mesófilos de montaña, siendo estos ambientes donde se encuentra la mayor diversidad a nivel mundial de odonatos (Kalkman *et al.* 2008).

Los odonatos son organismos que habitan ecosistemas de agua dulce; la gran mayoría de las larvas son acuáticas y al ser depredadores en sus etapas larvales y adultas desempeñan un rol ecológico como controladores de las poblaciones y de plagas de insectos nocivos (Corbet 1999). La talla promedio de los adultos presenta un rango de 20 a 120 mm y pueden ser observados con relativa facilidad en los cuerpos de agua dulce donde se reproducen (Arnett 1993; González- Soriano y Novelo-Gutiérrez 1996). La mayoría de las especies son sexualmente dimórficas: frecuentemente los machos tienen colores más brillantes que las hembras (Paulson 1982). Las hembras colocan los huevos en el agua o cerca de ésta; la oviposición puede llevarse a cabo por la pareja o bien puede hacerlo la hembra sola (Corbet 1999). Son buenos modelos para estudios ecológicos, evolutivos y de conservación ya que algunas de las especies son bioindicadoras por ser sensibles a los cambios ambientales, por lo que son considerados predictores del cambio climático (Córdoba-Aguilar 2008).

Tradicionalmente, el orden Odonata se consideraba dividido en tres subórdenes: Zygoptera, Anisozygoptera y Anisoptera, sin embargo, el empleo de análisis cladísticos y técnicas de biología molecular más precisas, ha permitido a algunos autores proponer una clasificación en la que se consideran únicamente a dos subórdenes, Zygoptera y Epiprocta. A

su vez, Eiprocta se encuentra subdividido en los infraórdenes Epiophlebioptera y Anisoptera (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

Los representantes del suborden Zygoptera son organismos delicados (Fig. 1a), de vuelo más bien débil y sin diferencias entre el primero y segundo par de alas (Fig. 1b). En contraste, los Eiprocta, particularmente los Anisoptera (Fig. 2a), comprenden individuos de cuerpo robusto y vuelo potente, así como una clara diferencia en forma y venación entre las alas anteriores y posteriores (Fig. 2b). Por último, los Epiophlebioptera tienen un aspecto transicional entre Zygoptera y Anisoptera, ya que el cuerpo es robusto y las alas similares; son un grupo relictual con apenas tres especies asiáticas sobrevivientes de la era Mesozoica (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

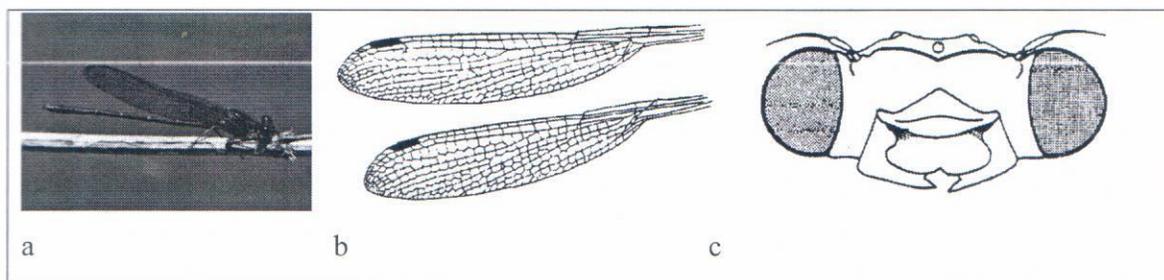


Figura 1. Los Zygópteros o caballitos del diablo se identifican de manera general por su delgado cuerpo (a), fotografía tomada por M. A. Serrano Meneses. Sus alas iguales en forma y tamaño (b), tomado de Rowe (1987). En vista frontal, los ojos dispuestos lateralmente (c), modificado de Westfall (1996).

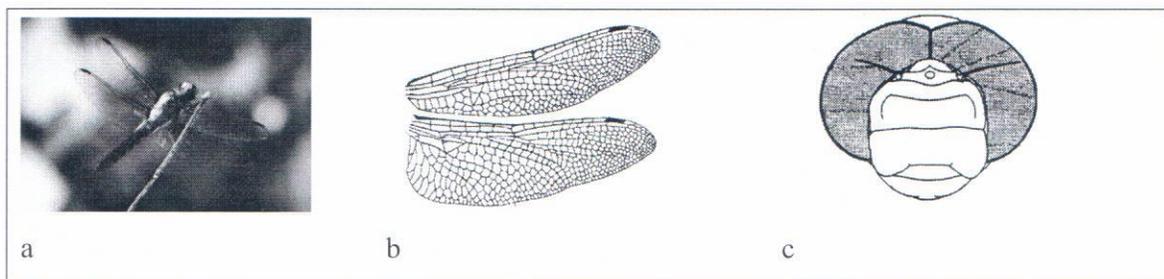


Figura 2. Los Anisópteros o libélulas se reconocen por su cuerpo robusto (a), fotografía tomada por M. A. Serrano Meneses. La diferencia entre el primer y segundo par de alas en la forma y venación (b), tomado de Rowe (1987). En vista frontal, cabeza más esférica y ojos que ocupan la mayor parte de la cabeza (c), modificado de Westfall (1996).

Los odonatos son insectos que han colonizado exitosamente casi cualquier hábitat de agua dulce del mundo, con excepción de aquellos localizados en las zonas polares y altitudes muy elevadas (Corbet 1999).

Los ecosistemas de agua dulce son altamente diversos; considerando que representan el 0.8% de la superficie de la tierra y que de las aproximadamente 1.3 millones de especies descritas a nivel mundial, estos ecosistemas albergan el 8%. De manera interesante, los ecosistemas de agua dulce son en promedio 10 veces más ricos en especies que los ecosistemas terrestres y están considerados dentro de los hotspots terrestres que son sitios donde hay una alta concentración de diversidad de plantas, vertebrados y endemismos (Russell *et al.* 1999; Samways 2008).

Sin embargo, este tipo de ecosistemas se encuentran bajo mayor presión debido a las actividades humanas. De forma alarmante, en Norteamérica la tasa de extinción en estos ecosistemas es entre cuatro ó cinco veces más alta que en ecosistemas terrestres (Samways 2008). En México, la deforestación de bosques para pastizales, la agricultura y la reducción de pantanos son causas que están afectando la diversidad mexicana de odonatos y probablemente con consecuencias alarmantes para la diversidad a mediano y largo plazo (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

En general, los insectos proveen un nuevo contexto para la discusión actual de la pérdida de biodiversidad y los odonatos son un buen ejemplo debido a que muestran una marcada respuesta negativa a la erosión, a la pérdida de hábitats (terrestres y de agua dulce), a la contaminación del agua y al cambio climático (Corbet 1999; Clausnitzer *et al.* 2009). Dada la escasa de información de la distribución de las especies endémicas de odonatos de México, el conocimiento de las áreas de distribución puede brindar información que permita comprender su distribución geográfica para, posteriormente establecer programas de conservación. Por otro lado, pueden actuar como especies bandera y además, la información generada es útil en la aplicación de estudios biogeográficos.

Cabe mencionar que en este trabajo nos referimos a la distribución geográfica conocida (localidades de colecta de los especímenes) como distribución actual.

## ANTECEDENTES

### *Determinación de la distribución de especies mediante el uso de modelos de nicho ecológico*

Los artrópodos, en general, y los insectos de manera particular, proporcionan una excelente oportunidad para estudiar los factores que determinan la distribución de las especies, integrando los elementos del nicho, la asociación de las poblaciones de una especie y su hábitat y el cambio en el tiempo que en conjunto pueden ayudar a entender la dinámica de la distribución de las especies en una escala espacial (por ejemplo, un área biogeográfica) (Hortal *et al.* 2010).

Por ejemplo, Cabrero-Sañudo *et al.* (2010) analizaron la distribución de las especies de Aphodiinae, Coleoptera: Aphodiidae; en su trabajo simularon la distribución observada y predicha de las especies mexicanas. Concluyeron que los Aphodiinae presentan valores máximos de riqueza en las áreas más elevadas del Sistema Volcánico Transversal y de la Sierra Madre del Sur, debido a que la inmensa mayoría de los grupos de Aphodiinae presentes en México proceden de la región Neártica, siendo la Zona de Transición Mexicana el punto principal de diversificación de esta subfamilia. La preferencia general de los Aphodiinae mexicanos por los enclaves montañosos y templado-fríos se corroboró al observar que los principales centros de endemidad coinciden significativa y positivamente con los puntos de mayor riqueza de especies. En opinión de los autores, la utilización de herramientas como los modelos de nicho ecológico para la predicción de la distribución espacial de las especies, constituye una importante contribución a los imprescindibles trabajos faunísticos clásicos que han pretendido y pretenden describir la variación geográfica y ambiental de la biota.

Otro trabajo realizado para obtener la distribución conocida y potencial fue en las especies de Geotrupinae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en México, Trotta Moreu *et al.* 2008 en su trabajo muestran datos biogeográficos, así como los valores climáticos óptimos para cada especie. Los autores mencionan que la distribución actual de la fauna de los Geotrupinae está compuesta por grupos taxonómicos con diferentes orígenes e historias biogeográficas. En cuanto a la distribución potencial, los autores opinan que los mapas obtenidos muestran cuáles serían las tendencias de distribución de estas especies si a lo largo de la historia evolutiva de

estos taxones no hubiera habido ninguna otra influencia más que la climática. Además, mencionan que cuando los datos conocidos de distribución de las especies son escasos y sesgados, la aplicación de modelos predictivos permite realizar distribuciones hipotéticas de utilidad en conservación y biogeografía.

Soberón (2010) modela el nicho y la distribución de la mariposa *Baronia brevicornis* (Papilionidae) una especie endémica de México, considerando los tres tipos de factores biológicos que determinan el área de distribución (dos niveles del nicho y la capacidad de dispersión) y los cambios históricos. Soberón (2010) sugiere una interpretación simultánea de todos los factores que determinan la dinámica de la población, que a su vez determina la locación espacial de los individuos que la forman y el área de distribución de la especie. El resultado clarifica el rol de la interpretación de los tres factores usados para modelar la distribución de la especie.

Finch *et al.* (2006) modelaron la distribución de los Odonata de Sudáfrica. Sudáfrica tiene el más alto nivel nacional de endemismos (18 %) en el sub-continente y muchas de estas especies están en una situación de vulnerabilidad por el deterioro ambiental (Samways 2002), sus resultados sugieren que con el uso de los modelos de nicho ecológico es posible obtener una aproximación de la distribución de los Odonata de Sudáfrica, además, sugieren una posible aplicación en estrategias de conservación. Una futura aplicación es identificar áreas que puedan definirse como hotspot según los mapas de distribución de la riqueza de especies (Finch *et al.* 2006).

Los Zygoptera en general tienden ámbitos geográficos de distribución más restringida y pueden por lo tanto mostrar de manera más clara los efectos de las barreras en comparación con los Anisoptera que son de vuelo más potente (Paulson 1982).

Una aplicación de los modelos de nicho ecológico podría ser potencialmente aplicado a los Odonata endémicos de México, debido a que la información acerca de su distribución está dada sólo en listados faunísticos a nivel estado (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

### *Riqueza de Odonata de México y la importancia de sus especies endémicas*

La odonatofauna mundial comprende aproximadamente 5,680 especies, de las cuales 2,739 pertenecen al orden Zygoptera (19 familias) y 2,941 especies pertenecen al suborden Anisoptera (12 familias), siendo los factores históricos (geológicos) y ecológicos que influyen en la distribución de estos organismos (Kalkman *et al.* 2008).

González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007) realizaron la revisión más reciente de Odonata de México. Reportan 350 especies para México, entre las cuales se encuentran 46 especies endémicas, sin embargo, solo registran el estado donde fueron encontradas sin dar más información acerca de la localización geográfica puntual de las poblaciones. Un aspecto importante que resaltan dichos autores es que nueve de los estados mexicanos (Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz) albergan cada uno a más de 100 especies, siendo Veracruz el estado con mayor riqueza de especies (220), seguido por Chiapas (170 especies).

La pérdida de las especies consideradas de alta prioridad de conservación es significativa (Paulson 2004). Las especies de alta prioridad de conservación son aquellas con aislamiento taxonómico, especies con distribución limitada, especies con distribución restringida a un tipo de hábitat y además, que este hábitat se encuentre bajo presiones por actividades humanas, por ejemplo, la deforestación (Paulson 2004).

La deforestación es el factor primario en la declinación de las poblaciones de odonatos (Paulson 2004). En México, el bosque mesófilo de montaña es un bioma altamente fragmentado (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007), de las nueve especies endémicas del estado de Veracruz, seis están asociadas a este tipo de vegetación y son: *Lestes alfonsoi*, *Paraphlebia hyalina*, *Erpetogomphus agkistrodon*, *E. boa*, *E. erici* y *E. viperinus*. (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez, 2011).

La importancia de las especies endémicas radica en las estrategias de conservación, ya que su sobrevivencia en estado libre sólo se podrá asegurar si se realizan acciones de conservación en la región a la que están restringidas. Al mismo tiempo, dichas especies fungen como "especies bandera" debido a que la protección de sus hábitats beneficiará a otras especies (González-García y Gómez de Silva Garza 2003).

Muzón y von Ellenrieder (1999) analizaron la fauna de odonatos en 16 áreas protegidas en Argentina, concluyen que la mayoría de los odonatos de Argentina podrían ser incluidos en la categoría de *Datos Deficientes* (DD) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; debido a sus pequeños rangos de distribución, densidad baja de las poblaciones y la preferencia por hábitats particulares por parte de adultos y larvas, y sugieren a 13 especies que requieren especial atención por su biología que es fuera de lo común, por su aislamiento taxonómico y por su distribución restringida (Paulson 2004).

La IUCN (por sus siglas en inglés, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) provee información sobre el estatus de conservación de especies de animales y plantas a nivel mundial. Este organismo ha producido una Lista Roja de las especies amenazadas a nivel mundial; en dicha lista se encuentran 19 de las especies endémicas de odonatos de México en alguna categoría (IUCN 2010).

Como ocurre generalmente en los grupos y regiones con alta diversidad biológica, la información georreferenciada disponible es muy escasa y sesgada, siendo los modelos de nicho ecológico una herramienta útil para mejorar el conocimiento sobre la distribución probable de las especies (Cabrero-Sañudo *et al.* 2010). Dada la importante riqueza de especies endémicas de odonatos presentes en México, hace falta una revisión más detallada de sus distribuciones, que permita el establecimiento a futuro, de programas que fomenten la conservación y restauración de los diferentes hábitats donde se reproducen (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Conocer la distribución actual y potencial de las especies endémicas de Odonata de México, así como sus patrones de distribución.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

Para las especies endémicas de Odonata de México

- Actualizar la lista del número de especies
- Obtener su distribución actual
- Contrastar la distribución actual con las Provincias Biogeográficas, Áreas Naturales Protegidas y las Regiones Hidrológicas Prioritarias
- Describir los patrones de distribución
- Obtener la distribución potencial mediante el uso del modelo BIOCLIM
- Generar un mapa de riqueza potencial

## MÉTODOS

La lista de especies de Odonata endémicas de México fue obtenida de González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007); sin embargo para este trabajo dicha lista se actualizó, debido a que se agregaron y removieron especies. Para obtener la distribución potencial se tomaron en cuenta aquellas especies endémicas que tuvieron como mínimo cinco localidades para que los algoritmos pudieran modelar el nicho de las especies (Ortega-Huerta y Peterson 2004).

La información de los ejemplares se obtuvo de la revisión de la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología de la UNAM, de la Colección del Instituto de Ecología de Xalapa A.C., y de la revisión de literatura especializada. Además, se buscó información en la base de datos electrónica de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) donde se obtuvieron datos de las localidades de registro de cinco especies endémicas.

Se hizo un listado con los datos de las localidades donde fueron registrados los especímenes; para el caso de aquellas localidades sin georreferencia se recurrió al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ([mapserver.inegi.org.mx](http://mapserver.inegi.org.mx)) y/o Google Earth ([www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)) para obtener las coordenadas geográficas.

La combinación de los datos de las localidades de registro y los datos ambientales han permitido llevar a cabo investigaciones encaminadas a predecir la distribución potencial de las especies y estimar la extensión probable de su nicho ecológico (Anderson *et al.* 2003). Se utilizó el modelo de nicho ecológico BIOCLIM av (Beta1.2), modelo que determina teóricamente los límites probables de la distribución de una especie (Villaseñor y Téllez-Valdés 2004). BIOCLIM es un modelo sencillo pero eficiente, puede ser utilizado cuando los datos de localidades de registro son escasos (Finch *et al.* 2006). BIOCLIM ha tenido un amplio uso para modelar la distribución de diversos organismos, este modelo es particularmente adecuado en grupos biológicos donde la distribución geográfica depende estrechamente de los factores climáticos (temperatura y precipitación) (Sánchez-Cordero *et al.* 2001).

Para generar la distribución potencial se evaluaron 19 parámetros climáticos (Tabla 1) y las localidades de registro para cada especie, con estos datos se genera un perfil bioclimático que resume las condiciones climáticas de los sitios analizados y los compara con los atributos

climáticos de un conjunto de celdas generados por el modelo digital de elevación del área de estudio, en éste caso, México. Tal comparación permite determinar aquellos sitios con clima adecuado (dominio) en los cuales pudieran estar presentes las especies de estudio (Villaseñor y Téllez-Valdés 2004).

Se han definido dos tamaños de áreas al generar el área potencial con BIOCLIM, una, denominada dominio central y dominio extenso. El dominio central está definido por un conjunto de celdas que registran los homoclimas (las localidades con condiciones climáticas similares) para la especie dentro de los valores porcentuales que caen en el intervalo de 5 – 95%, mientras que el dominio extenso incluye celdas que caen dentro de valores porcentuales que van de 0 – 100% del área total estimada (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004). En este trabajo se evaluaron los intervalos porcentuales del perfil bioclimático de dominio central (5 – 95%). La información generada por BIOCLIM fue proyectada en imágenes de mapas que fueron editadas con el programa ArcView ver. 3.2. Se realizó la matriz de confusión con el propósito de saber si el modelo BIOCLIM omitió localidades conocidas (error omisión).

**Tabla 1.** Variables Climáticas utilizadas como predictores para modelar la distribución potencial (Hijmans *et al.*, 2005)

<b>Variables climáticas</b>	
Bio 1	Temperatura media anual (°C)
Bio 2	Rango medio de temperaturas diurnas (Oscilación diurna de la temperatura °C)
Bio 3	Isotermalidad (°C)
Bio 4	Estacionalidad de temperaturas (Coeficiente de variación, en %)
Bio 5	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)
Bio 6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
Bio 7	Rango de temperaturas anuales (°C)
Bio 8	Temperatura media del cuatrimestre más lluvioso (°C)
Bio 9	Temperatura media del cuatrimestre más seco (°C)
Bio 10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)
Bio 11	Temperatura media del cuatrimestre más frío (°C)
Bio 12	Precipitación anual (mm)
Bio 13	Precipitación del mes más lluvioso (mm)
Bio 14	Precipitación del mes más seco (mm)
Bio 15	Estacionalidad de las precipitaciones (Coeficiente de variación, en %)
Bio 16	Precipitación del cuatrimestre más húmedo (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)

## RESULTADOS

### *Especies endémicas*

Con base al trabajo de González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007) se actualizó el listado de las especies endémicas de México. Se modificó el número original de especies endémicas listadas en González-Soriano y Novelo Gutierrez (2007) (46) y se presentan en este trabajo un total de 49 especies (Tabla 2).

Debido a que en México sólo están presentes especies del infraorden Anisoptera y no del infraorden Epiophlebioptera (suborden Epiprocta) (Paulson DR y González-Soriano E 2011) nos referiremos exclusivamente al infraorden Anisoptera de aquí en adelante.

Para el suborden Zygoptera se agregaron las siguientes especies: *Amphipteryx agrioides*, *A. chiapensis*, *Lestes simplex* y *Argia mayi*, con lo que se obtuvo un total de 19 especies endémicas para este suborden. Al infraorden Anisoptera se agregaron: *Phyllogomphoides pacificus*, *Progomphus marcelae*, *P. lambertoi* y *Brechmorhoga latialata*, lo que suma un total de 30 especies endémicas. Cabe señalar que quizás a una omisión involuntaria por parte de los autores, los casos de *P. pacificus* y *B. latialata* no habían sido indicadas como especies endémicas en el trabajo de González-Soriano y Rodolfo-Novelo (2007).

Las especies de Zygoptera pertenecen a seis familias y 10 géneros (Tabla 2). La familia con mayor número de especies endémicas es Coenagrionidae con siete (37% de la riqueza de especies endémicas), seguido por las familias Lestidae, Megapodagrionidae y Platystictidae con tres cada una (16% de la riqueza de especies endémicas por familia). Finalmente a la familia Amphipterygidae con dos especies (10% cada una) y a Protoneuridae con solo una (5%) (Fig. 3).

Las especies endémicas de Anisoptera pertenecen a 3 familias y 11 géneros. La familia Gomphidae aportó el mayor número de especies endémicas con 24 (80%), y las familias Libellulidae y Aeshnidae con tres respectivamente (10%) (Fig. 4).

**Tabla 2.** Listado actualizado de las especies endémicas de Odonata de México (modificado de González-Soriano y Novelo-Gutiérrez, 2007)

ZYGOPTERA	ANISOPTERA
<b>Amphipterygidae</b>	<b>Aeshnidae</b>
<i>Amphipteryx agrioides</i>	<i>Rhionaeschna manni</i>
<i>A. chiapensis</i>	<i>R. vazquezae</i>
<b>Lestidae</b>	<i>Oplonaeschna magna</i>
<i>Archilestes regalis</i>	<b>Gomphidae</b>
<i>Lestes alfonsoi</i>	<i>Epigomphus crepidus</i>
<i>L. simplex</i>	<i>E. donnellyi</i>
<b>Megapodagrionidae</b>	<i>E. flinti</i>
<i>Heteragrion azulum</i>	<i>E. paulsoni</i>
<i>Paraphlebia hyalina</i>	<i>E. sulcatystila</i>
<i>P. zoe</i>	<i>Erpetogomphus agkistrodon</i>
<b>Platystictidae</b>	<i>E. boa</i>
<i>Palaemnema paulicaxa</i>	<i>E. cophias</i>
<i>P. paulicoba</i>	<i>E. erici</i>
<i>P. paulitaba</i>	<i>E. liopeltis</i>
<b>Protoneuridae</b>	<i>E. sipedon</i>
<i>Protoneura rojiza</i>	<i>E. viperinus</i>
<b>Coenagrionidae</b>	<i>Ophiogomphus purepecha</i>
<i>Argia deami</i>	<i>Phyllogomphoides apiculatus</i>
<i>A. garrisoni</i>	<i>P. danieli</i>
<i>A. percellulata</i>	<i>P. indicatrix</i>
<i>A. mayi</i>	<i>P. luisi</i>
<i>A. westfalli</i>	<i>P. nayaritensis</i>
<i>Ischnura posita</i>	<i>P. pacificus</i>
<i>Neoerythromma gladiolatum</i>	<i>Progomphus amarillus</i>
	<i>P. belyshevi</i>
	<i>P. marcelae</i>
	<i>P. lambertoi</i>
	<i>Stylurus falcatus</i>
	<b>Libellulidae</b>
	<i>Brechmorhoga latialata</i>
	<i>Macrothemis ultima</i>
	<i>Paltothemis cyanosoma</i>

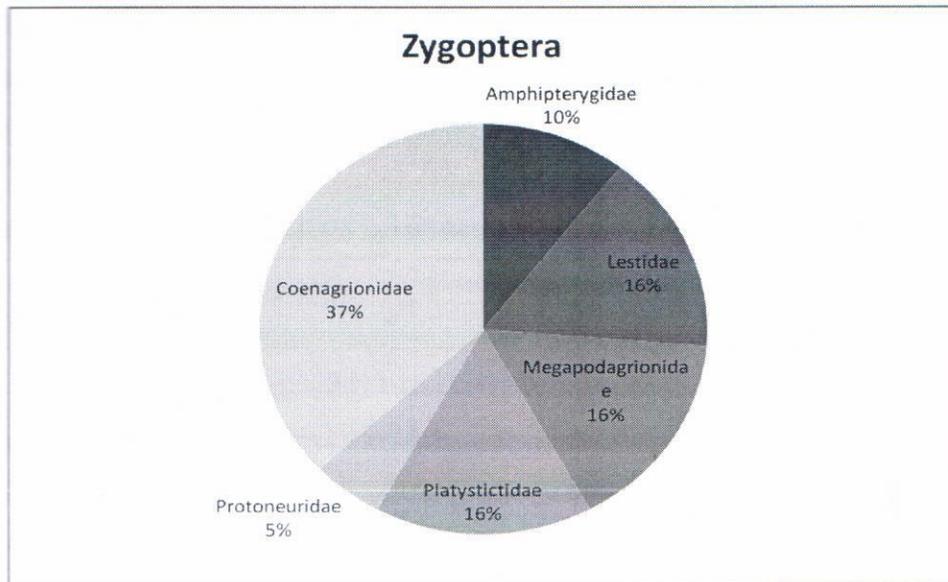


Figura 3. Porcentaje de la riqueza de especies endémicas por familia Zygoptera.

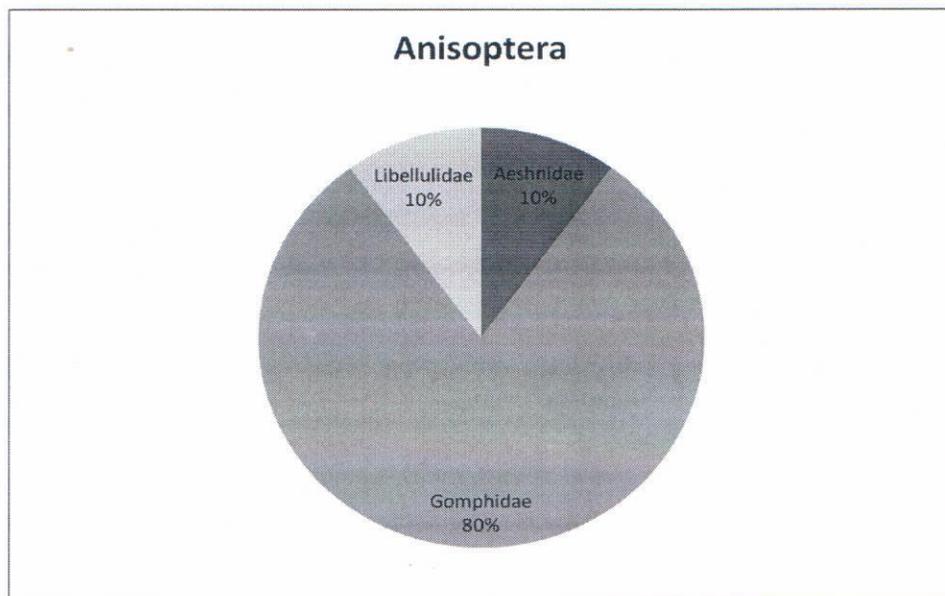


Figura 4. Porcentaje de la riqueza de especies endémicas por familia de Anisoptera.

En la Lista Roja de la IUCN (2010) se encontraron 19 de las especies endémicas de odonatos de México, lo que representa el 39% de las 49 especies endémicas registradas en este trabajo (Tabla 3).

Tabla 3. Estatus en la Lista Roja de la IUCN de las 19 especies endémicas de México (IUCN, 2010)

Especie	Estatus
<i>Amphipteryx agrioides</i>	Datos deficientes (DD)
<i>Paraphlebia zoe</i>	Vulnerable (VU)
<i>Palaemnema paucicoba</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Palaemnema paulitaba</i>	Datos deficientes (DD)
<i>Argia garrisoni</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Argia percellulata</i>	Datos deficientes (DD)
<i>Ischnura posita</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Neocythromma gladiolatum</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Epigomphus crepidus</i>	Datos deficientes (DD)
<i>Epigomphus flinti</i>	En peligro (EN)
<i>Epigomphus paulsoni</i>	En peligro (EN)
<i>Erpetogomphus erici</i>	Datos deficientes (DD)
<i>Erpetogomphus liopeltis</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Erpetogomphus sipedon</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Erpetogomphus viperinus</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Phyllogomphoides apiculatus</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Phyllogomphoides indicatrix</i>	Datos deficientes (DD)
<i>Phyllogomphoides nayaritensis</i>	De menor preocupación (LC)
<i>Progomphus amarillus</i>	Datos deficientes (DD)

### Georreferenciación

Las tablas 4 y 5 listan el número de coordenadas geográficas de las localidades donde fueron registrados los especímenes de cada especie. En total, fue posible georreferenciar 441 localidades de las especies endémicas. El número de localidades georreferenciadas para Zygoptera fue de 218, para Anisoptera fue de 223. Sin embargo, el total de especies endémicas que tuvieron cinco o más localidades fue de 26; dichas localidades fueron utilizadas para modelar la distribución potencial de las especies. El total de localidades georreferenciadas para las 26 especies endémicas fue de 333, 146 localidades corresponden a localidades de ejemplares del suborden Zygoptera y 187 a ejemplares de Anisoptera (Tabla 4). Las especies para las cuales se obtuvieron menos de cinco localidades (23 especies) y para las cuales no fue posible estimar las distribuciones potenciales se listan en la Tabla 5.

Tabla 4. Lista de especies endémicas con datos suficientes para estimar distribuciones potenciales

ZYGOPTERA	No. de Localidades	ANISOPTERA	No. de Localidades
<i>Amphipteryx agrioides</i>	9	<i>Oplonaeschna magna</i>	10
<i>Archilestes regalis</i>	9	<i>Erpetogomphus boa</i>	9
<i>Paraphlebia hyalina</i>	8	<i>E. liopeltis</i>	13
<i>P. zoe</i>	34	<i>E. cophias</i>	7
<i>Palaemnema paulicoba</i>	14	<i>E. sipedon</i>	9
<i>P. paulitaba</i>	9	<i>E. viperinus</i>	21
<i>Protoneura rojiza</i>	10	<i>Phyllogomphoides apiculatus</i>	15
<i>Argia garrisoni</i>	14	<i>P. luisi</i>	16
<i>A. mayi</i>	8	<i>P. pacificus</i>	44
<i>A. percellulata</i>	8	<i>P. nayaritensis</i>	8
<i>A. westfalli</i>	13	<i>Progomphus belyshevi</i>	12
<i>Neoerythromma gladiolatum</i>	10	<i>Brechmorhoga latialata</i>	6
		<i>Macrothemis ultima</i>	7
		<i>Paltothemis cyanosoma</i>	10

Tabla 5. Lista de especies endémicas no sin información suficiente para estimar distribuciones potenciales

ZINGOPTERA	No. de Localidades	ANISOPTERA	No. de Localidades
<i>Amphiteryx chiapensis</i>	1	<i>Rhionaeschna manni</i>	1
<i>Aeschna alfonsoi</i>	2	<i>R. vazquezae</i>	3
<i>A. simplex</i>	3	<i>Epigomphus crepidus</i>	2
<i>Aischnagrion azulum</i>	4	<i>E. donnellyi</i>	4
<i>Palaeomnema paucicaxa</i>	4	<i>E. flinti</i>	1
<i>Aeschna deami</i>	2	<i>E. paulsoni</i>	3
<i>Aeshnura posita</i>	3	<i>E. sulcatystila</i>	2
		<i>Erpetogomphus agkistrodon</i>	3
		<i>E. erici</i>	3
		<i>Ophiogomphus purepecha</i>	1
		<i>Phyllogomphoides danieli</i>	4
		<i>P. indicatrix</i>	1
		<i>Progomphus amarillus</i>	1
		<i>P. marcelae</i>	2
		<i>P. lambertoi</i>	4
		<i>Stylurus falcatus</i>	1

### Mapas de distribución

La distribución actual de las 49 especies endémicas se ilustra en la figura 5, El estado con mayor número de especies endémicas fue Veracruz (19 especies) en el cual se encuentran: *Anphipteryx agrioides*, *Archilestes regalis*, *Paraphlebia hialina*, *P. zoe*, *Palaemnema paulicoba*, *P. paulitaba*, *Argia percellulata*, *A. westfalli*, *Erpetogomphus boa*, *E. viperinus*, *Brechmorhoga latialata* y *Macrothemis ultima*. De las especies endémicas que no se obtuvo su distribución son: *Lestes alfonsoi*, *Heteragrion azulum*, *Palaemnema paulicoba*, *Epigomphus donnellyi*, *E. sulcatystila*, *Erpetogomphus agkistrodon* y *E. erici*. Por otra parte, los estados con el menor número de especies endémicas fueron Baja California Norte (0 especies), en Baja California Sur se registró sólo a *Rhionaeschna manni*, en Campeche a *Ischnura posita* y por último, en Durango se registró a *Erpetogomphus sipedon* (Fig. 6).

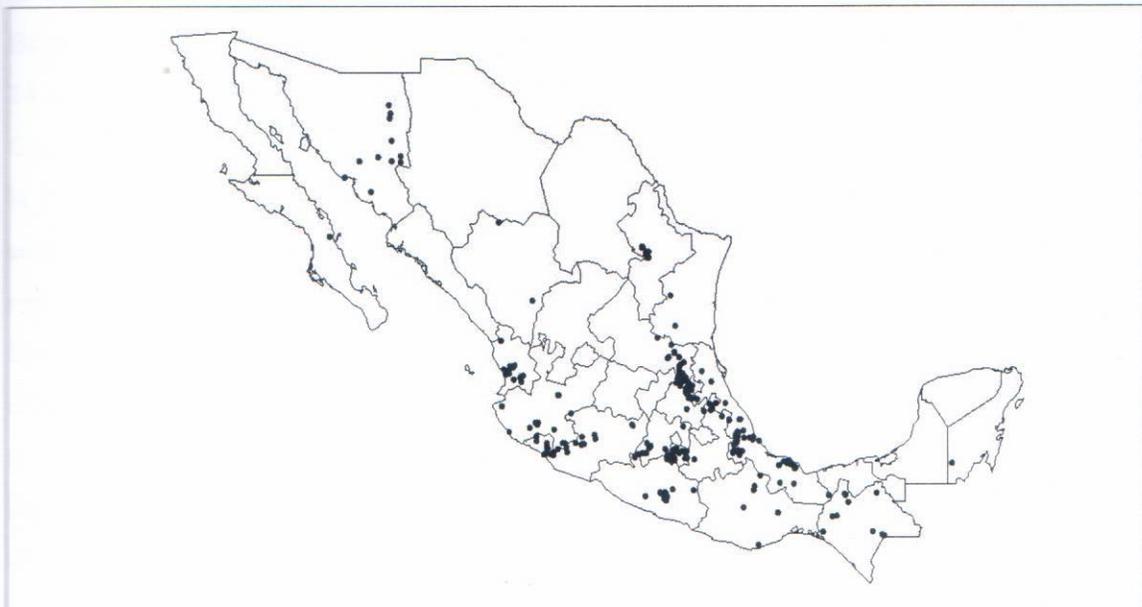


Figura 5. Distribución actualal (puntos) de las 49 especies endémicas de Odonata de México.

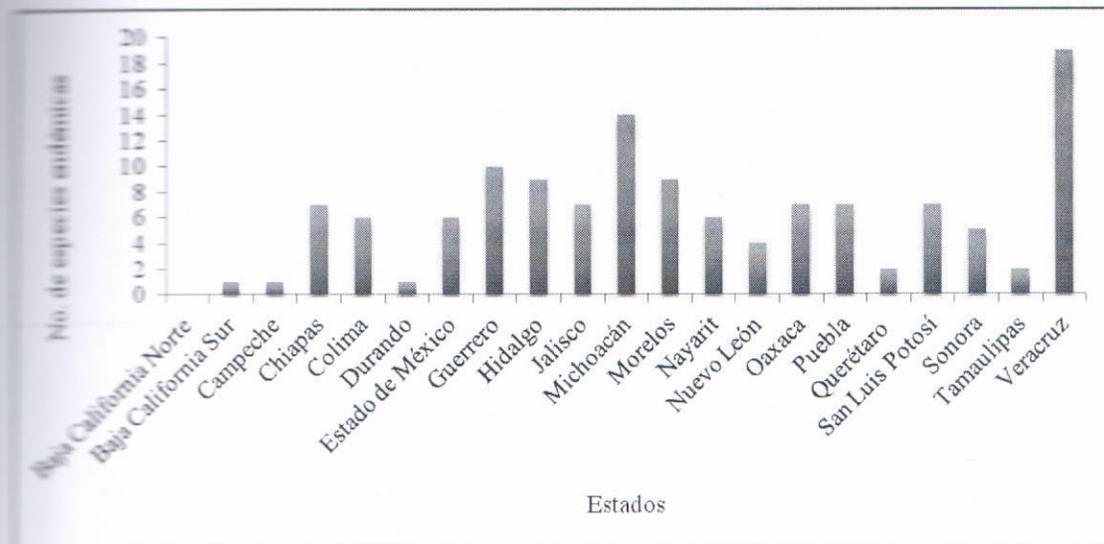


Figura 6. Número de especies endémicas de Odonata por estado.

Con la intención de observar algún tipo de patrón de distribución se contrastó la distribución actual de las especies consideradas en este trabajo, con las Provincias Biogeográficas de México (CONABIO 1997) (Fig. 7). De las 19 provincias se observó que en 14 de ellas coinciden puntos de presencia de las 49 especies endémicas. En la provincia del Golfo de México se registro el mayor número de especies endémicas con 21, mientras que en la provincia de la Costa del pacífico y la provincia Sierra Madre Oriental se registraron 19 especies en cada una, en las provincias Depresión del Balsas y Eje Volcánico con 12 especies registradas en cada una, en la provincia de Oaxaca se registraron diez especies, en la provincia Sierra Madre del Sur con ocho especies, las provincias Sonorense y Tamaulipeca con cuatro especies en cada una de ellas, en las provincias Altiplano Sur y Sierra Madre Occidental con tres especies en cada una, en la provincia Los Altos de Chiapas con dos especies, y por último, las provincias Baja California y Petén con una especie registrada en cada una de ellas (Tabla 6).

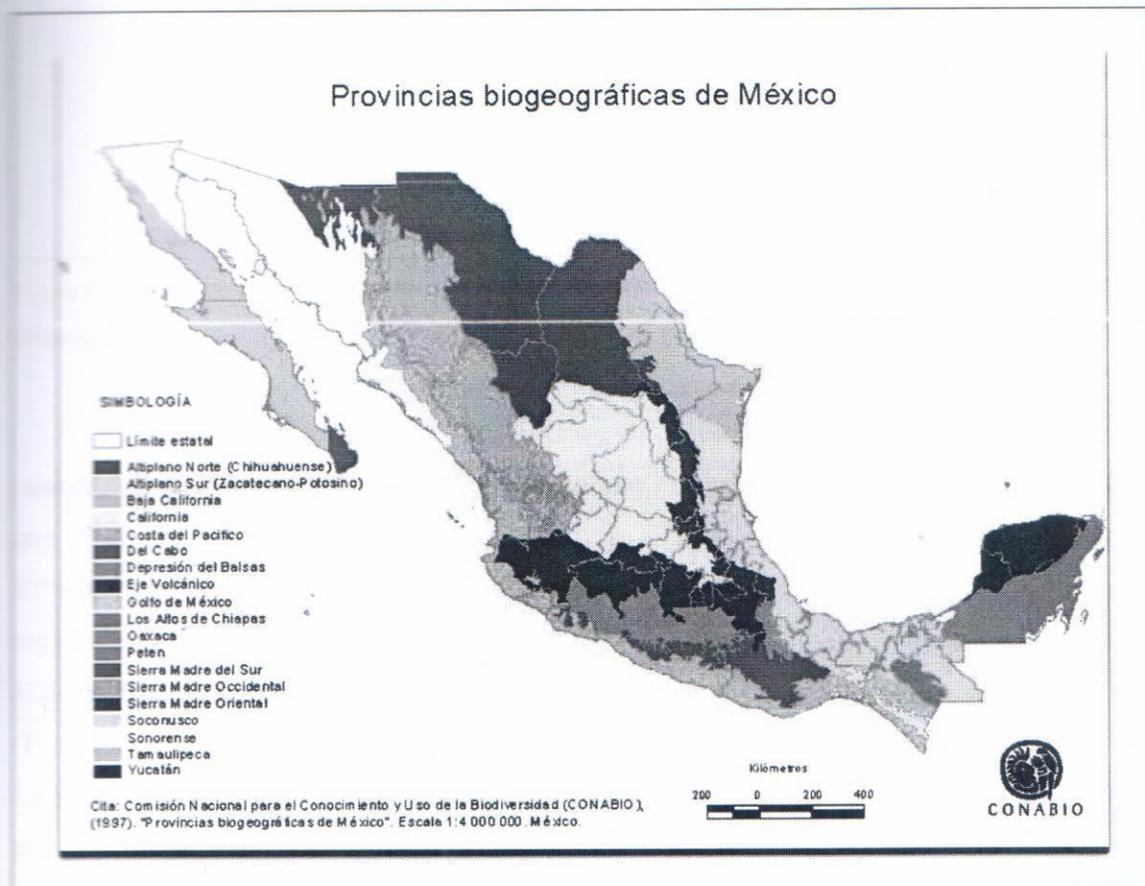


Figura 7. Provincias biogeográficas de México (CONABIO 1997)

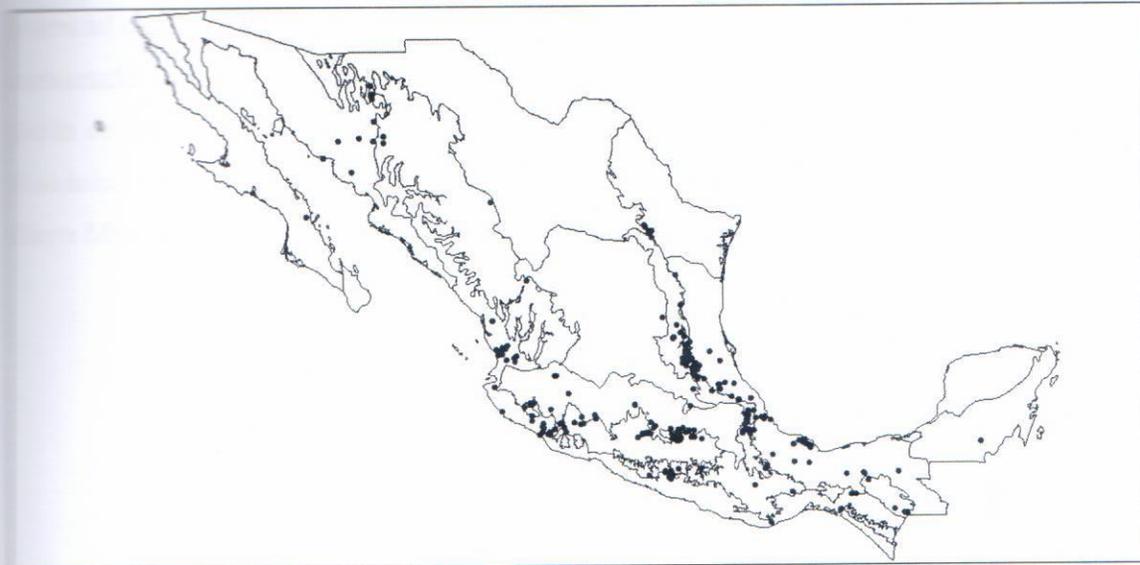


Figura 8. Distribución actual (puntos) de las 49 especies endémicas de Odonata contrastada con las Provincias Biogeográficas.

Por otro lado, se contrastó la distribución actual de las 49 especies endémicas consideradas en este trabajo con las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) (Fig. 9). Se encontró que 18 de las 49 especies se encuentran dentro de alguna de las ANP's, lo que representa el 37% del total de las especies endémicas de Odonata de México; Los Tuxtlas, es la ANP que registró el mayor número de especies endémicas (7) (Tabla 7). En cuanto a las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), 42 de las especies endémicas se encuentran dentro de éstas (Fig. 10), lo que representa el 86 % del total de las especies endémicas de Odonata de México. La RHP con mayor número de especies endémicas fue la región Río La Antigua (11 especies), por otra parte, las RHP con una sola especie: Golfo de México, Mal Paso-Pichucalco, Cabecera del Río Tonalá, Río Tamesí, Río Baluarte-Marismas Nacionales, Cajón de Peñas-Chamela, Lagos-Cráter de Nayarit y por último Cuenca de las Huastecas (Tabla 8).

El mapa de la riqueza potencial de las especies endémicas (Fig. 11) se realizó con las distribuciones potenciales de las 26 especies que fue posible generar dichas distribuciones. Se observa en color verde, de forma graduada; el color verde oscuro representa el área en donde se encuentran las condiciones óptimas para la mayoría de las especies, mientras que conforme se va aclarando el color, disminuye la riqueza potencial. Se contrastó el mapa de riqueza

potencial con las Provincias Biogeográficas (Fig. 12). En el cual se observan las condiciones ambientales óptimas (los tonos más oscuros) están presentes en la Sierra Madre Oriental, Golfo de México, Oaxaca, y de manera interesante en los límites entre las provincias Eje Volcánico y Costa del Pacífico, de igual manera en las provincias Depresión del Balsas y la Sierra Madre del Sur.

Tabla 6. Especies endémicas de Odonata de México presentes en las Provincias Biogeográficas de México. AB = Altiplano Sur, BC = Baja California, CP = Costa del Pacífico, DB = Depresión del Balsas, EV = Eje Volcánico, GM = Golfo de México, AC = Los Altos de Chiapas, OAX = Oaxaca, SMS = Sierra Madre del Sur, SMOC = Sierra Madre Occidental, SMOR = Sierra Madre Oriental, SON = Sonorensis, TAM = Tamaulipeca, PE = Petén.

Especie	CP	DB	EV	GM	AC	OAX	SMS	SMOC	SMOR	SON	TAM	AS	BC	PE
<i>Amphipteryx agritoides</i>				✓		✓	✓		✓					
<i>Amphipteryx chiapensis</i>				✓										
<i>Archilestes regalis</i>				✓					✓					
<i>Lestes alfonsoi</i>									✓					
<i>L. simplex</i>		✓					✓							
<i>Heteragrion azulum</i>				✓										
<i>Paraphlebia hyalina</i>				✓		✓	✓		✓					
<i>P. zoe</i>				✓		✓			✓			✓		
<i>Palaeemnema paulicaxa</i>				✓		✓			✓					
<i>Palaeemnema paulicoba</i>				✓		✓			✓		✓			
<i>P. paulitaba</i>				✓					✓					
<i>Protonetra rojiza</i>	✓	✓				✓								
<i>Argia deami</i>							✓					✓		
<i>Argia garrisoni</i>				✓					✓		✓			
<i>A. percellulata</i>				✓	✓				✓					
<i>A. mayi</i>	✓	✓	✓											
<i>A. wesifalli</i>				✓	✓	✓			✓		✓			
<i>Ischnura posita</i>				✓					✓					✓
<i>Neocythrona gladiolatum</i>	✓									✓				
<i>Rhionaeschna manni</i>													✓	✓

Continuación Tabla 6.

Especie	CP	DB	EV	GM	AC	OAX	SMS	SMOC	SMOR	BON	TAM	AB	BC	FE
<i>R. varquezae</i>	✓						✓					✓		
<i>Oplonaeschna magna</i>	✓	✓	✓						✓					
<i>Epigomphus crepidus</i>	✓													
<i>E. donelly</i>				✓					✓					
<i>E. flinti</i>				✓										
<i>E. paulsoni</i>	✓			✓										
<i>E. sulcatystila</i>				✓										
<i>Erpetogomphus agkistrodon</i>						✓			✓					
<i>E. boa</i>						✓			✓					
<i>E. cophias</i>	✓		✓				✓							
<i>E. erici</i>				✓					✓					
<i>E. liopeltis</i>		✓		✓					✓		✓			
<i>E. sipedon</i>	✓	✓						✓						
<i>E. viperinus</i>				✓					✓					
<i>Ephigomphus purepecha</i>			✓											
<i>Phyllogomphoides apiculatus</i>	✓	✓	✓											
<i>P. danieli</i>	✓	✓												
<i>P. indicatrix</i>	✓													
<i>P. luysi</i>	✓	✓	✓											
<i>P. nayaritensis</i>	✓									✓				
<i>P. pacificus</i>	✓	✓	✓				✓			✓				
<i>Progomphus amarillus</i>				✓										

Continuación Tabla 6.

Especie	CP	DB	EV	GM	AC	OAX	SMS	SMOC	SMOR	SON	TAM	AS	BC	PE
<i>P. belyshevi</i>		✓	✓					✓		✓				
<i>P. marcelae</i>	✓		✓											
<i>P. lambertoi</i>	✓	✓	✓											
<i>Stylurus falcatus</i>			✓											
<i>Brechmorhoga latialata</i>				✓					✓					
<i>Macrothemis ultima</i>	✓							✓						
<i>Palliothemis cyanosoma</i>	✓		✓				✓							

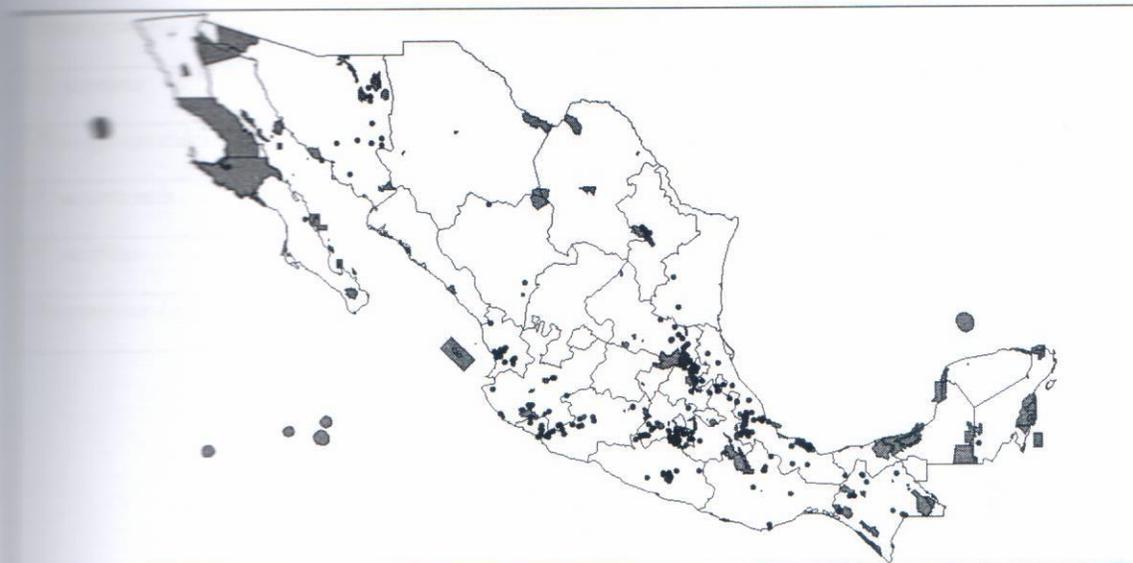


Figura 9. Distribución actual (puntos negros) de las 49 especies endémicas de Odonata contrastada con las Áreas Naturales Protegidas (área coloreada).

Tabla 7. Especies endémicas de Odonata de México presentes en las Áreas Naturales Protegidas

Especie	Áreas Naturales Protegidas
<i>Amphipteryx chiapensis</i>	Los Tuxtlas
<i>Heteragrion azulum</i>	Los Tuxtlas
<i>Paraphlebia hyalina</i>	Cañón del Río Blanco
<i>P. zoe</i>	Sierra Gorda
<i>Palaemnema paulitaba</i>	Los Tuxtlas
<i>Argia garrisoni</i>	Cumbres de Monterrey
<i>Argia percellulata</i>	Lagunas de Montebello y Palenque
<i>A. westfalli</i>	Cumbres de Monterrey y Cañón del Río Blanco
<i>Erpetogomphus donnellyi</i>	Los Tuxtlas
<i>E. flinti</i>	Los Tuxtlas
<i>E. paulsoni</i>	Los Tuxtlas
<i>E. sulcatystila</i>	Los Tuxtlas

<i>Epetagomphus liopeltis</i>	Cumbres de Monterrey y Sierra Gorda
<i>E. viperinus</i>	Cañón del Río Blanco
<i>Phyllogomphoides luisi</i>	Corredor Biológico Chichinautzin
<i>P. nayaritensis</i>	Sierra de Ajos/Bavispe
<i>P. pacificus</i>	La Sepultura
<i>Progomphus belyshevi</i>	Sierra de Manantlán

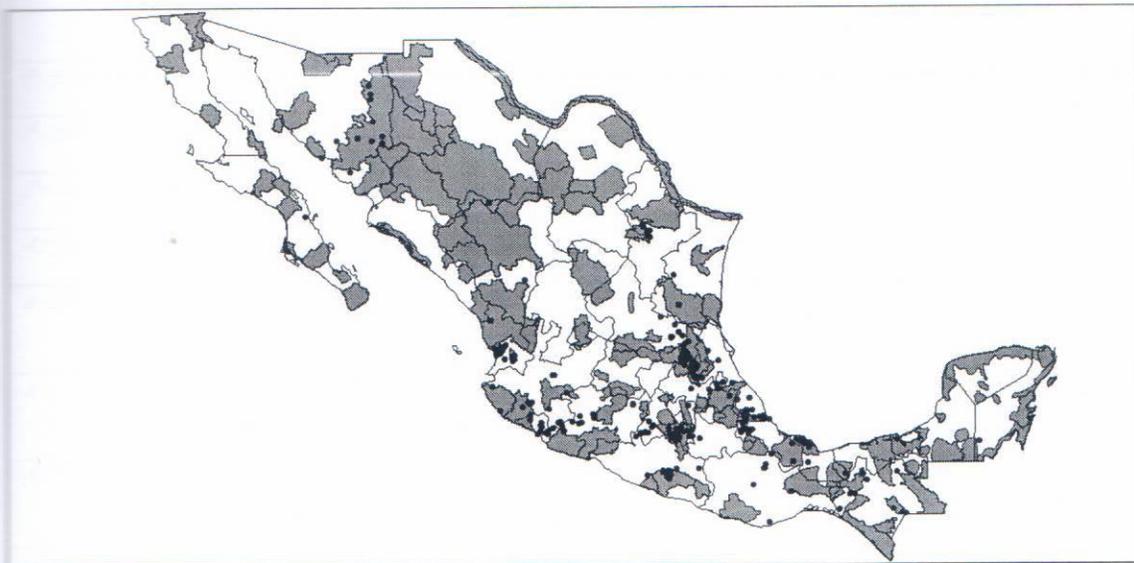


Figura 10. Distribución actual (puntos negros) de las 49 especies endémicas de Odonata contrastada con las Regiones Hidrológicas Prioritarias (área coloreada).

Tabla 8. Especies endémicas de Odonata de México presentes en las Regiones Hidrológicas Prioritarias

Especie	Nombre de las Regiones Hidrológicas Prioritarias
<i>Amphipteryx agrioides</i>	Golfo de México, Río Tecolutla, Río La Antigua
<i>Anchilestes regalis</i>	Confluencia de las Huastecas, Río Tecolutla, Río La Antigua
<i>Listes alfonsoi</i>	Río La Antigua
<i>L. simplex</i>	Río Papagayo-Acapulco
<i>Heteragrion azulum</i>	Los Tuxtlas
<i>Paraphlebia hyalina</i>	Río La Antigua, Humedales del Papaloapan
<i>P. zoe</i>	Confluencia de las Huastecas, Río Tecolutla, Río La Antigua
<i>Palaemnema paucicaxa</i>	Confluencia de las Huastecas, Río La Antigua, Humedales del Papaloapan
<i>P. paucicoba</i>	Cuenca de las Huastecas, Río La Antigua
<i>P. paulitaba</i>	Río La Antigua, Los Tuxtlas, Malpaso-Pichucalco
<i>Protoneura rojiza</i>	Ríos Purificación-Armería, Río Papagayo-Acapulco
<i>Argia garrisoni</i>	Confluencia de las Huastecas
<i>Argia percellulata</i>	Río Tecolutla, Río La Antigua, Cabecera del Río Tonalá, Comitán- Lagunas de Montebello
<i>A. mayi</i>	Ríos Purificación-Armería, Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala, Río Papagayo-Acapulco,
<i>A. westfalli</i>	Río Tamesí, Confluencia de las Huastecas, Río La Antigua, Humedales del Papaloapan, Comitán- Lagunas de Montebello
<i>Ischnura posita</i>	Confluencia de las Huastecas
<i>Neoerythromma gladiolatum</i>	Río Baluarte-Marismas Nacionales, San Blas-La Tovar, Cajón de Peñas-Chamela
<i>Rhionaeschna vazquezae</i>	Lagos-Cráter de Nayarit, Río Papagayo-Acapulco
<i>Oplonaeschna magna</i>	Confluencia de las Huastecas, Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala
<i>Epiogomphus crepidus</i>	San Blas-La tovara
<i>E. donnellyi</i>	Río La Antigua, Los Tuxtlas
<i>E. flinti</i>	Los Tuxtlas

<i>E. pulchri</i>	Los Tuxtlas, Malpaso-Pichucalco
<i>E. subaerata</i>	Los Tuxtlas
<i>Gomphomphus agkistrodon</i>	Río La Antigua
<i>E. huxi</i>	Río La Antigua
<i>E. ophius</i>	Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala, Río Papagayo-Acapulco
<i>E. orici</i>	Cuenca de las Huastecas, Humedales del Papaloapan
<i>E. opeitis</i>	Confluencia de las Huastecas
<i>E. sipedon</i>	Cuenca Alta del Río Conchos, Lagos-Cráter de Nayarit, Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala
<i>E. viperinus</i>	Río La Antigua, Humedales del Papaloapan-San Vicente y San Juan
<i>Phyllogomphoides apiculatus</i>	San Blas-La Tovera, Lagos-Cráter de Nayarit, Ríos Purificación-Armería, Ríos Coalcomán y Nexpa, Río Papagayo-Acapulco
<i>P. danieli</i>	Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala, Río Papagayo-Acapulco
<i>P. huxi</i>	Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala
<i>P. nayaritensis</i>	Río Yaqui-Cascada Bassaseachic, Río Baluarte-Marismas Nacionales, Lagos-Cráter de Nayarit
<i>P. pacificus</i>	Cajón del Diablo, Río Baluarte-Marismas Nacionales, San Blas-La Tovera, Lagos Cráter de Nayarit, Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala, Río Papagayo-Acapulco
<i>Progomphus belyshevi</i>	Río Yaqui-Cascada Bassaseachic, Ríos Purificación-Armería, Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala
<i>P. marcelae</i>	Río Papagayo-Acapulco
<i>Sylurus falcatus</i>	Chapala-Cajitán-Sayula
<i>Brechmorhoga latialata</i>	Confluencia de las Huastecas, Río La Antigua
<i>Paltothemis cyanosoma</i>	Río Papagayo-Acapulco

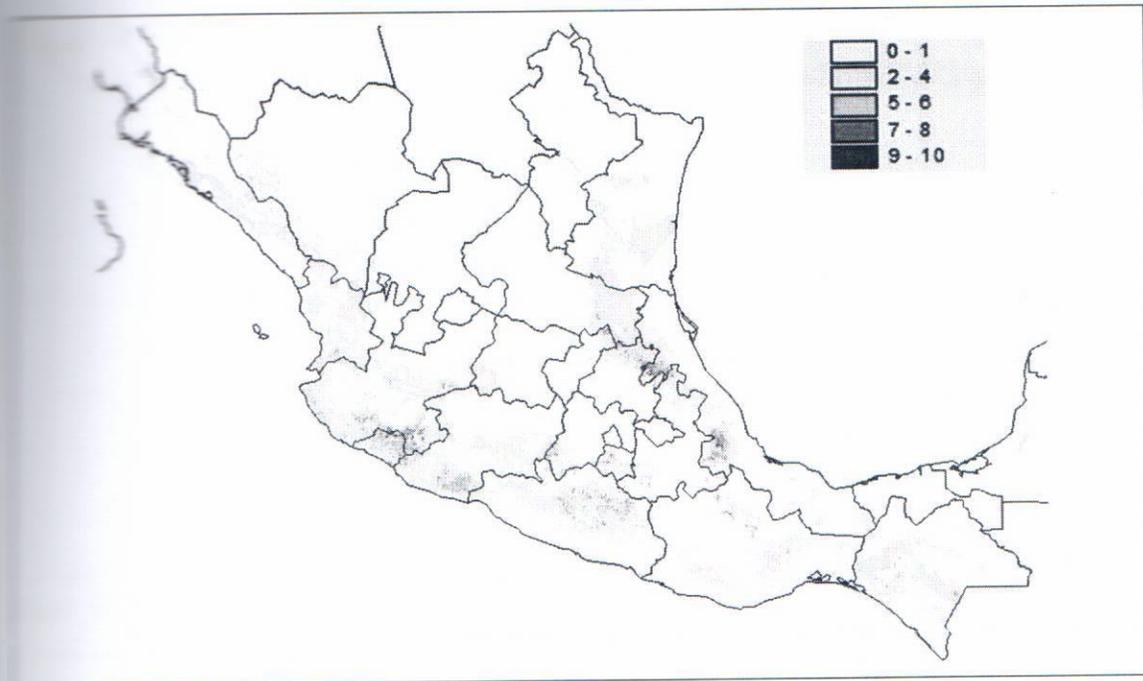


Figura 11. Mapa de Riqueza Potencial de 26 especies endémicas de Odonata de México. El color blanco (0-1) indica que no están las condiciones óptimas para la presencia de las especies; conforme se va oscureciendo el color (2-4, 5-6, 7-8) aumentan las condiciones óptimas, el tono más oscuro (9-10) representa las condiciones óptimas para la mayoría de las especies.

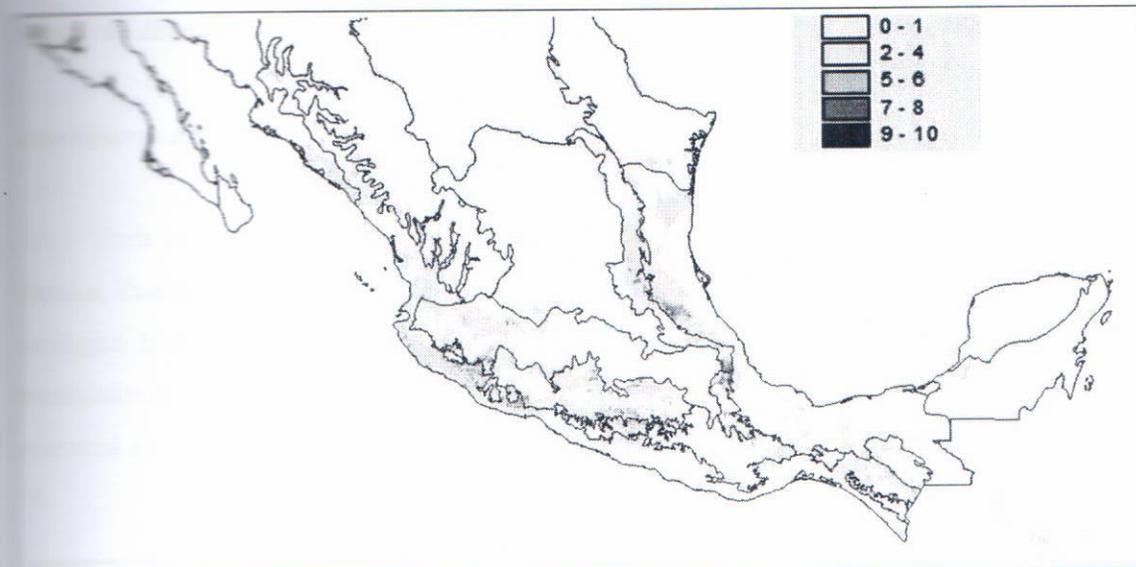


Figura 12. Mapa de Riqueza Potencial de 26 especies endémicas de Odonata de México contrastada con las Provincias Biogeográficas. El color blanco (0-1) indica que no están las condiciones óptimas para la presencia de las especies; conforme se va oscureciendo el color (2-4, 5-6, 7-8) aumentan las condiciones óptimas, el tono más oscuro (9-10) representa las condiciones óptimas para la mayoría de las especies.

*Mapas de distribución actual y potencial de las especies endémicas del suborden Zygoptera*

*Amphipteryx agrioides* Selys, 1853.

Para esta especie fue posible georreferenciar 9 localidades de los estados de Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Veracruz (Fig. 13). Con base a la matriz de confusión, el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió alguna localidad conocida (error de omisión), es decir, las 9 localidades están dentro de la distribución potencial generada por dicho modelo. El área potencial es de 21,000 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

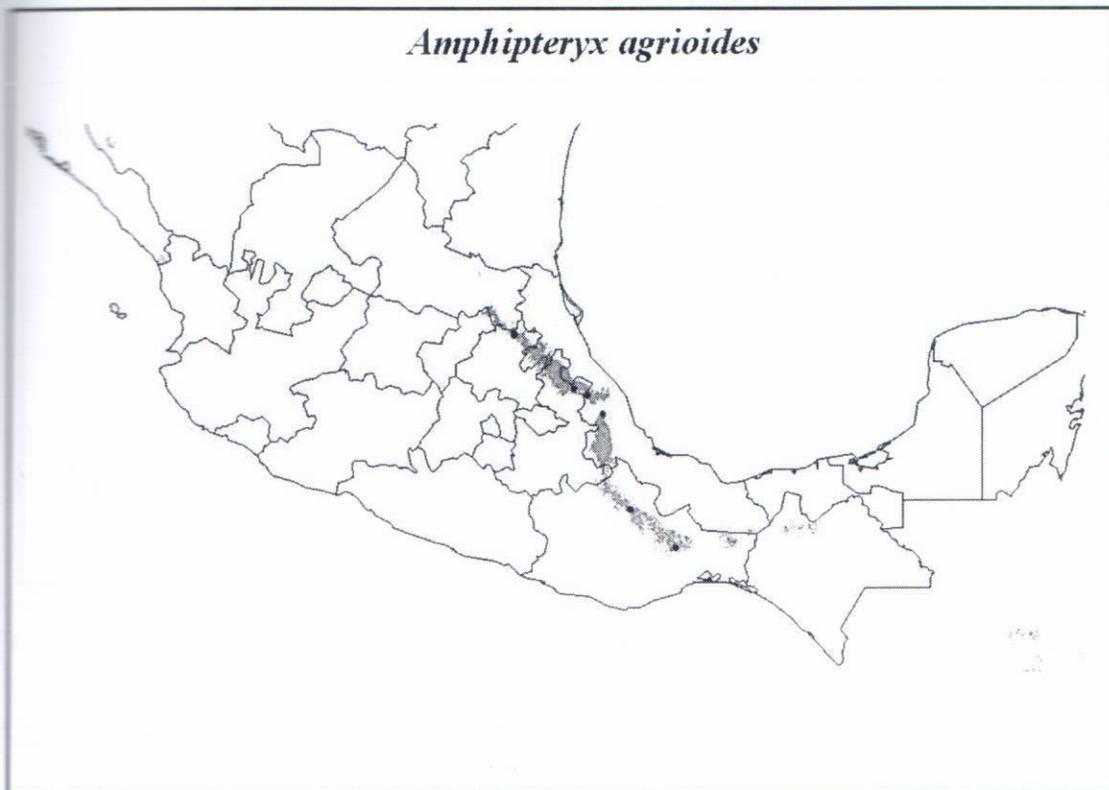


Figura 13. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Amphipteryx agrioides*.

*Archilestes regalis* Gloyd, 1994.

Para esta especie se georreferenciaron 9 localidades en los estados de Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz (Fig. 14). Las 9 localidades están dentro de la distribución potencial generada por el modelo de nicho ecológico BIOCLIM. El área potencial es de 11,329 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

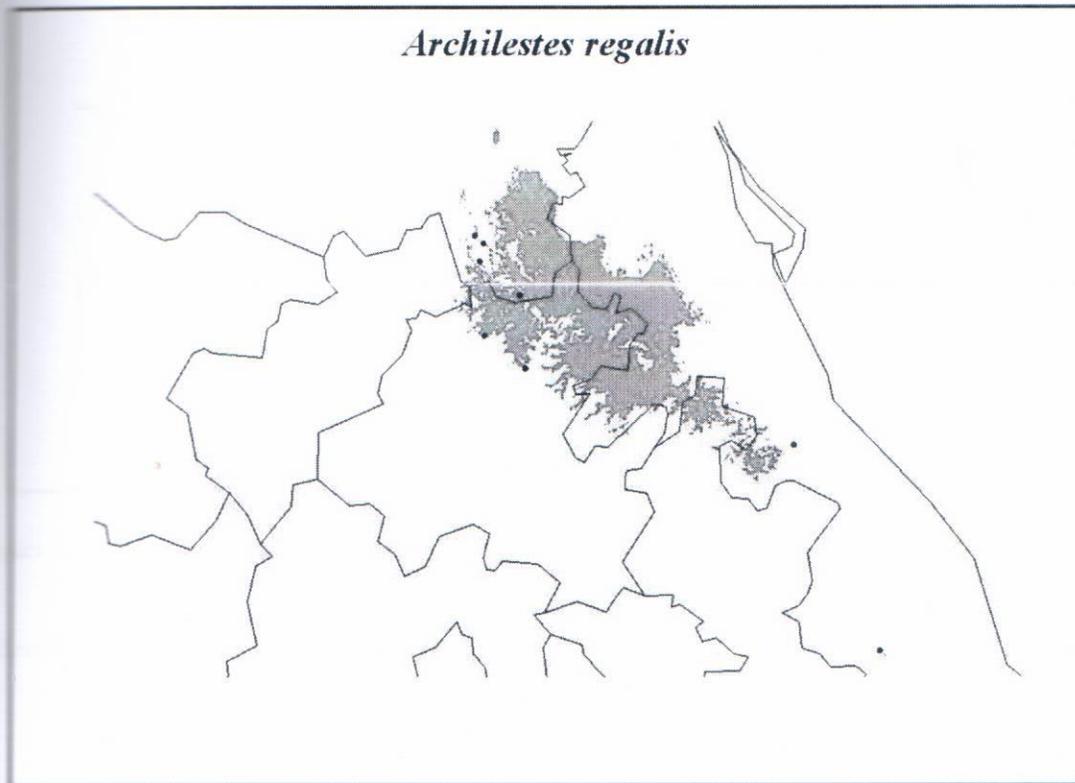


Figura 14. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Archilestes regalis*.

*Paraphlebia hyalina* Brauer, 1871.

Para esta especie fue posible georreferenciar 8 localidades de los estados de Oaxaca y Veracruz (Fig. 15). Las 8 localidades están dentro de la distribución potencial generada por el modelo de nicho ecológico BIOCLIM. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

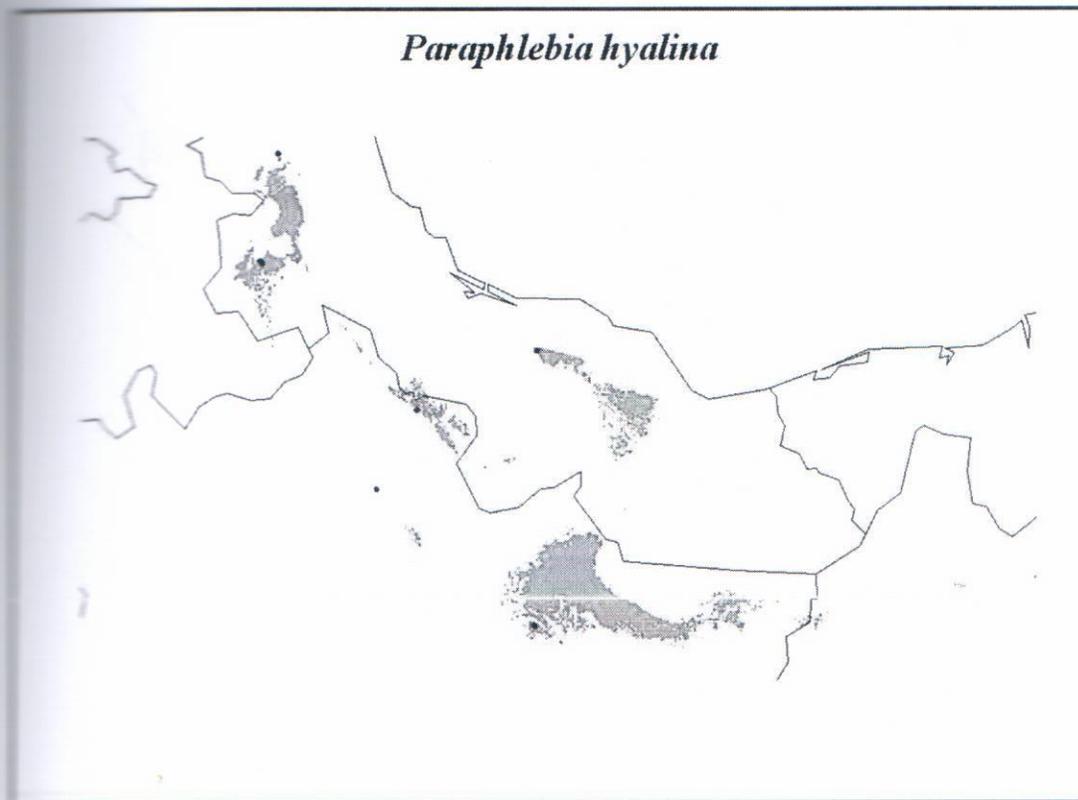


Figura 15. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Paraphlebia hyalina*.

*Paraphlebia zoe* Selys in Hagen 1861.

Para esta especie se georreferenciaron 34 localidades de los estados de Hidalgo, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz (Fig. 16). Con base a la matriz de confusión, BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 37,025 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

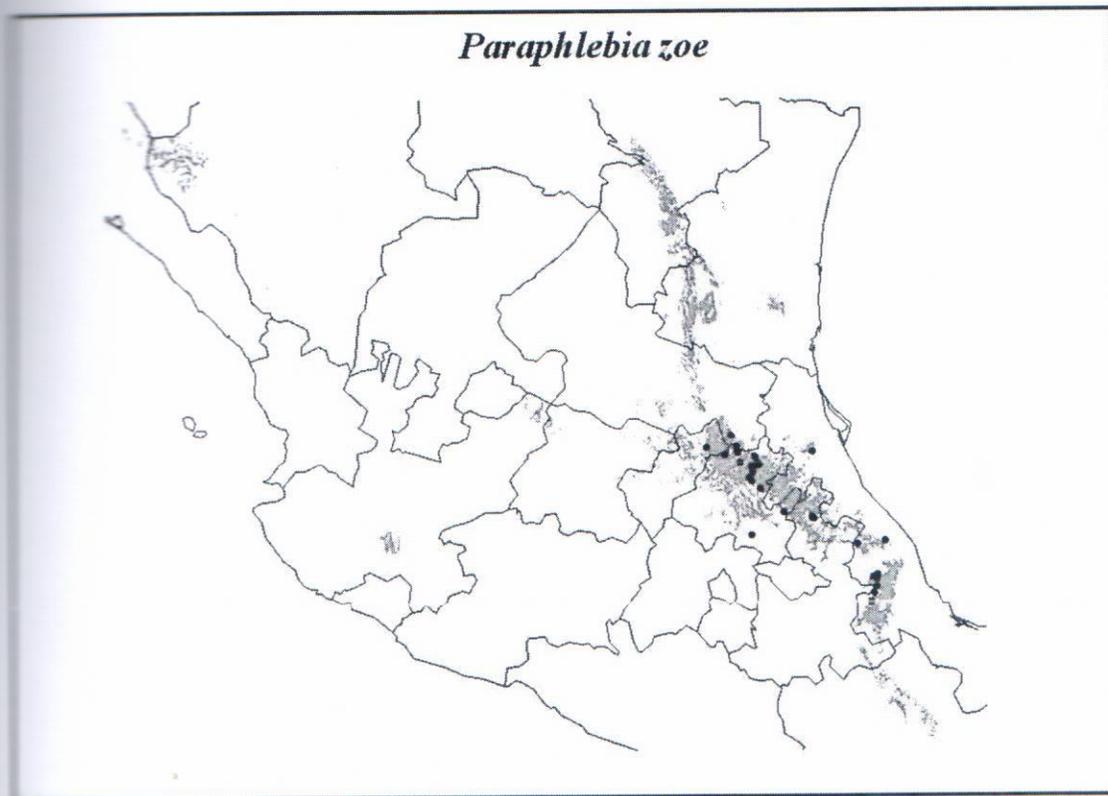


Figura 16. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Paraphlebia zoe*.

*Palaemnema paucicoba* Calvert, 1931.

Para esta especie fue posible georreferenciar 14 localidades en los estados de Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (Fig. 17). Con base a la matriz de confusión, el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas, por lo tanto, las 14 localidades están dentro del área potencial; dicha área es de 43,502 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

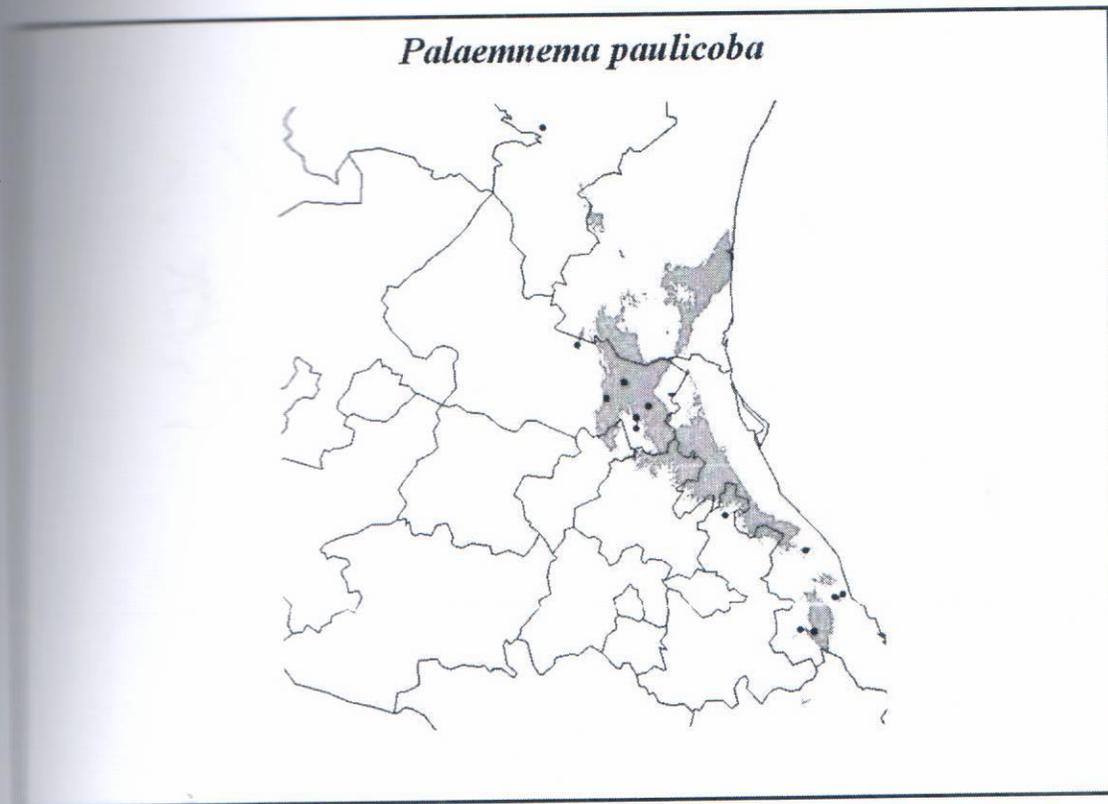


Figura 17. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Palaemnema paulicoba*.

*Palaemnema paulitaba* Calvert, 1931.

Para esta especie se georreferenciaron 9 localidades en los estados de Chiapas y Veracruz (Fig. 18). Con base a la matriz de confusión el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió ninguna localidad conocida. El área potencial es de 12,340 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

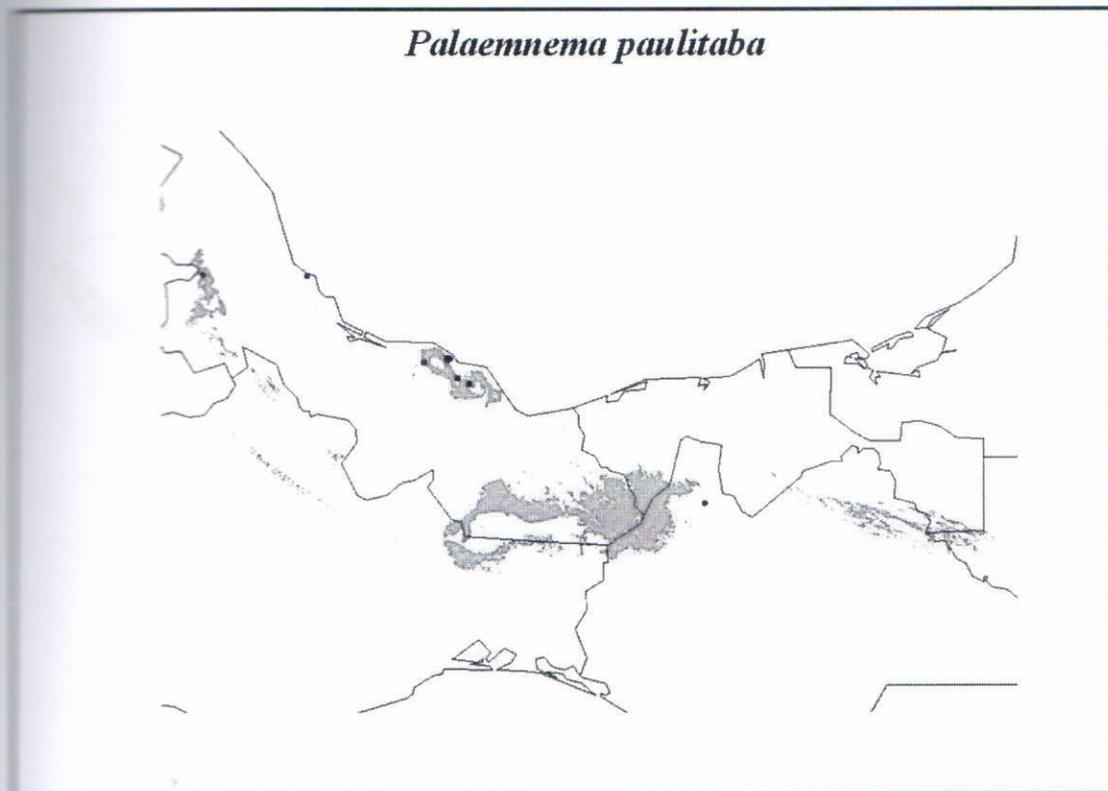


Figura 18. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Palaemnema paulitaba*.

*Protoneura rojiza* González, 1992.

Para esta especie se georreferenciaron 10 localidades de los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca (Fig. 19). Con base a la matriz de confusión, el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 73,211 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

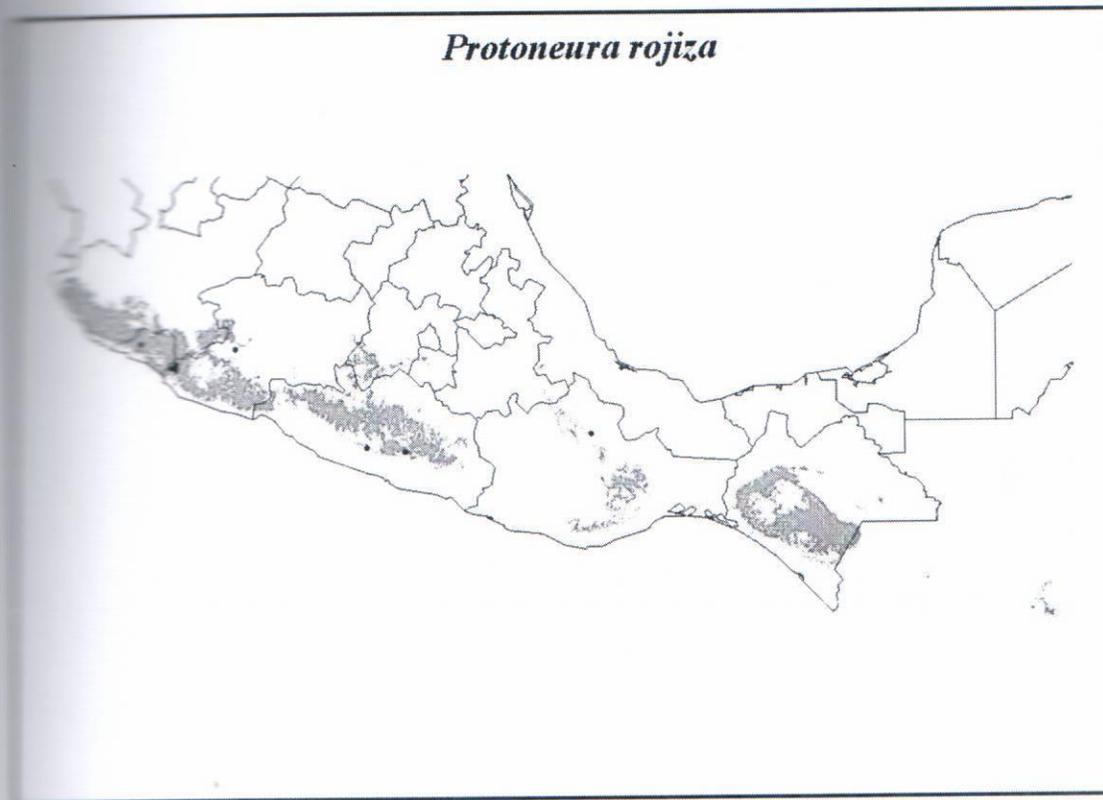


Figura 19. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Protoneura rojiza*.

*Argia garrisoni* Daigle, 1991.

Para esta especie se georreferenciaron 14 localidades en los estados de Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas (Fig. 20). Con base a la matriz de confusión, el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 4979 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

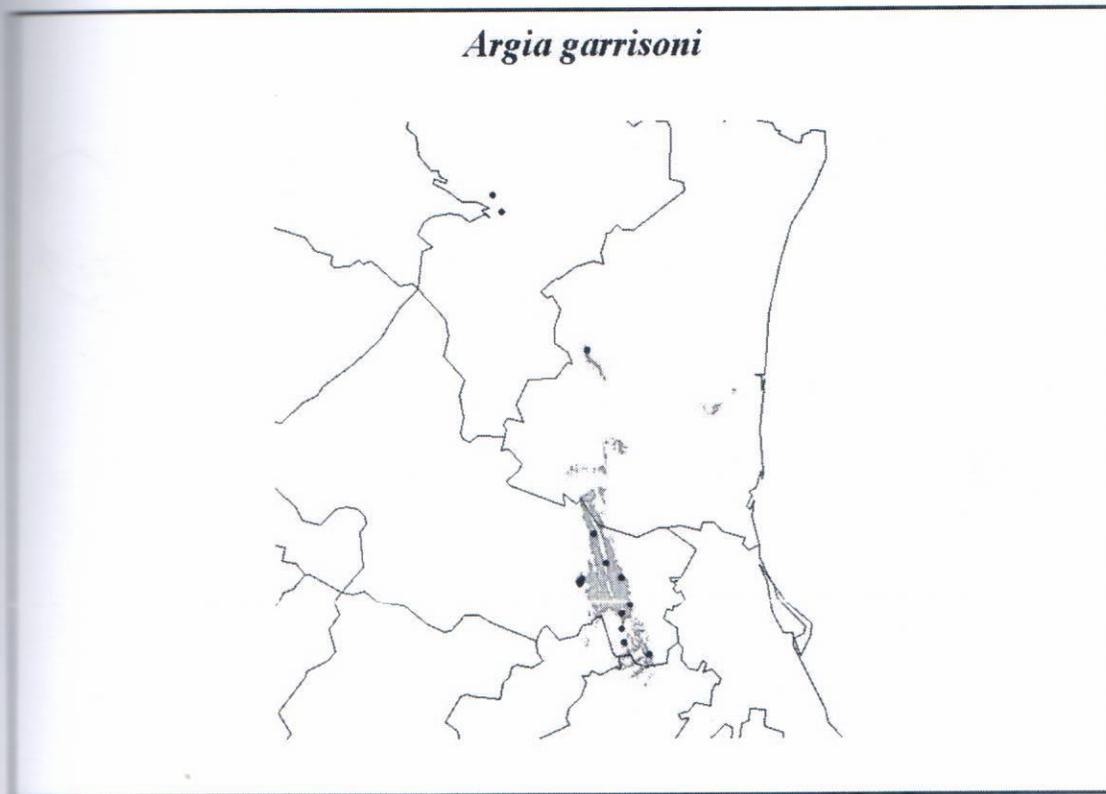


Figura 20. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Argia garrisoni*.

*Argia mayi* González, 2012.

Para esta especie se georreferenciaron 8 localidades en los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos y Oaxaca (Fig. 21). Con base a la matriz de confusión, el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 21,418 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

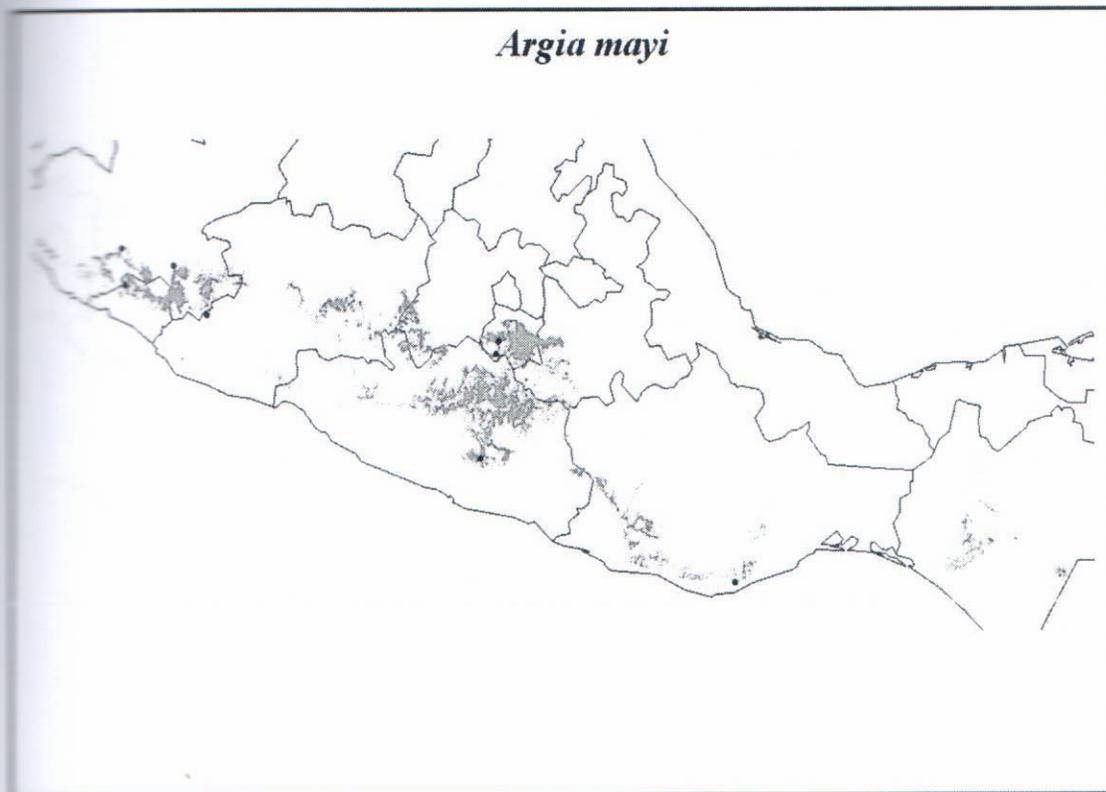


Figura 21. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Argia mayi*.

*Argia percellulata* Calvert, 1902.

Para esta especie fue posible georreferenciar 8 localidades en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz (Fig. 22). Con base a la matriz de confusión, el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 25,522 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

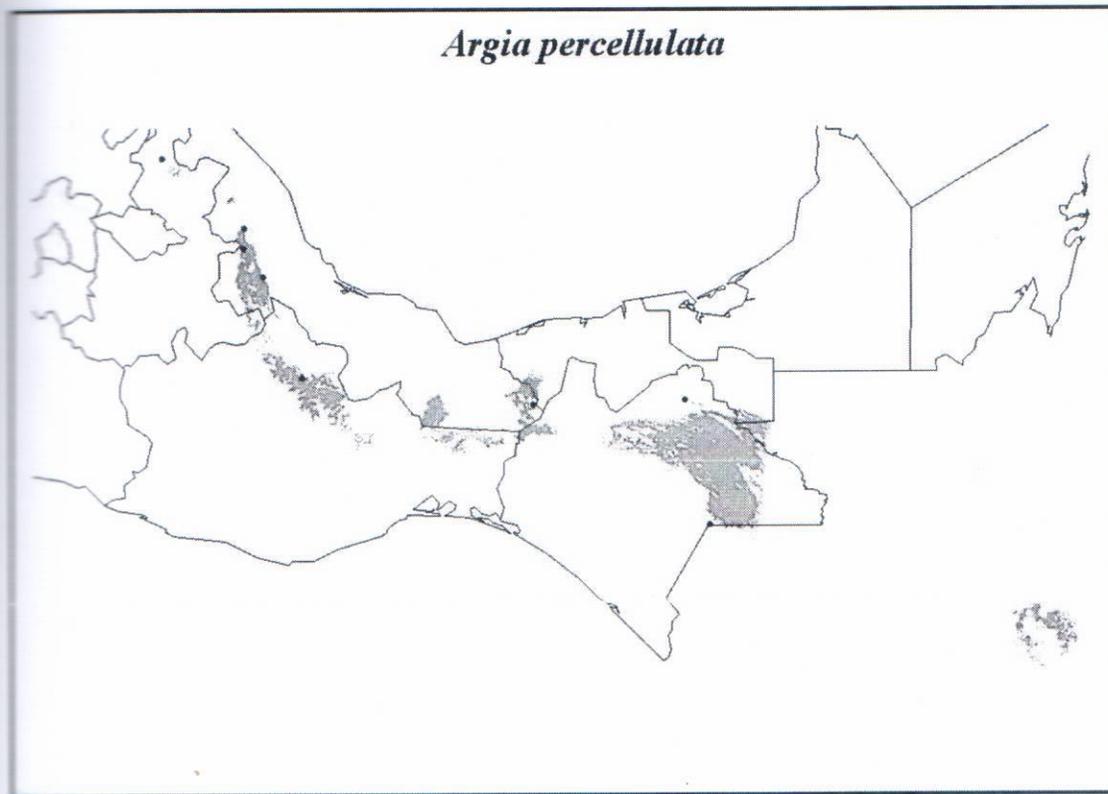


Figura 22. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Argia percellulata*.

*Argia westfalli* Garrison, 1996.

Para esta especie se georreferenciaron 13 localidades en los estados de Chiapas, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Fig. 23). Con base a la matriz de confusión el modelo de nicho ecológico BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 54,664 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

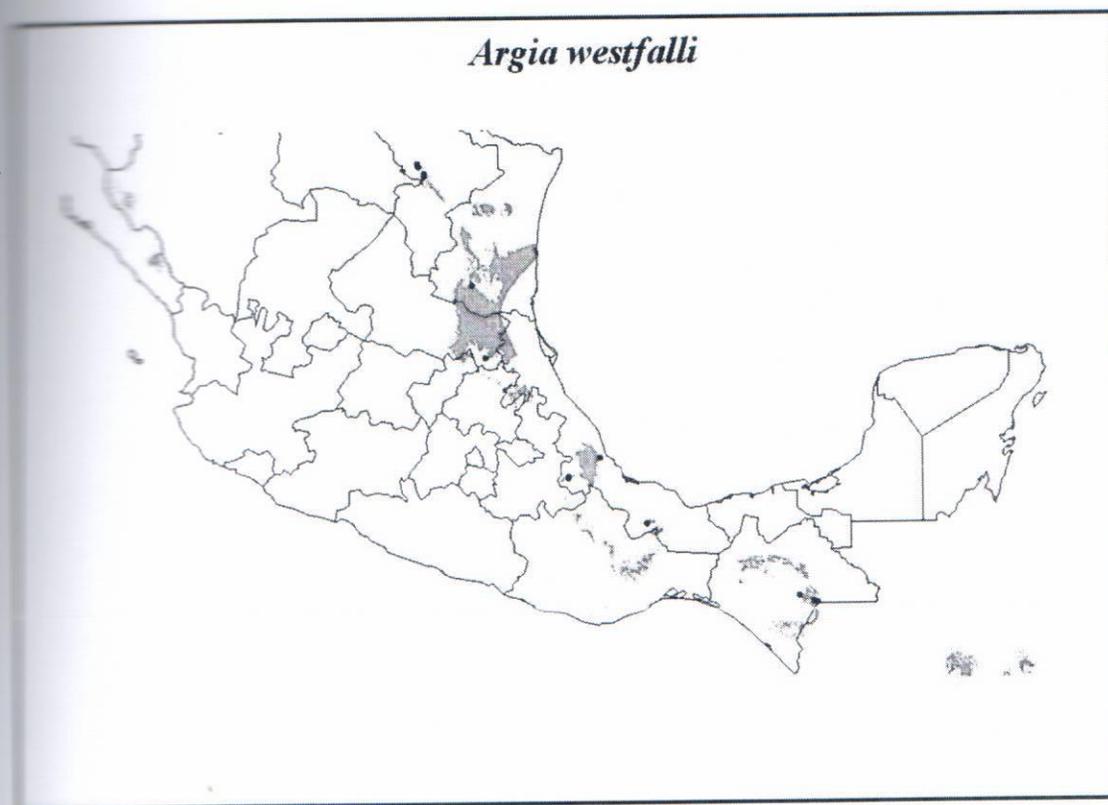


Figura 23. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Argia westfalli*.

*Neocythromma gladiolatum* Williamson & Williamson, 1930.

Para esta especie fue posible georreferenciar 10 localidades en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sonora (Fig. 24). Con base a la matriz de confusión, BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 16,766 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 9 y 10.

*Neoerythromma gladiolatum*

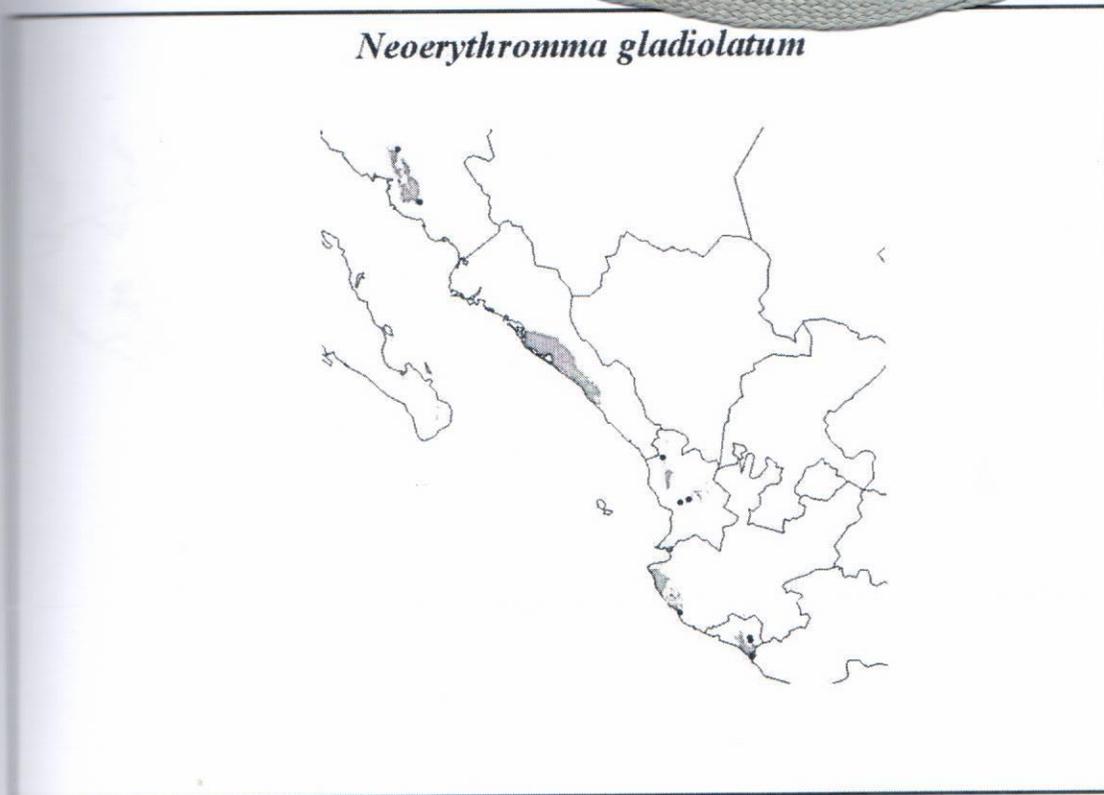


Figura 24. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Neoerythromma gladiolatum*.

**Mapas de distribución actual y potencial de las especies de Anisoptera**

*Oplonaeschna magna* González & Novelo, 1998.

Para esta especie se georreferenciaron 10 localidades de los estados de Guerrero, Hidalgo, Morelos y El Estado de México (Fig. 25). Con base a la matriz de confusión, BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 16,766 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

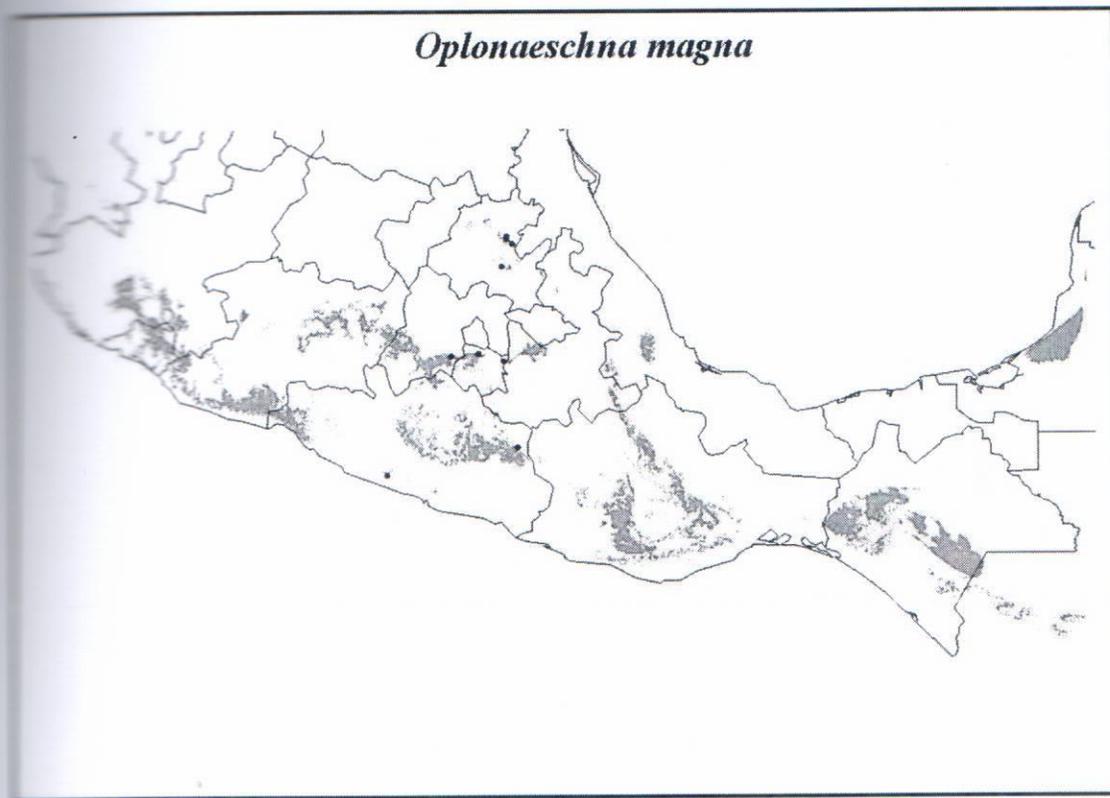


Figura 25. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Oplonaeschna magna*.

*Erpetogomphus boa* Selys, 1859.

Para esta especie se georreferenciaron 9 localidades en el estado de Veracruz (Fig. 26). Con base a la matriz de confusión, BIOCLIM no omitió las localidades conocidas. El área potencial es de 687 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

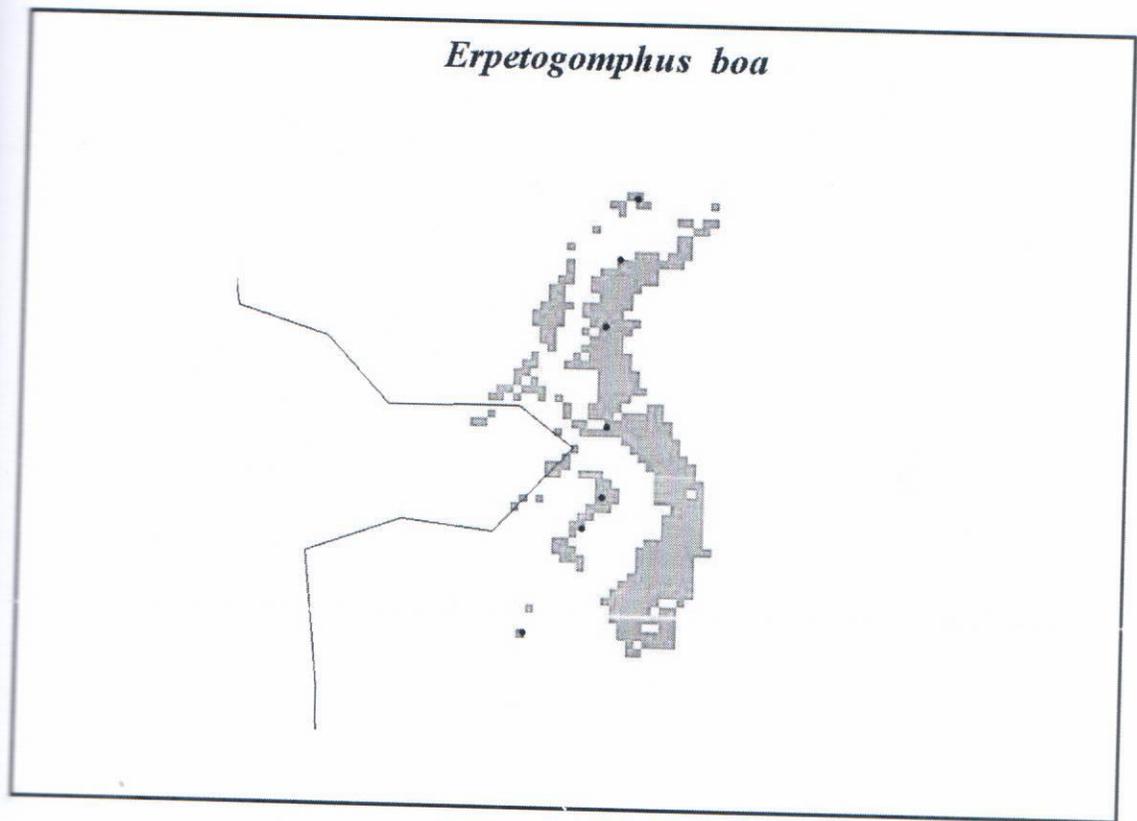


Figura 26. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Erpetogomphus boa*. Esta especie es endémica del estado de Veracruz, se observan los límites entre los estados de Puebla y Veracruz.

*Erpetogomphus liopeltis* Garrison, 1994.

Para esta especie fue posible georreferenciar 13 localidades en los estados de Hidalgo, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí (Fig. 27). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 98,938 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

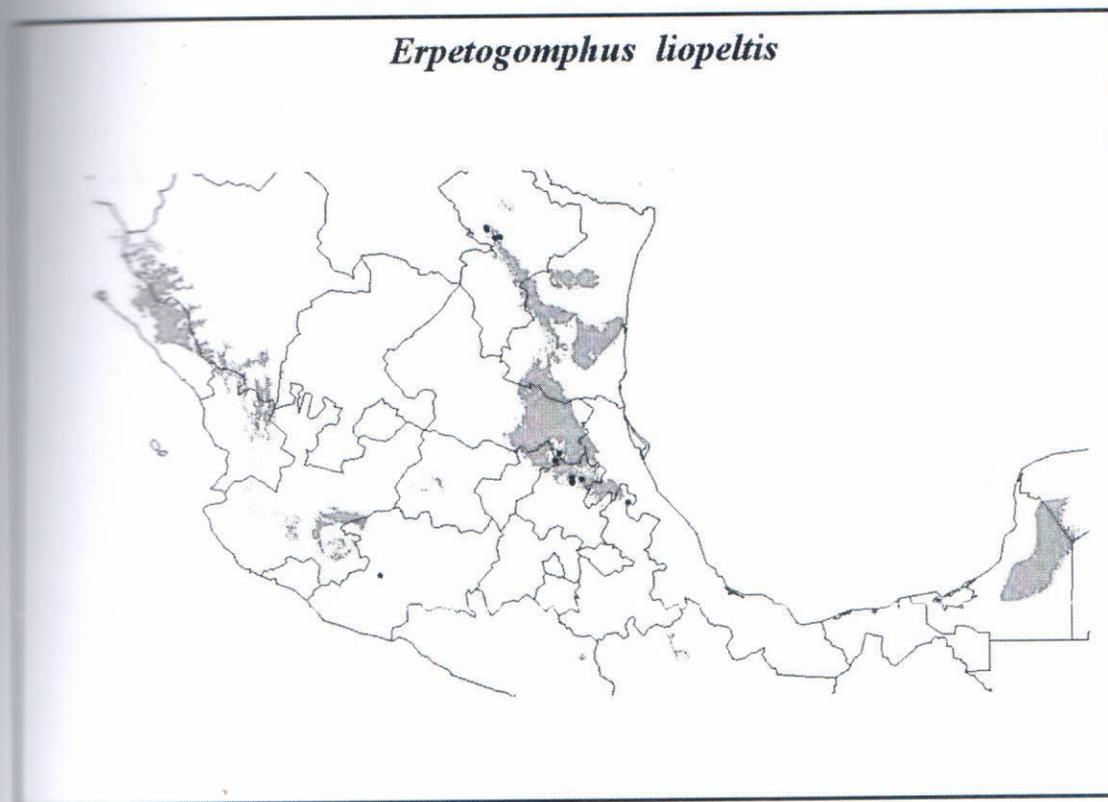


Figura 27. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Erpetogomphus liopeltis*.

*Erpetogomphus cophias* Selys, 1858.

Para esta especie fue posible georreferenciar 7 localidades en los estados de Guerrero, Michoacán, Morelos y el Estado de México (Fig. 28). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 2,735 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

*Erpetogomphus cophias*

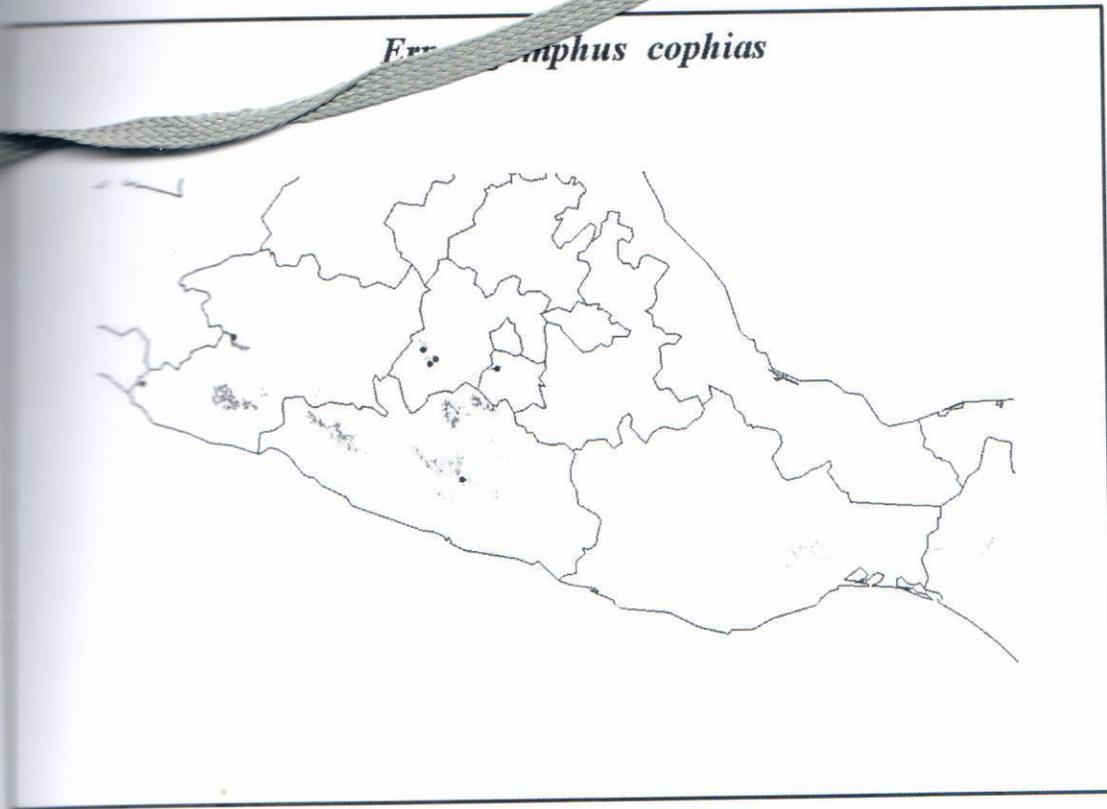


Figura 28. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Erpetogomphus cophias*.

*Erpetogomphus sipedon* Calvert, 1905.

Para esta especie se georreferenciaron 9 localidades en los estados de Durango, Morelos, Puebla y Nayarit (Fig. 29). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 10,403 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

*Erpetogomphus sipedon*

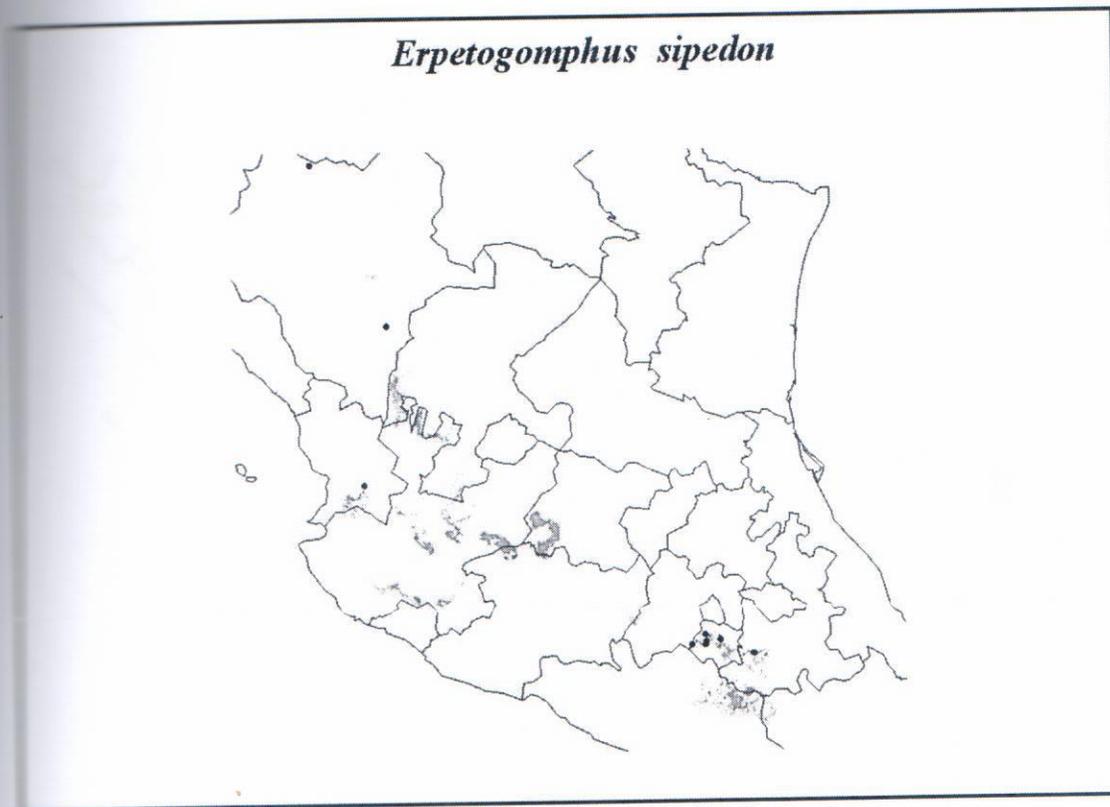


Figura 29. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Erpetogomphus sipedon*.

*Erpetogomphus viperinus* Selys, 1868.

Para esta especie fue posible georreferenciar 21 localidades en los estados de Puebla y Veracruz (Fig. 30). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 21,854 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

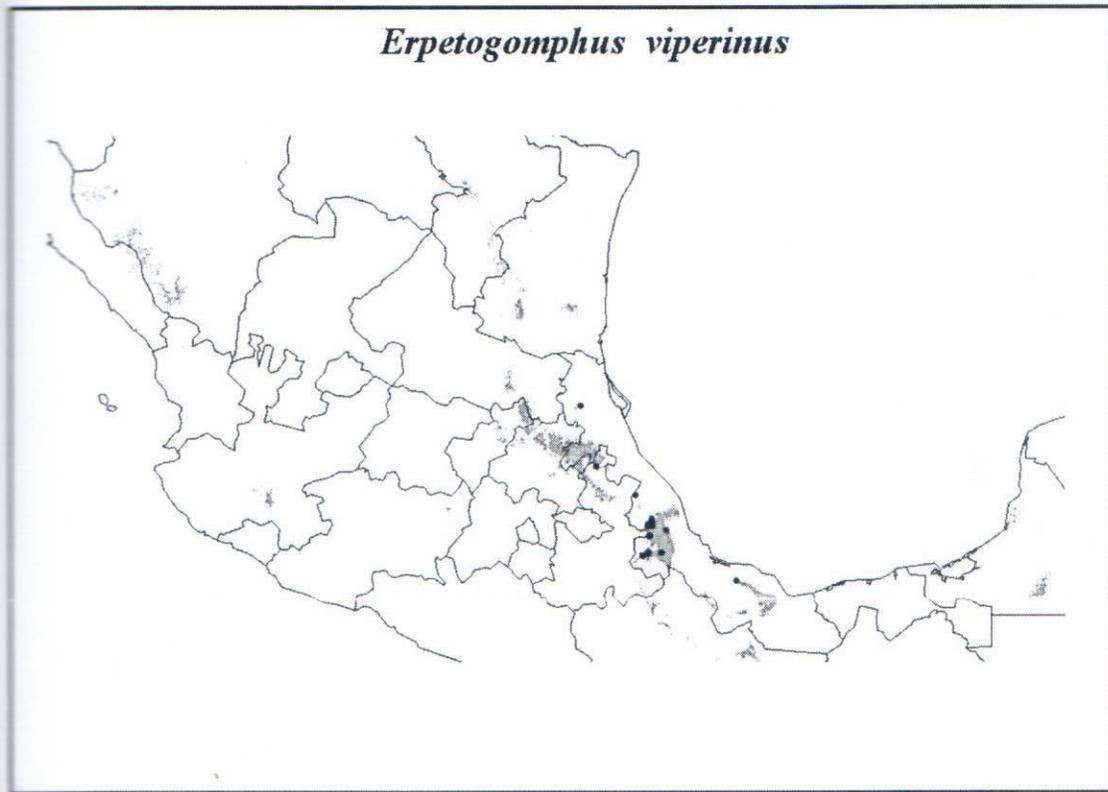


Figura 30. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Erpetogomphus viperinus*.

*Phyllogomphoides apiculatus* Cook & González, 1990.

Para esta especie se georreferenciaron 15 localidades en los estados de Guerrero, Michoacán, Morelos y Nayarit (Fig. 31). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 19,720 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

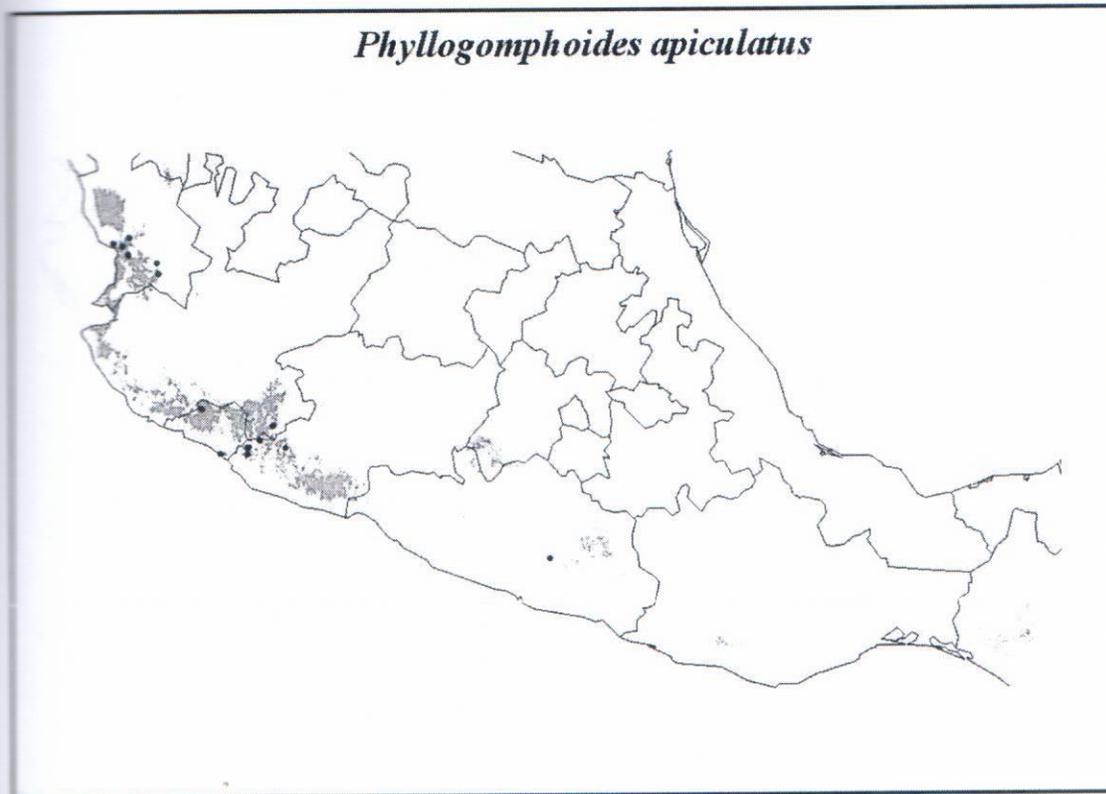


Figura 31. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Phyllogomphoides apiculatus*.

*Phyllogomphoides luisi* González & Novelo, 1990.

Para esta especie fue posible georreferenciar 16 localidades en los estados de Colima, Estado de México, Jalisco, Michoacán y Morelos (Fig. 32). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 47,510 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

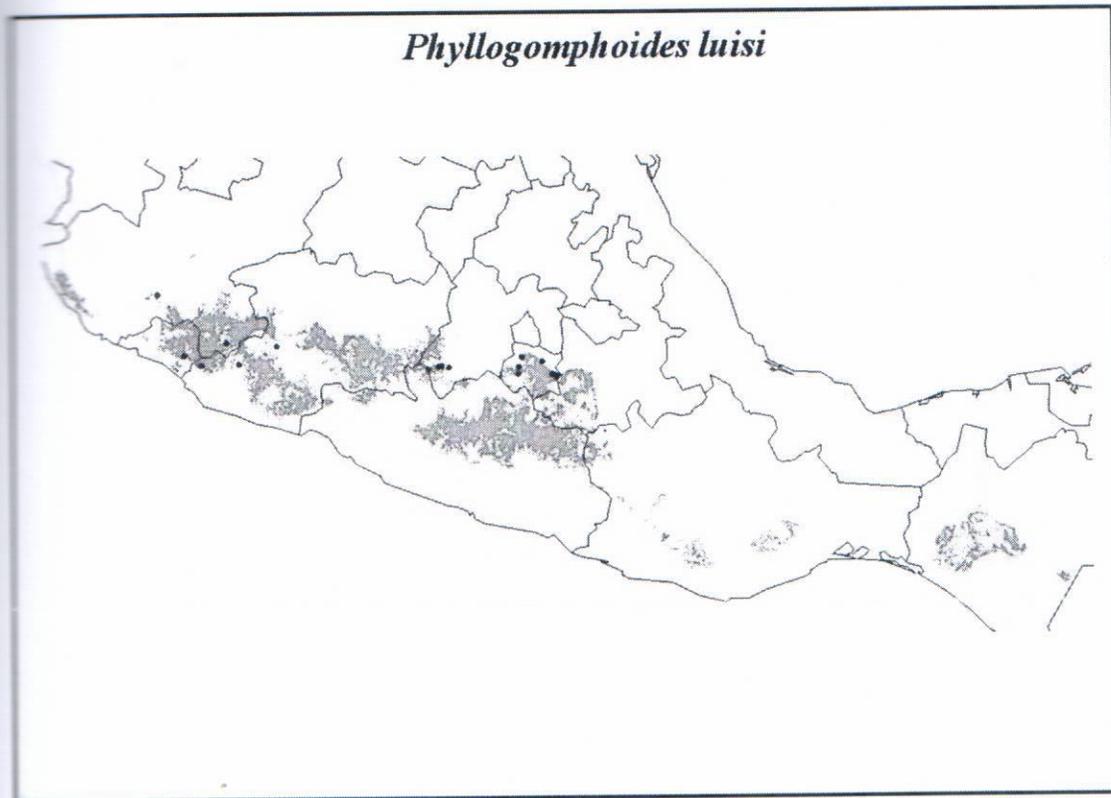


Figura 32. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Phyllogomphoides luisi*.

*Phyllogomphoides pacificus* (Selys, 1873).

Para esta especie se georreferenciaron 44 localidades en los estados de Chiapas, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit y Sonora (Fig. 33). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 197,622 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

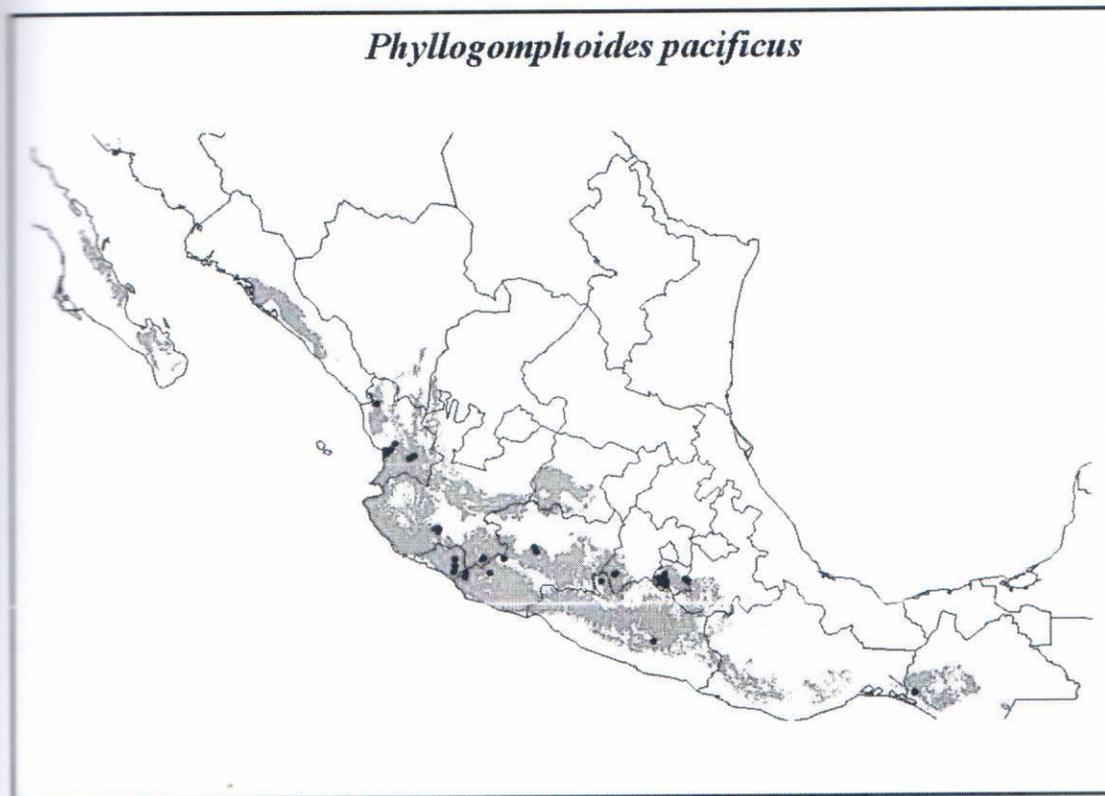


Figura 33. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Phyllogomphoides pacificus*.

*Phyllogomphoides nayaritensis* Belle, 1987.

Para esta especie fue posible georreferenciar 8 localidades de los estados de Nayarit y Sonora (Fig. 34). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 55,569 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

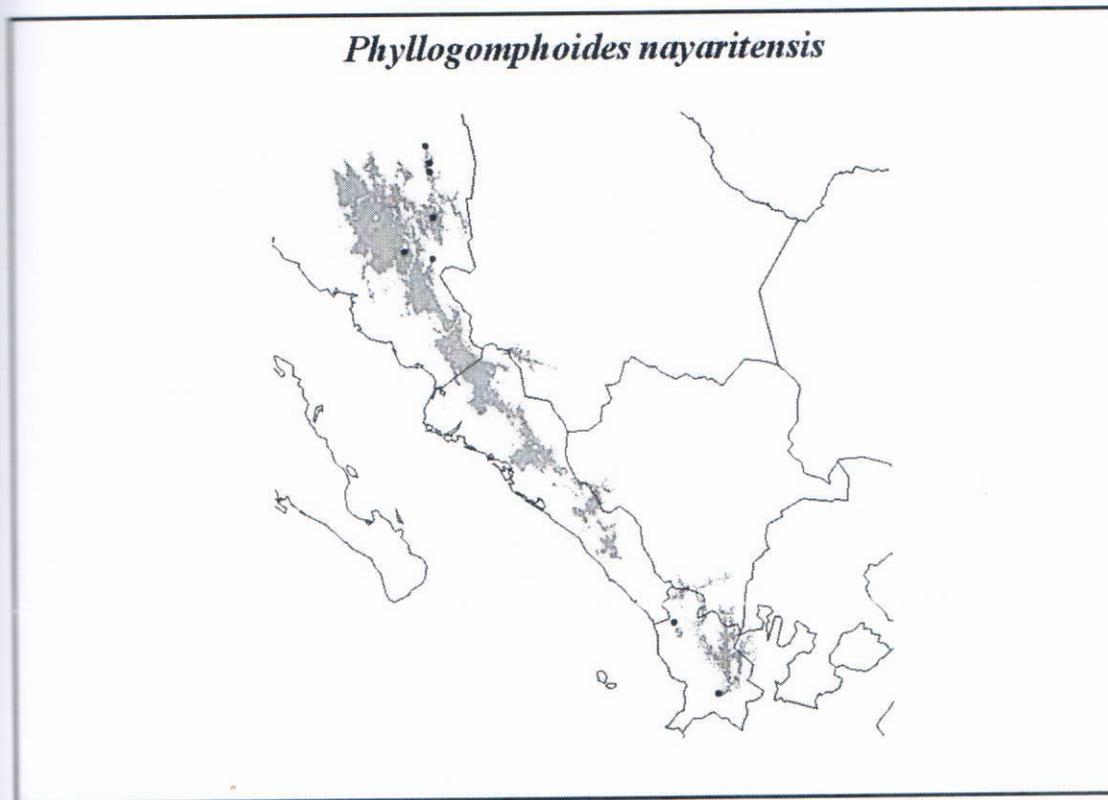


Figura 34. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Phyllogomphoides nayaritensis*.

*Progomphus belyshevi* Belle, 1991.

Para esta especie se georreferenciaron 12 localidades en los estados de Jalisco, Morelos, Sonora y el Estado de México (Fig. 35). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 37,364 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

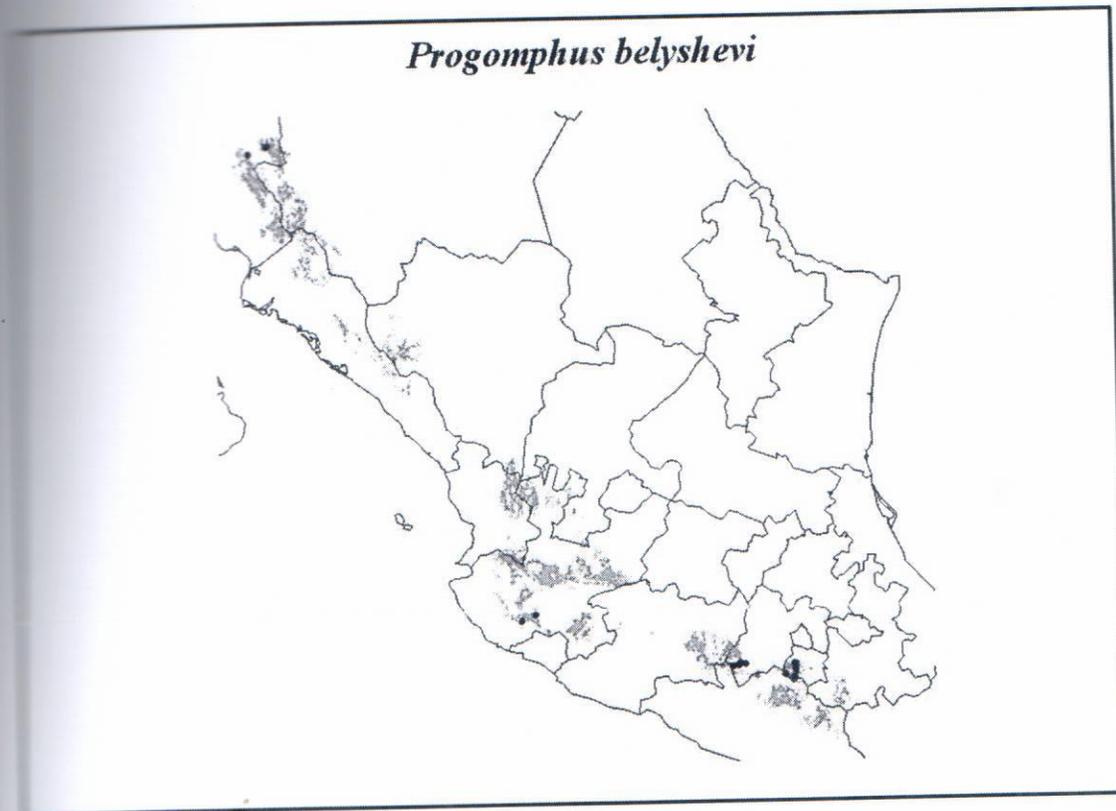


Figura 35. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Progomphus belyshevi*.

*Brechmorhoga latialata* González, 1999.

Para esta especie fue posible georreferenciar 6 localidades en los estados de Veracruz e Hidalgo (Fig. 35). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 544 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

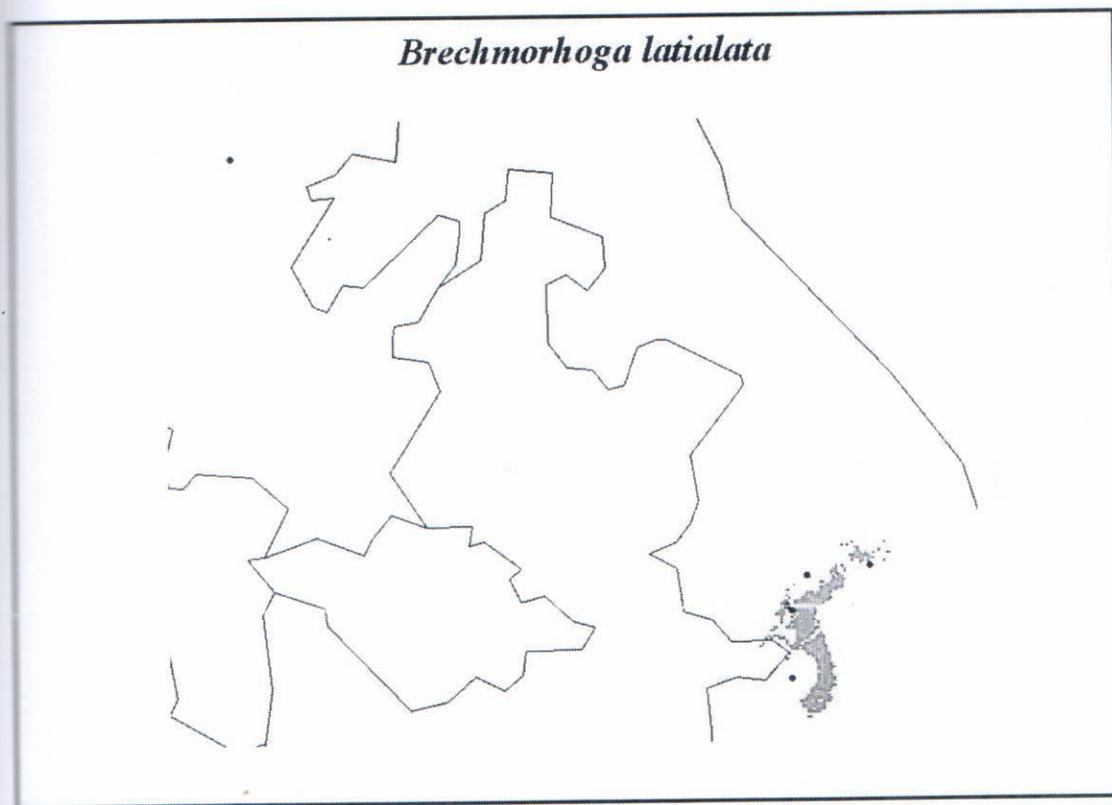


Figura 36. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Brechmorhoga latialata*.

*Macrothemis ultima* González, 1992.

Para esta especie se georreferenciaron 6 localidades de los estados de Michoacán, Sonora, Nayarit y Veracruz (Fig. 37). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió ninguna de las localidades conocidas. El área potencial es de 86,481 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

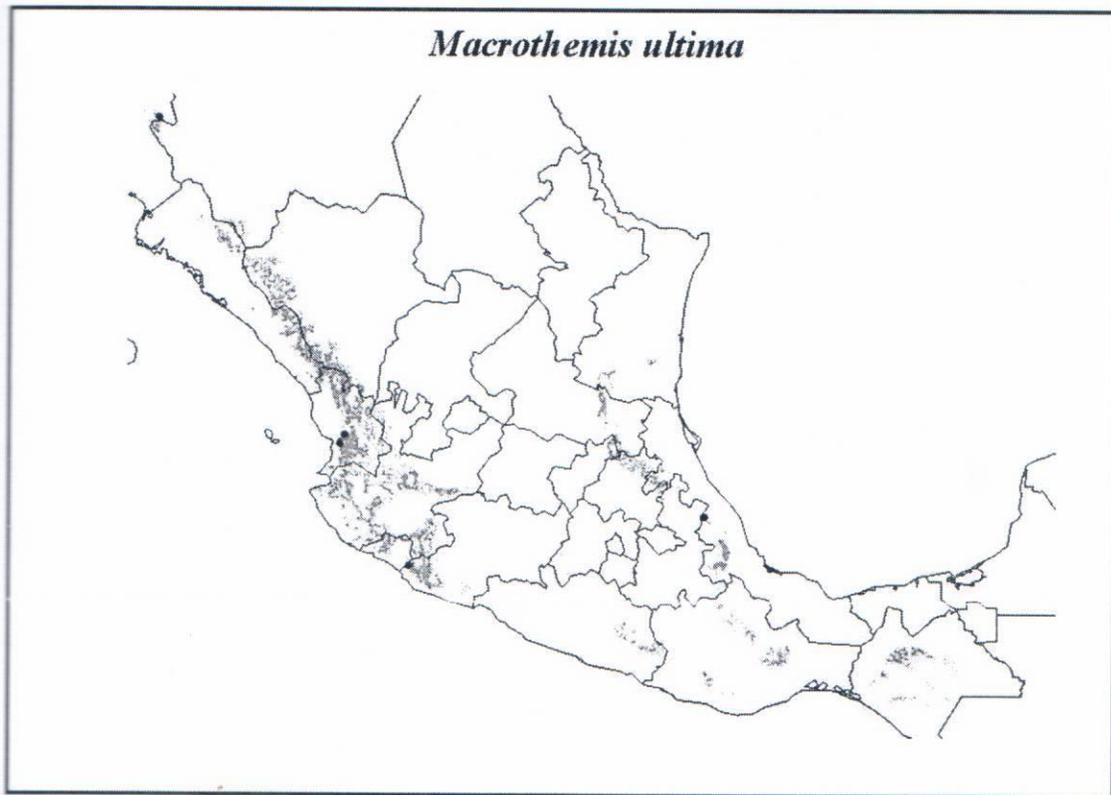


Figura 37. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Macrothemis ultima*.

*Paltothemis cyanosoma* Garrison, 1982.

Para esta especie fue posible georreferenciar 10 localidades en los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán y Nayarit (Fig. 38). Con base a la matriz de confusión BIOCLIM no omitió las localidades conocidas. El área potencial es de 8,512 km<sup>2</sup>. El perfil bioclimático de esta especie se ilustra en las Tablas 11 y 12.

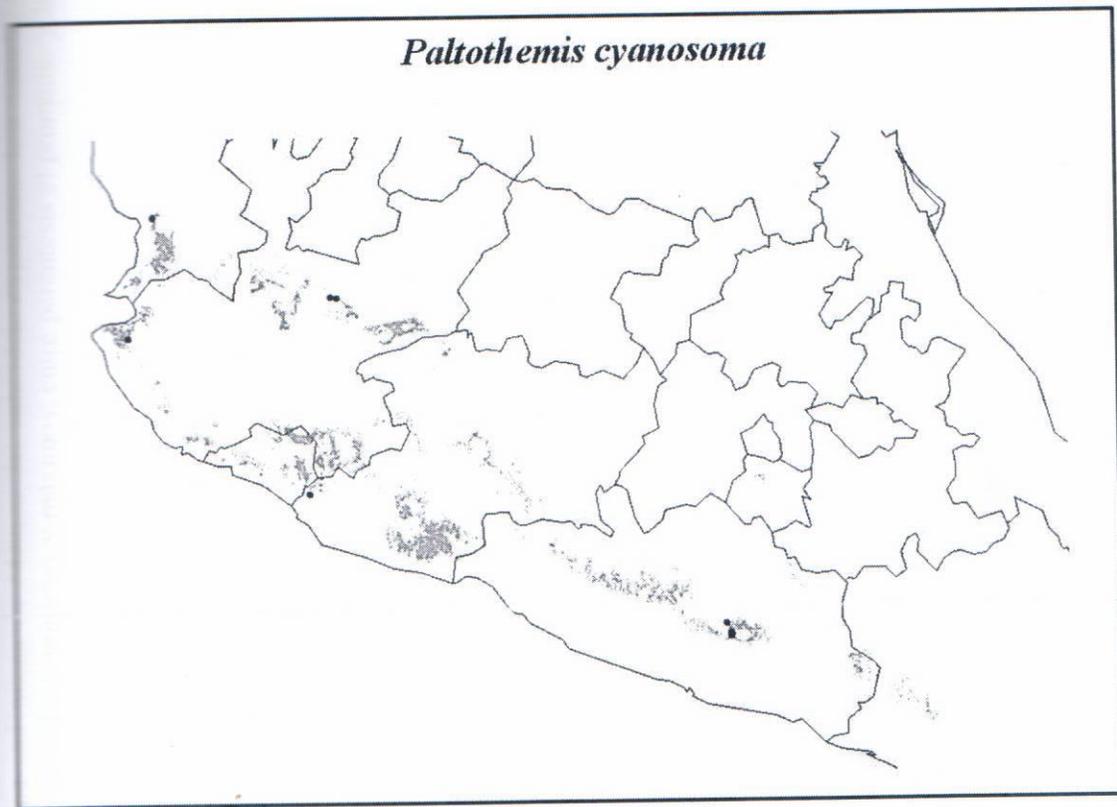


Figura 38. Distribución actual (puntos negros) y potencial (área coloreada) de *Paltothemis cyanosoma*.

Tabla 9. Perfiles bioclimáticos (temperatura) de las especies endémicas de México del suborden Zygoptera. Las variables corresponden a las mencionadas en el cuadro 1. Se muestran los valores mínimos y máximos; entre paréntesis el promedio y la desviación estándar.

	Bio 1	Bio 2	Bio 3	Bio 4	Bio 5	Bio 6	Bio 7	Bio 8	Bio 9	Bio 10	Bio 11
<i>Amphiperyx agritoides</i>	16.6-23.8 (20.5±2.6)	9.5-13.9 (11.97±1.5)	0.59-0.67 (0.6±0.04)	15.4-33.5 (24.4±7.1)	25.7-34.7 (30±3.4)	7.5-14.4 (10.3±1.9)	16.1-23.3 (19.7±2.7)	17.1-26.6 (22.2±3)	15.5-23.5 (18.4±2.1)	18.5-27.3 (23.1±6.8)	14.4-21.2 (17±1)
<i>Archilestes regalis</i>	19.4-25.2 (22.6±2.3)	9.8-14.6 (12.9±1.6)	0.52-0.62 (0.57±0.03)	22.4-35.9 (31.2±4.6)	29.5-35.7 (33±2.4)	7.1-14.4 (10.9±2.5)	18-24.2 (22.1±2.2)	21.4-28.2 (25±2.7)	15.5-21.5 (18.7±2.2)	22.2-28.8 (25.8±2.7)	15.5-20 (18.1±1.8)
<i>Paraphlebia hialina</i>	16.6-26.1 (21.2±3.3)	9.5-12.2 (10.9±1.1)	0.56-0.67 (0.6±0.04)	15.4-24 (19.7±2.6)	25.7-34.7 (30±3.4)	7.5-18.1 (12.5±3.6)	16.1-18.3 (17.5±7.8)	17.1-27 (22.4±3.4)	16.1-25.6 (19.9±3.9)	18.5-28.5 (23.4±3.5)	14.4-23.1 (18.4±3.1)
<i>P. zoe</i>	14.4-23.7 (19.2±2.8)	9.9-16.3 (12.7±1.7)	0.51-0.7 (0.6±0.03)	17.5-33.7 (25.4±4.8)	25.3-33.3 (29.2±2.8)	2.4-13.7 (8.5±3.1)	17-23.9 (20±2.3)	15.8-26.7 (21.1±3.3)	11.8-22 (16.8±2.5)	16.3-27.2 (22±3.2)	11.7-19.5 (15.6±2.3)
<i>Palaeomma paulicoba</i>	21.1-25.6 (23.5±1.5)	10.1-13.1 (12±1.1)	0.53-0.64 (0.5±0.04)	20.8-36.8 (32±8.1)	3-35.8 (33.5±1.5)	7.3-16.5 (12.2±2.6)	1.6-27.2 (21.3±3)	22.5-28.3 (26.1±1.6)	14.7-22.9 (20.1±2.1)	23.2-29 (26.8±1.5)	14.7-22.2 (19±2)
<i>P. paulitaba</i>	18.1-26 (23.2±2.5)	8.3-11.6 (9.3±1)	0.56-0.64 (0.58±0.02)	18.3-23.1 (20.1±1.4)	26.5-35.5 (31.2±2.5)	9.6-17.4 (15.3±2.6)	14.6-17.8 (17.7±1)	19.4-27 (24.4±2.5)	16.2-25.5 (23.5±3.2)	20.1-28.1 (25.4±2.5)	15.5-23.1 (20.4±2.3)
<i>Protoneura rojiza</i>	18.6-28.9 (23.7±2.6)	12-14.9 (13.2±0.8)	0.65-0.73 (0.68±0.03)	10.6-19.6 (14.3±3.5)	27.6-40.3 (32.8±3.2)	9.3-17.5 (13.7±2.5)	17.4-22.8 (19±1.4)	19.2-29.9 (24.4±2.7)	17.2-28.9 (22.9±3.2)	20.6-31.2 (25.3±2.7)	16.2-23.8 (21.7±2.8)
<i>Argia garrisoni</i>	21.5-25.2 (23.6±1.2)	11.6-13.9 (12.6±0.7)	0.48-0.58 (0.52±0.02)	32.7-50.4 (38.7±5.5)	33.2-35.8 (34.5±0.9)	7.3-12.9 (10.9±1.8)	22.4-27.6 (23.7±1.9)	25-28.3 (26.9±1.2)	14.7-21.4 (19.2±2.1)	25.8-29 (27.7±1)	14.7-20 (18.1±1.6)
<i>A. mayi</i>	20.4-26.5 (24.4±1.9)	13.6-17.5 (15±1.5)	0.65-0.73 (0.69±0.05)	7.5-21 (16±4.7)	33.3-38 (34.9±2.1)	8.3-17.4 (13.2±2.9)	16.5-25.9 (21.6±3.2)	21.6-27.7 (25.3±1.8)	19.4-26.2 (23.6±2.1)	22.4-28.4 (26.3±1.8)	17.6-25.3 (22.1±2.3)
<i>A. percellulata</i>	18.1-26.6 (22.3±3.1)	10.3-13.4 (11.4±1.1)	0.57-0.74 (0.62±0.05)	10.1-29.1 (20.7±5.3)	26.4-35.7 (31.4±3.5)	9.6-17.6 (13.2±3.2)	16.8-20.9 (18.2±1.3)	19.5-26.2 (23.7±3.1)	16.2-26.4 (20.9±3.8)	20-28.7 (24.5±3.4)	15.5-23.8 (19.4±3.9)
<i>A. westfalli</i>	18.6-25.6 (21.5±2.7)	10.6-14 (12.4±1)	0.47-0.75 (0.59±0.01)	10.1-52.3 (29.4±1.5)	28.1-35.7 (31.8±3)	6.3-16.2 (10.4±3.3)	17.8-27.8 (21.3±3.8)	19.4-29.3 (24±3.5)	14.7-24.7 (18.4±3.2)	20-29.3 (24.8±3.4)	13.5-22.2 (17.3±2.9)
<i>Neocerythromma gladiolatum</i>	24.7-26.8 (25.4±1.1)	11.9-15.5 (13.1±1.2)	0.52-0.73 (0.64±0.07)	16.4-54.5 (27.3±14.2)	32-38.8 (34.5±2.1)	9.5-16.3 (13.9±2.4)	17.6-29 (20.6±4.2)	25.8-32.5 (28.3±1.9)	22.9-25 (24±0.6)	26-32.5 (28.5±1.8)	17.6-24.5 (21.8±2.4)

Tabla 10. Perfiles bioclimáticos (precipitación) de las especies endémicas de México del suborden Zygoptera. Las variables corresponden a las mencionadas en el cuadro 1. Se muestran los valores mínimos y máximos; entre paréntesis el promedio y la desviación estándar.

	Bio 12	Bio 13	Bio 14	Bio 15	Bio 16	Bio 17	Bio 18	Bio 19
<i>Amphipteryx agrioides</i>	1576 - 3576 (2096.4±28)	273 - 627 (396.4±109.6)	11 - 110 (54±18)	57 - 98 (70.1±12.8)	702 - 1738 (1008.9±326.1)	44 - 355 (174.6±88.1)	253 - 121 (601.2±264)	556 - 389 (220.6±102.7)
<i>Archilestes regalis</i>	1143 - 2198 (1612±399)	236 - 481 (346.3±92.4)	22 - 59 (38.4±11.5)	52 - 78 (73.1±8.1)	574 - 1065 (784.4±207.5)	76 - 184 (121.4±33.6)	413 - 77 (573.2±15)	76 - 184 (125.8±36)
<i>Paraphlebia hialina</i>	1270 - 2408 (1848.3±33.3)	273 - 529 (352.9±79.7)	11 - 50 (36.6±13)	66 - 98 (79.8±10.2)	702 - 1045 (971.2±203.3)	44 - 157 (118±37.4)	253 - 5 (429.6±)	56 - 222 (155.5±49.8)
<i>P. zoe</i>	534 - 2842 (1750.2±505)	91 - 538 (354.8±105.6)	6 - 87 (44.1±19.5)	43 - 89 (72.3±9.7)	253 - 1345 (849.4±251.9)	22 - 285 (142±60.6)	197 - (532.7±8)	22 - 350 (155.1±70.7)
<i>Palaeommema paulicoba</i>	703 - 2108 (1479.7±411.8)	137 - 420 (304±70.3)	11 - 79 (30.1±18)	43 - 109 (80.8±14.5)	380 - 1087 (768±19.5)	42 - 262 (100.6±57.2)	26 (53±161)	46 - 304 (110±66)
<i>P. paulitaba</i>	1404 - 3812 (2799.4±783)	336 - 597 (492.2±101.9)	13 - 130 (60.3±30.7)	46 - 77 (67.7±14.2)	866 - 1559 (1290.1±263.3)	44 - 422 (202.5±99.5)	1 - 947 (15.5±197)	58 - 756 (397.3±211.6)
<i>Protonetra rojiza</i>	684 - 2450 (1398.1±495)	153 - 453 (314.7±94.8)	1 - 43 (7.1±12.7)	75 - 116 (104.9±11.4)	438 - 1245 (884.1±262.1)	8 - 151 (29.2±43.2)	57 - 979 (13.4±218.4)	20 - 305 (68.6±83.6)
<i>Argia garrisoni</i>	836 - 2250 (1487±431.2)	170 - 486 (319±91.4)	17 - 60 (29±13.2)	71 - 88 (80±6.1)	346 - 1087 (757.6±223.3)	57 - 189 (93.6±39.3)	15 - 792 (130±156.8)	58 - 189 (98.2±39.2)
<i>A. mayi</i>	755 - 1527 (1041±284.5)	165 - 354 (237.2±70.1)	1 - 4 (2.25±0.886)	100 - 114 (105.8±4.8)	465 - 1020 (661.75±212.7)	12 - 19 (14.25±2.49)	21 - 573 (365.7±132.7)	12 - 57 (35±16.46)
<i>A. percellulata</i>	1563 - 4021 (2428.4±781.7)	291 - 809 (439.5±163.7)	32 - 74 (54.1±1.7)	55 - 79 (69.2±9.9)	806 - 2050 (1174.1±403.3)	139 - 263 (184.9±58.1)	444 - 949 (624.7±194.5)	108 - 500 (268.7±147)
<i>A. westfalli</i>	515 - 2192 (1387.8±583.3)	136 - 401 (282.2±90.7)	10 - 42 (23.1±11.2)	66 - 105 (82.1±9.5)	280 - 1090 (717.4±290.3)	35 - 149 (80.8±41)	204 - 797 (560.4±275.6)	36 - 264 (101.4±69.3)
<i>Neocythromma gladiolatum</i>	194 - 1476 (933.4±434.6)	54 - 395 (251.7±120.6)	0 - 3 (1.7±0.9)	103 - 126 (113.9±7.5)	285 - 1113 (677.3±348.3)	3 - 13 (10.8±4.2)	134 - 893 (307.1±47.8)	19 - 68 (42±19.4)

<i>Macrothemis ultima</i>	17.4-25.1 (21.6±3)	10-16.4 (12.6±2.1)	0.54-0.71 (0.6±0.07)	13.4-45.1 (27±10)	27.8-35.7 (31.4±2.7)	2.5-15 (10.6±4)	17.9-29.4 (20.8±4.1)	21-28.2 (24.1±2.6)	16.5-23.6 (20.4±2.6)	21.7-28.8 (24.5±2.5)	11.6-23 (17.9±3.8)
<i>Paltothemis cyanosoma</i>	19.7-24.9 (22.5±1.7)	12.8-16.6 (14.2±1.2)	0.63-0.72 (0.69±0.03)	11.8-24.7 (16.5±5.5)	30.4-33.7 (32.5±0.9)	6.7-15 (11.8±3)	17.9-26.2 (20.6±2.9)	21.8-26 (23.6±1.2)	19.1-24.6 (22±2.1)	22.5-26.3 (24.5±1.2)	16.1-23 (20.2±2.4)

Tabla 12. Perfiles bioclimáticos (precipitación) de las especies endémicas de México del suborden Anisoptera. Las variables corresponden a las mencionadas en el cuadro 1. Se muestran los valores mínimos y máximos; entre paréntesis el promedio y la desviación estándar.

	Bio 12	Bio 13	Bio 14	Bio 15	Bio 16	Bio 17	Bio 18	Bio 19
<i>Oplonaeschna magna</i>	779 - 1486 (1117.3±253.3)	159 - 365 (249.6±72.9)	2 - 28 (11.9±10.3)	79 - 105 (92±10.2)	447 - 770 (629.6±115)	11 - 99 (45.4±35.5)	248 - 378 (307.1±47.8)	18 - 153 (69.5±54.4)
<i>Erpetogomphus boa</i>	1058 - 1950 (1715.3±2290)	255 - 369 (330.3±37.1)	22 - 59 (38.4±15.8)	65 - 104 (79.5±13.5)	672 - 1002 (869.2±126.5)	39 - 163 (120.8±46.2)	473 - 677 (559±62.6)	46 - 170 (127.8±44)
<i>E. floppelis</i>	515 - 2198 (1323±596.5)	136 - 481 (284.6±116.7)	2 - 59 (30.7±19)	64 - 111 (78±11.8)	280 - 1065 (659.2±270)	7 - 184 (98.3±57.8)	204 - 802 (481.8±236)	19 - 184 (101.3±57.7)
<i>E. caphias</i>	818 - 1429 (1184.5±225.5)	221 - 348 (264.5±56.2)	1 - 6 (4.42±1.9)	96 - 111 (102.7±4.8)	537 - 937 (738±148.5)	8 - 30 (20.7±8)	81 - 309 (231.4±101.9)	29 - 33 (31.42±1.6)
<i>E. sipedon</i>	441 - 1057 (822.8±217.9)	112 - 2173 (189.4±49.1)	2 - 4 (3.1±0.7)	102 - 115 (106±4.4)	303 - 698 (514.4±130.8)	13 - 21 (17.1±3.4)	81 - 687 (285.8±165)	13 - 59 (30.7±12.1)
<i>E. viperinus</i>	670 - 2552 (1701.2±406)	126 - 419 (317±6.7)	6 - 53 (40.1±13.3)	65 - 89 (74.4±5.9)	342 - 1193 (831.7±212)	25 - 163 (127.9±38.1)	261 - 912 (486.7±143.8)	28 - 208 (139.9±41.7)
<i>Phyllogomphoides apiculatus</i>	819 - 1595 (1282 ±246.8)	205 - 465 (327.2±7.8)	1 - 4 (2.7±0.7)	103 - 128 (113.6±8.1)	536 - 1256 (900.3±226.9)	9 - 20 (14.3±3.6)	321 - 1256 (645.4±266.7)	21 - 58 (41.6±10.6)
<i>P. hui</i>	684 - 1353 (1017.4±212.9)	153 - 310 (228.7±49.5)	1 - 4 (2.5±0.8)	98 - 112 (105.8±4)	438 - 870 (643.4±149.4)	7 - 19 (13.5±3.6)	157 - 541 (330.3±111.5)	14 - 48 (30.7±9.5)
<i>P. pacificus</i>	198 - 1591 (1067.8±326.2)	62 - 443 (255±8.5)	1 - 6 (2.5±1.1)	98 - 126 (108.7±7.2)	138 - 1219 (705.2±235.8)	4 - 28 (13.7±5.5)	161 - 1219 (419.9±260.5)	17 - 68 (36±15.6)
<i>P. nayaritensis</i>	395 - 1332 (691±325.2)	114 - 364 (186.6±89.4)	1 - 6 (3.8±1.4)	86 - 121 (101.1±11.4)	245 - 1011 (462.3±266.1)	13 - 30 (23.8±6.4)	213 - 834 (381±201.9)	58 - 106 (85.2±17)
<i>Progomphus helyshevi</i>	696 - 1353 (1001.2±191.8)	185 - 296 (233.1±39.8)	1 - 7 (3.1±1.8)	98 - 112 (106.1±4.6)	448 - 870 (635.5±129.3)	11 - 30 (18.7±9)	244 - 580 (336±94.5)	19 - 122 (46±33.6)
<i>Brechmorhoga laticlata</i>	1001 - 1950 (1589.5±420.4)	256 - 354 (299±66.5)	22 - 53 (41.3±13.9)	65 - 77 (72.8±9.9)	520 - 981 (757.8±186.9)	76 - 162 (129.1±40.5)	417 - 553 (496.1±66.3)	76 - 171 (133.5±43.9)

<i>Macrothemis ulima</i>	818 - 2842 (1690.2±778.9)	199 - 521 (376.4±108.3)	1 - 87 (31.1±37.3)	57 - 119 (93.1±28.1)	537 - 1257 (931.7±245)	8 - 285 (106±118.1)	303 - 873 (685.7±206.7)	30 - 350 (152.7±132.7)
	818 - 1690 (1145.6±273.5)	199 - 430 (277.7±76.7)	1 - 5 (2.6±1.2)	105 - 116 (110.6±4.1)	537 - 1216 (772.8±208.4)	8 - 23 (16.4±4.2)	211 - 979 (384.9±281.9)	19 - 45 (32±10.6)
<i>Paltothemis cyanosoma</i>								

## DISCUSIÓN

Los métodos empleados para modelar la distribución potencial de especies han sido diversos, uno de ellos, el método BIOCLIM. Éste método ha tenido un amplio uso para modelar la distribución de diversos grupos biológicos (Lindenmayer DB *et al.* 1996; Sánchez-Cordero *et al.* 2001).

Hay varias opiniones en cuanto a la eficacia en la predicción de la distribución de BIOCLIM, por ejemplo, Peterson (2001) menciona que, generalmente BIOCLIM presenta errores altos de omisión y comisión. En opinión de Sánchez-Cordero *et al.* (2001) mencionan que en grupos biológicos donde la distribución geográfica depende estrechamente de los factores climáticos (temperatura y precipitación) BIOCLIM puede ser un método adecuado.

Villaseñor J. L y Téllez-Valdés (2004) determinaron la distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México mediante el uso de BIOCLIM, en opinión de los autores, BIOCLIM predice satisfactoriamente la distribución potencial de las especies.

Finch *et al.* (2006) por medio de BIOCLIM obtuvieron la distribución potencial de odonatos de Sudáfrica, los resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que el modelo represento patrones de distribuciones de poblaciones disyuntas y predijo acertadamente los rangos restringidos de especies con hábitats especializados. En opinión de los autores, los resultados generados, en un futuro pueden emplearse en estudios de diversidad y en estrategias de conservación, como el planeamiento de reservas ecológicas. En el presente trabajo, de manera general, BIOCLIM representó las distribuciones potenciales de manera adecuada, sin embargo, los resultados obtenidos deben ser interpretados de manera cuidadosa debido a que son sólo una aproximación, por lo que se sugiere corroboración de los resultados con estudios en campo.

Del listado de especies endémicas de odonatos de México propuesto por González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007) se removieron: *Argia carlcooki*, *A. harknessi*, *Enallagma eiseni* y *Telebasis incolumis* ya que estas especies fueron recientemente registradas para el sur de Estados Unidos de América (Bailowitz y Danforth 2007; Behrstock *et al.* 2004; Bledsoe 2007; Manolis *et al.* 2006), lo que las convierte por este motivo en especies cuasiendémicas,

es decir, especies que se encuentran en algún país vecino debido a la continuidad de los hábitat o sistemas orográficos.

De esta manera, y aún con la eliminación de las especies arriba mencionadas el número total de especies endémicas de México registradas en este trabajo fue de 49 a diferencia de las 46 que fueron reportadas en el trabajo de González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007).

Respecto a la distribución general de las especies endémicas de odonatos de México consideradas en este trabajo podemos sugerir que existen dos categorías en cuanto a los patrones que presentan: i) especies endémicas con una amplia distribución en el territorio nacional y ii) especies endémicas con una distribución restringida a México. Un ejemplo de la primer categoría es *Phyllogomphoides pacificus*, que ha sido registrada en nueve estados: Sonora, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Morelos, Estado de México y Chiapas (Fig. 32). Por el contrario *Erpetogomphus boa* tiene un ámbito de distribución limitado al estado de Veracruz (Fig. 25), donde aparentemente se encuentra restringido al bosque mesófilo de montaña.

Por otra parte, a nivel general, resulta interesante que el mayor número de especies endémicas pertenezcan a Anisoptera (30) y en menor número de especies endémicas en el suborden Zygoptera (19), situación contraria a lo que menciona Paulson (1982), en su opinión, los Zygoptera pueden mostrar de manera más clara los efectos de barrera, en general tienden ámbitos geográficos de distribución más restringidos. Tanto *Argia* como *Erpetogomphus* parecen ser géneros que tienen sus centros de origen en el territorio mexicano y ello podría explicar el número tan grande de endemismos en ambos (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

Por otro lado, el número de especies endémicas del suborden Zygoptera está repartido en seis familias: Amphipterygidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Platystictidae, Protoneuridae y la familia con una ligera predominancia de especies endémicas es Coenagrionidae. En el caso de Anisoptera sólo en tres familias están las especies endémicas: Aeshnidae, Libellulidae y Gomphidae, ésta última familia con el mayor número de especies endémicas que corresponde al 80% del total de las especies endémicas de éste suborden.

Son 21 los estados de la República Mexicana que albergan a más de una especie endémica: Baja California Sur (1), Campeche (1) Chiapas (7), Colima (6), Durango (1),

Estado de México (6), Guerrero (10), Hidalgo (9), Jalisco (7), Michoacán (14), Morelos (9), Nayarit (6), Nuevo León (4), Oaxaca (7), Puebla (7), Querétaro (2), San Luis Potosí (7), Sonora (5), Tamaulipas (2) y Veracruz (19) (Fig. 6).

A nivel nacional, Veracruz es el estado con mayor número de especies endémicas reportadas (Fig. 6); las especies endémicas a este estado son: *Lestes alfonsoi*, *Heteragrion azulum*, *Paraphlebia hyalina*, *Epigomphus donnellyi*, *E. sulcatystila*, *Erpetogomphus agkistrodon*, *E. boa*, *E. erici* y *E. viperinus* (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011), todas las especies antes mencionadas están dentro de alguna Región Hidrológica Prioritaria (Cuadro 8), de manera interesante *Heteragrion azulum*, *Epigomphus donnellyi* y *E. sulcatystila* sólo se encuentran en la Región Hidrológica Prioritaria de Los Tuxtlas. Estas especies están posiblemente asociadas a la Selva Alta Perennifolia del estado de Veracruz (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011).

A nivel de Provincias Biogeográficas, la mayor presencia de las especies endémicas consideradas en este trabajo correspondió a la provincia del Golfo de México con 21 especies endémicas, seguida por las provincias Sierra Madre Oriental y la provincia Costa del Pacífico con 19 especies endémicas en cada provincia (Cuadro 6). En comparación con los Aphodiinae (Coleoptera), en donde los lugares con mayor endemividad se distribuyen principalmente por el Sistema Volcánico Transversal, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y en menor grado, por la Sierra de Chiapas, zonas Norte y Sur de la Sierra Madre Oriental y Norte de la Sierra de California (Cabrero-Sañudo *et al.* 2010).

En otra perspectiva, los trópicos albergan el mayor número de especies de odonatos debido a la alta presencia de hábitats acuáticos en los bosques tropicales (Kalkman *et al.*, 2008), en el caso de las especies endémicas de México han sido reportadas en bosques tropicales lluviosos, bosques tropicales deciduos, bosques subtropicales y bosques mesófilos de montaña (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

Uno de los objetivos de las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) es el de conservar el patrimonio natural de México asegurando una adecuada cobertura y representatividad biológica así como mantener los procesos ecológicos en las áreas delimitadas como ANP's (CONANP 2011), así mismo en las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) (Pronatura-The Nature Conservancy 2007). Los registros de presencia de las especies endémicas consideradas

en este trabajo dentro de las ANP's fue del 37 % (Cuadro 7), cabe mencionar que en la ANP de nombre Los Tuxtlas están siete especies endémicas de odonatos: *Heteragrion azulum*, *Palaemnema paulitaba*, *Epigomphus donnellyi*, *E. flinti*, *E. paulsoni* y *E. sulcatystila*, especies endémicas consideradas de distribución restringida. En comparación con las RHP que son ríos, lagos, lagunas, confluencias de ríos y humedales de mayor importancia económica y ecológica (Pronatura-The Nature Conservancy 2007) se registró el 86% del total de las especies endémicas (Cuadro 8), esta coincidencia podría deberse a la estrecha asociación de los odonatos a los cuerpos de agua dulce.

### **Suborden Zygoptera**

Como se comentó anteriormente, la mayoría de las especies endémicas de este suborden pertenecen a la familia Coenagrionidae.

### Familia Amphipterygidae

Esta familia presenta una distribución reducida y su distribución actual es fragmentaria; el género hermano más cercano (*Devadatta*) habita en la región oriental mientras que en América el único representante de esta familia es *Amphipteryx* (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011).

### Género *Amphipteryx*

Los miembros de este género están asociados principalmente al bosque mesófilo de montaña, que es una comunidad vegetal muy rica en especies pero que se encuentra en mayor riesgo de desaparecer en México. Los adultos, por lo general se encuentran en pequeños arroyos sombreados dentro del bosque mesófilo de montaña y en densidades bajas (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

En este género se encuentra *Amphipteryx agrioides*, su distribución se registró dentro de las provincias: Golfo de México, Oaxaca, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre Oriental (cuadro 6). Se encuentra dentro de la Lista Roja bajo el estatus de *Datos Deficientes* (DD)

(IUCN 2010), pero se sugiere que esta especie debería ser considerada *En Peligro* (EN) debido a que su hábitat (el bosque mesófilo de montaña) está muy fragmentado y bajo presión por actividades humanas (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). González-García y Gómez de Silva Garza (2003) mencionan que también se ha considerado como especies de distribución restringida a aquellas que tienen áreas de distribución menores a 50 000 km<sup>2</sup>, para el caso de esta especie su distribución potencial es de 21 000 km<sup>2</sup>. Los registros de colecta están dentro de tres RHP (Tabla 8).

Es una especie cuyos adultos parecen tener una marcada estacionalidad y su reproducción es durante el verano.

Para el caso de *A. chiapensis* no fue posible obtener su distribución potencial debido a la escasez de datos de colecta, en cuanto a su distribución real se tomó en cuenta en la figura 5.

#### Familia Lestidae

Las tres especies endémicas de esta familia pertenecen al género *Archilestes* y *Lestes*.

#### Género *Archilestes*

Sigue el patrón de dispersión Neotropical (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007; González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Los adultos perchan en ramitas que sobresalen del agua o bien en la vegetación alrededor de los cuerpos de agua. La oviposición es endofítica y ocurre en los tallos herbáceos, en troncos o madera que está sobre el agua. Las larvas de muchas especies habitan en charcos, en agua estancada o en remansos de arroyos. (Garrison *et al.* 2010).

*A. regalis* es una especie endémica cuya distribución actual se registró en la provincia Sierra Madre Oriental y en la provincia Golfo de México. Habita en los bosques mesófilos y bosques lluviosos (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Algunas localidades de registro están en tres Regiones Hidrológicas Prioritarias (Cuadro 8).

### Género *Lestes*

Las especies *alfonsoi* y *simplex* no se tomaron en cuenta para obtener sus distribuciones potenciales por la falta de localidades de registro. Su distribución actual de ambas especies se reporta en la figura 5. Cabe mencionar que González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2011) reportan en su trabajo a *L. alfonsoi* como especie endémica del estado de Veracruz, esta especie se encontró en estanques localizados en sitios abiertos rodeados por bosque mesófilo de montaña. Es interesante señalar que las localidades de colecta para esta especie sólo se registraron en la Provincia Sierra Madre Oriental (Cuadro 6) y en la Región Hidrológica de nombre Río La Antigua (Tabla 8).

Por otro lado, *L. simplex* es una especie que solo se le conoce de los pocos ejemplares recolectados desde su descripción original y más recientemente de algunos ejemplares recolectados en el estado de Morelos (E. González-Soriano com pers). Su distribución actual se registró en la provincia Depresión del Balsas y en la provincia Sierra Madre del Sur (Tabla 6). La Región Hidrológica Prioritaria en la que está presente es la denominada Río Papagayo-Acapulco (Tabla 8).

### Familia Megapodigrionidae

Las tres especies endémicas de esta familia pertenecen a dos géneros: *Heteragrion* y *Paraphlebia*.

### Género *Heteragrion*

Para el caso de *Heteragrion azulum* no fue posible obtener su distribución potencial pero si la actual que se representa en conjunto con las demás localidades de las otras especies endémicas (Fig. 5). Su distribución se registró en la provincia del Golfo de México, en la ANP y en la RHP nombradas Los Tuxtlas. González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2011) registran a *H. azulum* como especie endémica del estado de Veracruz, y en especial, restringida a la región de los Tuxtlas, habita en arroyos sombreados dentro de la Selva Alta Perennifolia en donde coexiste con el común *H. alienum* (E. González-Soriano com pers). Desde su descripción original pocos ejemplares han sido vueltos a coleccionar a pesar de ser buscada en los Tuxtlas a

través de varios años. De esta manera es probable que esta especie sea buena candidata a ser considerada como *En Peligro* (EN) dentro de la categoría propuesta por la IUCN; el ecosistema en donde habita continua hasta la fecha siendo muy perturbado.

#### Género *Paraphlebia*

Es endémico de la Zona de Transición Mexicana (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Los adultos mantienen las alas cerradas cuando están en reposo; se les encuentra en escurrideros de agua localizados en sitios inclinados o en muros verticales. Los huevos son depositados en materia orgánica en descomposición, como hojarasca o madera (Garrison *et al.* 2010).

La distribución de *Paraphlebia hyalina* se registró en las provincias: Sierra Madre Oriental, Oaxaca, Golfo de México y Sierra Madre del Sur. Esta especie debe ser considerada *En Peligro* (EN) por la IUCN, debido a la baja densidad de sus poblaciones y también porque presenta una distribución muy fragmentada en sitios con bosque mesófilo de montaña de los estados de Veracruz y Oaxaca. El bosque mesófilo de montaña es un ecosistema muy frágil, que en la actualidad se encuentra en riesgo debido a la perturbación antropogénica (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007; González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Aunque ha sido buscada frecuentemente por años cerca de su localidad tipo (Xalapa), sólo una pequeña población actual ha sido descubierta cerca de la población de Fortín de las Flores (E. González-Soriano com pers).

Se registró a *P. zoe* en las provincias: Sierra Madre Oriental, Golfo de México y Sierra Madre del Sur. Esta especie habita en bosques mesófilos de montaña, está registrada en la Lista Roja con el estatus *Vulnerable* (VU) (IUCN 2010), a diferencia de la especie anterior, en los lugares que habita presenta una densidad poblacional alta por lo que es muy probable que deba ser considerada en otro grado de amenaza diferente al comentado en dicha lista (E. González-Soriano com pers).

## Familia Platystictidae

### Género *Palaemnema*

Este género es el único representante americano de la familia Platystictidae. Sigue el patrón de dispersión Neotropical *sensu* Halffer (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007; González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Las poblaciones de éste género tienen una distribución geográfica restringida. Los adultos son encontrados en lugares sombreados, generalmente a la orilla de pequeños arroyos en bosques tropicales húmedos y en bosques mesófilos de montaña; perchan en la vegetación a las orillas de los ríos. Las larvas viven debajo de gravas y rocas en áreas con flujo rápido del agua. Los adultos cuando emergen lo hacen en superficies verticales de rocas y por las mañanas (Garrison *et al.* 2010).

*Palaemnema paulicoba* se registró en las provincias: Tamaulipeca, Sierra Madre Oriental, Golfo de México y Oaxaca. González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007) comentan que habita en bosques tropicales lluviosos y mesófilo de montaña del estado de Veracruz. En este trabajo se tienen datos de colecta para otros estados que posiblemente sigan la presencia de éstos tipos de vegetación. Ésta especie se encuentra registrada en la Lista Roja en el estatus de *Menor Preocupación* (LC) (IUCN 2010).

*Palaemnema paulitaba* se encuentra en las provincias: Sierra Madre Oriental y Golfo de México. Se asocia a los bosques tropicales lluviosos de Veracruz y Chiapas (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). La especie está registrada en la Lista Roja con el estatus *Datos Deficientes* (DD) (IUCN 2010).

Para el caso *P. paulicaxa* su distribución se registró en la provincia Sierra Madre Oriental, Golfo de México y Oaxaca. No se obtuvo el mínimo de registros por lo que no se consideró para modelar sus distribuciones; sin embargo, cabe señalar que González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2011) mencionan que se cuenta sólo con la localidad tipo (Necaxa, en el estado de Puebla) y un segundo registro formal para Tlapacoyan, municipio del estado de Veracruz (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). La distribución de ésta especie se asocia al bosque mesófilo de montaña de los estados de Puebla y Veracruz (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). En este trabajo se obtuvieron tres localidades para el estado de Veracruz y una para Hidalgo pero aún así se requieren de más colectas sistemáticas.

## Familia Protoneuridae

### Género *Protoneura*

El género sigue el patrón de dispersión Neotropical (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007; González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Los miembros de este género habita en ríos y arroyos arenosos o fangosos en el interior de los bosques tropicales (Garrison *et al.* 2010).

*Protoneura rojiza* fue registrada en las provincias: Costa de Pacífico, Depresión del Balsas y Oaxaca. Es asociada a los sitios de vegetación en transición de bosque de pino-encino y bosque tropical seco en Jalisco, y con selva mediana en el estado de Colima (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Una característica notable de los miembros de esta especie, es que cuando se les encuentra, siempre se le ha colectado en posición de tándem. Nunca se han colectado a machos o hembras solitarias (E. González-Soriano com pers). En el presente trabajo se agregaron registros de colecta para los estados de Michoacán y Guerrero.

## Familia Coenagrionidae

Esta familia es la que posee un mayor número de endemismos a nivel mundial (Kalkman *et al.* 2008) lo que coincide con las especies mexicanas, ya que seis de las especies endémicas pertenecen a ésta familia y cuatro al género *Argia*.

### Género *Argia*

*Argia* es un género que sigue el patrón Neotropical con diferentes grados de penetración en la Zona de Transición Mexicana, probablemente por procesos de vicarianza (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). De las 110 especies conocidas 49 están en México. Los dos únicos representantes del subgénero primitivo *Hyponeura* (*A. funcki* y *A. lungens*) también están presentes en México, por lo que González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2007) proponen que México podría ser el centro de origen de éste género. Pritchard (1982) sugiere que para este género, América Central y América del Sur son centros importantes de especiación, razón por

la cual éste género contiene el mayor número de especies dentro de los Coenagrionidae de América (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

Muchas de las especies de éste género son residentes de hábitats loticos como arroyos y ríos (González-Valencia 2006), aunque algunas también están presentes en estanques y lagos. Las larvas viven debajo de piedras y sobre el sedimento. Los adultos perchan en rocas, troncos y ramitas cercanas a la superficie del agua. Las hembras ovipositan en masas de algas flotantes o en plantas acuáticas, generalmente la oviposición se lleva a cabo en tándem, algunos aspectos de su biología han sido estudiados en especies de América del Norte (Garrison *et al.* 2010).

Cuatro especies: *A. garrisoni*, *A. percellulata*, *A. westfalli* y *A. mayi* son endémicas de México. *Argia garrisoni*, su distribución se registro en las provincias: Tamaulipeca, Golfo de México y Sierra Madre Oriental. Está asociada a bosques húmedos (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Su estatus en la Lista Roja es de *Menor Preocupación* (LC) (IUCN 2010).

*A. percellulata* se registró en las provincias: Sierra Madre Oriental, Golfo de México y Los Altos de Chiapas. Esta especie se asocia a bosques tropicales y templados de los estados de Chiapas y Veracruz (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Se encuentra en la Lista Roja con el estatus *Datos Deficientes* (DD) (IUCN 2010).

*A. westfalli* se registró en las provincias: Tamaulipeca, Sierra Madre Oriental, Golfo de México, Oaxaca y Altos de Chiapas. Se asocia con bosques tropicales y subtropicales de la vertiente del Golfo de México (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

*A. mayi* se registró en las provincias: Eje Volcánico, Costa del Pacífico y Depresión del Balsas. Es una especie que fue determinada recientemente por González-Soriano (2012), en su trabajo presenta un mapa de distribución junto con *A. pocomana* (Fig. 39), una especie morfológicamente similar a *A. mayi*, ambas especies son consideradas alopátricas; de manera interesante, la distribución potencial generada para ésta especie muestra que existen las condiciones óptimas en la distribución de *A. mayi* (Fig. 21) para *A. pocomana* (Fig. 39).

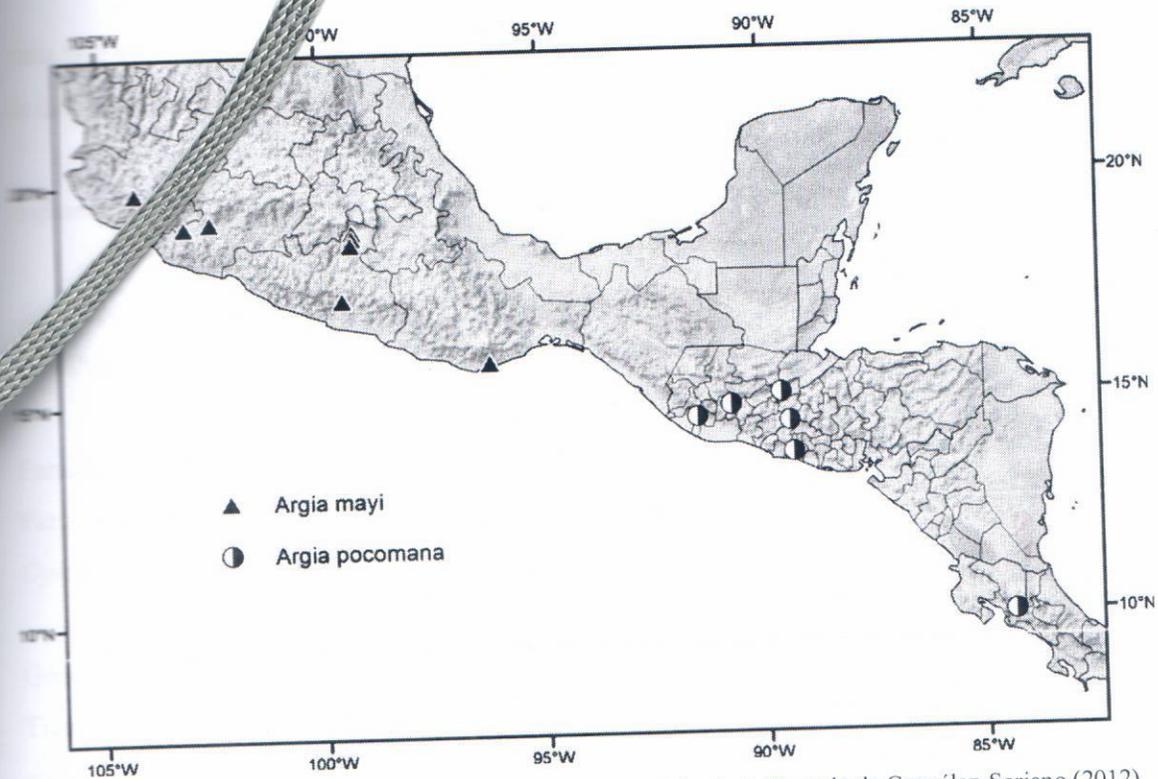


Figura 39. Distribución de *A. mayi* (triángulos) y *A. pocomana* (círculos). Tomado de González-Soriano (2012).

#### Género *Neoerythromma*

Este género sigue el patrón de dispersión Neotropical (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007; González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Los miembros de éste género se encuentran asociados a estanques y lagos con vegetación flotante o apenas sumergida y en el agua estancada a lo largo de los ríos, principalmente a lo largo de las zonas costeras del Golfo de México y Océano Pacífico. Los machos se posan en la vegetación flotante, comúnmente se les encuentran volando sobre la superficie del agua donde no hay vegetación, los machos no son territoriales; la oviposición se lleva a cabo en tándem, el macho y la hembra pueden sumergirse durante el proceso (Garrison *et al.* 2010).

*Neoerythromma gladiolatum* se registró en las provincias Sonorense y Costa del Pacífico; se le encuentra asociada a estanques y lagos en bajas altitudes a lo largo de las costas del Pacífico, en donde en ocasiones coexiste con su especie hermana *N. cultellatuma* la cual es

es rara en la Costa del Pacífico (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Su estatus en la Lista Roja con *Menor Preocupación* (LC) (IUCN, 2010).

### *Infraorden Anisoptera*

Las especies endémicas de Anisoptera pertenecen a tres familias: Aeshnidae, Gomphidae y Libellulidae.

#### Familia Aeshnidae

Para esta familia se registran tres especies endémicas pertenecientes a dos géneros: *Oplonaeschna* y *Rhionaeschna*.

#### Género *Oplonaeschna*

Tiene un patrón de distribución indeterminado (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011), aunque es probable que se haya originado en México (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Los miembros de este género habitan arroyos rocosos en sitios elevados con bosques de pino. Las larvas se encuentran en la vegetación de los ríos, adhiriéndose a la parte inferior de las rocas y se esconden entre la vegetación. Los adultos patrullan sobre la superficie del agua. La oviposición es en vegetación muerta y la hembra ovípara sin protección por parte de los machos (Garrison *et al.* 2006). Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género (Fig. 40).

*O. magna* se registro en las provincias: Sierra Madre Oriental, Altiplano Sur, Eje Volcánico, Depresión del Balsas y Costa del Pacífico, distribución que concuerda con la propuesta por Garrison *et al.* (2006). A esta especie se le encuentra asociada a pequeños arroyos de bosques templados y tropicales de los estados de México y Morelos (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).

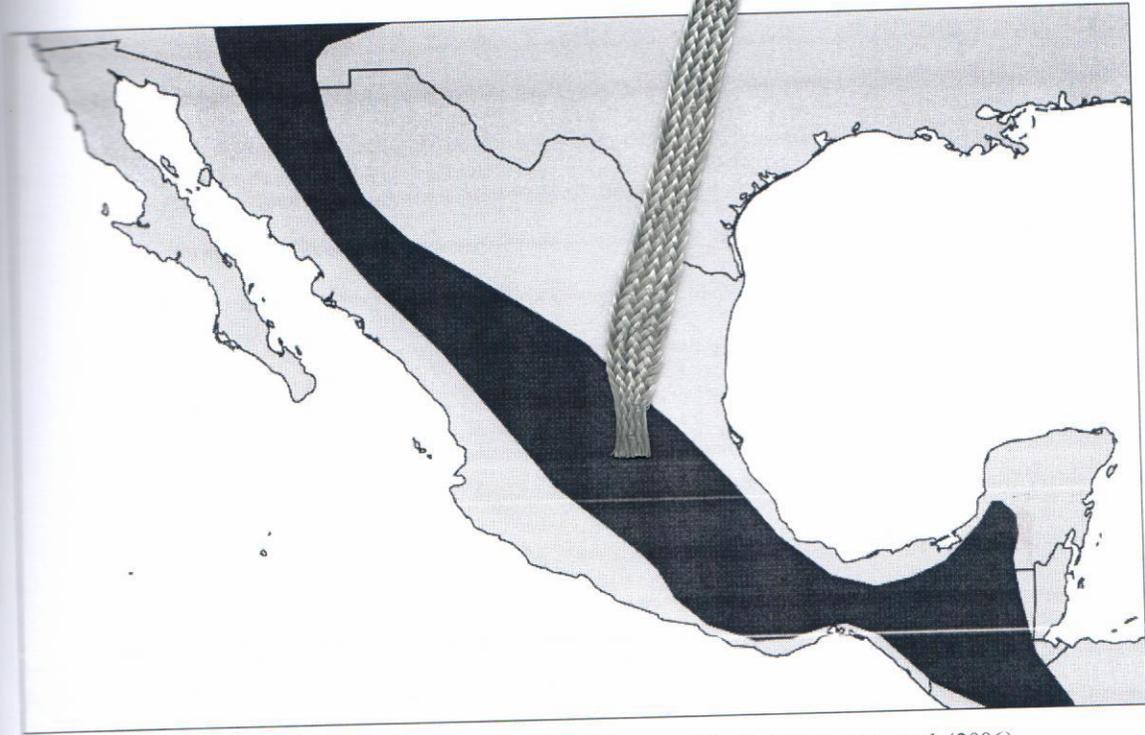


Figura 40. Distribución del género *Oplonaeschna* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

#### Género *Rhionaeschna*

El patrón de dispersión de este género es Neotropical (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011), y tiene con especies endémicas: *manni* y *vazquezae*, de éstas especies no se obtuvieron sus distribuciones por el escaso número de localidades. Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género (Fig. 41). En la figura se observa que la distribución de este género es en todo el territorio mexicano, posiblemente se deba a las otras especies de este género que están presentes en el país: *Rhionaeschna multicolor* y *R. psilus* (Paulson y González-Soriano 2011).



Figura 41. Distribución del género *Rhionaeschna* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

#### Familia Gomphidae

Es la familia que contiene el mayor número de especies endémicas dentro de los Anisoptera (24 especies) (Tabla 2) a pesar de tener mucho menos especies que los Libellulidae en México.

Una característica general de los miembros de la mayoría de las especies de este género es que habitan principalmente cuerpos de agua de tipo lótico (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011).

#### Género *Epigomphus*

*Epigomphus* es un género que tiene un patrón de dispersión indeterminado (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género (Fig. 42). Cuatro especies endémicas pertenecen a éste género: *crepidus*, *dannellyi*, *paulsoni* y *sulcatystila*, de las cuales no fue posible obtener sus distribuciones potenciales pero si la distribución actual; *E. crepidus* se registró en la provincia Costa del Pacífico, *E. dannellyi* se

se registró en la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México, *E. paulsoni* en las provincias del Golfo de México y la Costa del Pacífico.

Este género tiene típicamente periodos cortos de vuelo temprano en la temporada de lluvias, por lo que una restricción temporal se añade a una espacial, la documentación de su ocurrencia es bastante difícil (Paulson 2004).

Los adultos se observan en pequeños arroyos sombreados dentro del bosque tropical perennifolio. Las larvas se encuentran en el fondo de los arroyos, entre la materia orgánica, grava, barro y arena. Los adultos emergen por las mañanas, en sustratos firmes (Garrison *et al.* 2006).



Figura 42. Distribución del género *Epigomphus* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

#### Género *Erpetogomphus*

Para éste género se han reportado siete especies endémicas: *E. agkistrodon*, *E. boa*, *E. cophias*, *E. erici*, *E. liopeltis*, *E. sipedon* y *E. viperinus*; de las cuales *E. boa*, *E. erici* y *E. cophias* son endémicas del estado de Veracruz, todas ellas asociadas al bosque mesófilo de montaña (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Dos de las siete especies endémicas de este género sólo fue posible obtener la distribución actual de *E. agkistrodon* la cual se encuentra en las provincias Sierra Madre Oriental y Oaxaca. Para el caso de *E. erici* se registró en la provincia Sierra Madre Oriental y la provincia Golfo de México. Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género (Fig. 43). Los adultos de este género se encuentran cerca

de las orillas de arroyos y ríos, y algunas veces lejos del agua perchando en el suelo o en la vegetación cercana. Las larvas viven entre los sedimentos de grava, hojas, bancos de arena o barro de los ambientes lóticos (Garrison 1994; Garrison *et al.* 2006).

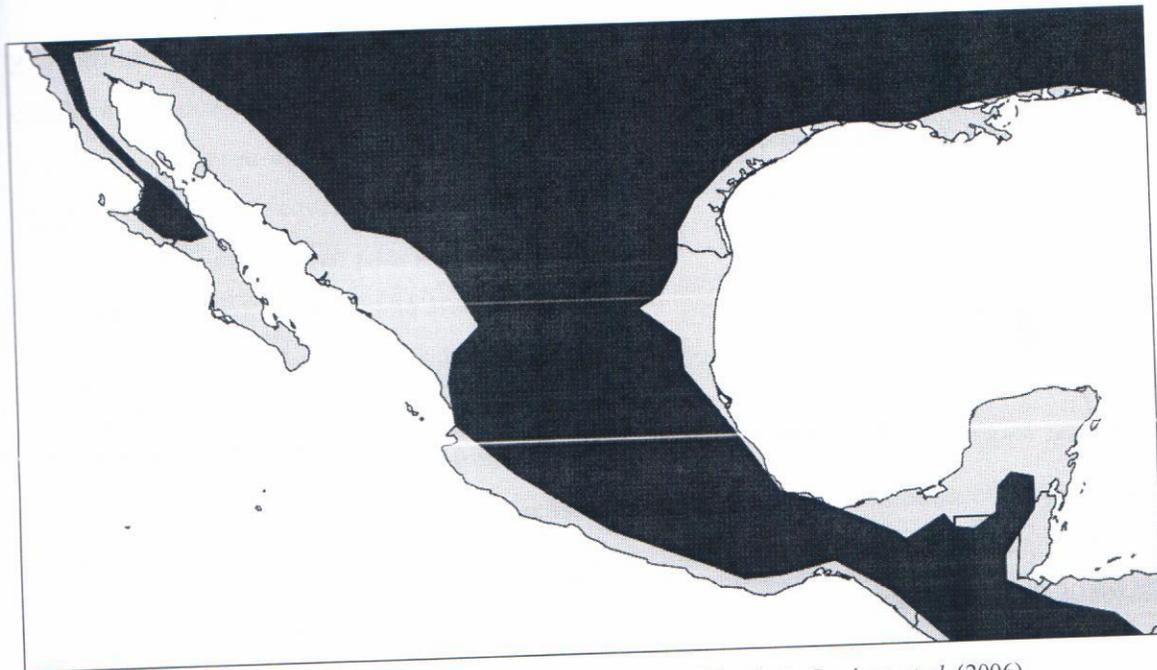


Figura 43. Distribución del género *Erpetogomphus* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

*E. boa* se registró en la provincia Sierra Madre Oriental y la provincia de Oaxaca. Esta especie habita en el bosque mesófilo de montaña; los adultos prefieren sitios pequeños con poca arena de los arroyos y que están cubiertos por árboles. La época reproductiva es en Julio. La cópula ocurre en sitios abiertos cercanos a los arroyos. La hembra oviposita volando sobre el agua suspendiéndose brevemente para soltar los huevos (Garrison 1994).

*E. liopeltis* es otra especie que se asocia al bosque mesófilo de montaña (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Su distribución fue reportada en cinco estados (Garrison, 1994) y en el presente trabajo se agregan Puebla y Querétaro, información obtenida de los ejemplares depositados en la Colección del Instituto de Xalapa A.C. Se encuentra en la Lista Roja con el estatus de *Menor Preocupación* (LC) (IUCN 2010).

*E. cophias* se asocia al bosque de niebla de los estados de Guerrero, Michoacán y Morelos (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). En este trabajo se agrega un estado

más en el cual hay dos localidades de registro de ésta especie en el Estado de México (Cuevas-Yáñez 2010). La etapa de vuelo es durante los meses de junio y julio, sin más información en cuanto a su biología (Garrison 1994).

*E. sipedon* se encuentra en las provincias: Sierra Madre Occidental, Costa del Pacífico y Depresión del Balsas. Se asocia a sitios tropicales y sitios con temperaturas como las del estado de Durango (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Los adultos se posan en vegetación herbácea cerca de los arroyos. Los datos de colecta se refieren a los meses de Mayo a Agosto. Sus requerimientos ecológicos específicos podrían restringir su distribución y posiblemente sea el motivo para ser considerada como una especie rara (Garrison 1994). Está en la Lista Roja, con el estatus de *Menor Preocupación* (LC) (IUCN 2010).

*E. viperinus* se registró en las provincias: Golfo de México, Sierra Madre Oriental y Oaxaca. Esta especie se socia al bosque mesófilo de montaña (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). Su distribución aparentemente es restringida al centro de Veracruz (Garrison 1994). La época de vuelo probablemente sea en los meses de junio a septiembre. Los teneralos y adultos vuelan a sitios donde la vegetación es abierta donde se alimentan de pequeñas moscas y mariposas. Su estatus en la Lista Roja es *Menor Preocupación* (LC) (IUCN 2010).

#### Género *Phyllogomphoides*

Este género sigue un patrón de dispersión Neotropical (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género (Fig. 44). Las larvas viven en arroyos y ríos en los bosques; se encuentran en cavidades fangosas. Los machos se posan en piedras o en la punta de las ramas de la vegetación. Las hembras visitan el agua sólo para la oviposición (Garrison *et al.* 2006). Cuatro de las seis especies endémicas pertenecientes a éste género fue posible obtener su distribución potencial: *P. apiculatus*, *P. luisi*, *P. pacificus* y *P. nayaritensis*.



Figura 44. Distribución del género *Phyllogomphoides* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

*P. apiculatus*, su distribución se encuentra en las provincias: Costa del Pacífico, Eje Volcánico y Depresión del Balsas. Su distribución ha sido reportada a los sitios de la costa Oeste de los estados de Jalisco y Nayarit (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). En el presente trabajo se agregaron localidades de los estados de Colima y Michoacán. Ésta especie se encuentra en la Lista Roja con el estatus de *Menor Preocupación* (LC) (IUCN 2010).

*P. luisi* se registró en las provincias: Costa del Pacífico, Eje Volcánico y Depresión del Balsas. La especie se asocia al bosque tropical caducifolio de los estados de Morelos y Jalisco (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007), fue posible obtener más registros de colecta para los estados de Colima, Michoacán y Estado de México.

*P. pacificus* es una especie de amplia distribución, se registró en las provincias: Sonorense, Costa del Pacífico, Eje Volcánico, Depresión del Balsas y Sierra Madre del Sur. Es una especie que se agregó al listado de las especies endémicas, posiblemente sea una especie asociada a la costa del pacífico.

*P. nayaritensis*, se registró en la provincia Sonorense y Costa del Pacífico. Se distribuye principalmente en sitios con bosque tropical caducifolio: Su límite norte ha sido registrado en la localidad de San Javier (Hermosillo), la vegetación predominante en la mayor

parte de su ámbito de distribución parece ser el bosque tropical caducifolio (González-Soriano *et al.* 2009). Se encuentra en la Lista Roja con el estatus de *Menor Preocupación* (LC) (IUCN 2010).

#### Género *Progomphus*

Este género sigue un patrón de dispersión Neotropical (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género, dichos autores proponen toda la extensión territorial del país como su distribución (Fig. 45). Cuatro de las cinco especies endémicas de éste género *P. amarillus*, *P. marcelae*, *P. lambertoii* y *Stylurus falcatus* no se obtuvieron los datos suficientes de localidades por lo que no se pudo obtener su distribución potencial. La distribución actual de *P. amarillus* se registró en la provincia Golfo de México, *P. marcelae* se registró en las provincias Eje Volcánico y Costas del Pacífico, en el caso de *P. lambertoii* en las provincias Eje Volcánico, Costa del Pacífico y Depresión del Balsas y por último *Stylurus falcatus* en la provincia Eje Volcánico. *P. belyshevi*, especie de la cual fue posible obtener su distribución potencial, se registró en las provincias Sonorense, Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico y Depresión del Balsas.

Se cuenta con poca información sobre la biología de este género. Los machos se posan en la arena, rocas o vegetación baja a lo largo de las orillas de los arroyos (Garrison *et al.* 2006). Las larvas se entierran en la arena de los arroyos, lagos y ríos. Novelo-Gutiérrez (2007 a) menciona que *P. marcelae* tienen actividad en días soleados alrededor de las 14:00 horas, los adultos se posan en rocas pequeñas donde el flujo de agua es rápido y no interactúan de manera agresiva con otros individuos; Las temporada de vuelo es aparentemente en otoño. Por otra parte, los adultos de *P. lambertoii* se posan en las rocas que se encuentran en los arroyos y muestran actividad en días soleados alrededor de las 11:00 horas; la temporada de vuelo es en la primera mitad de la primavera, en días fríos no hay actividad de los individuos (Novelo-Gutiérrez 2007 b).

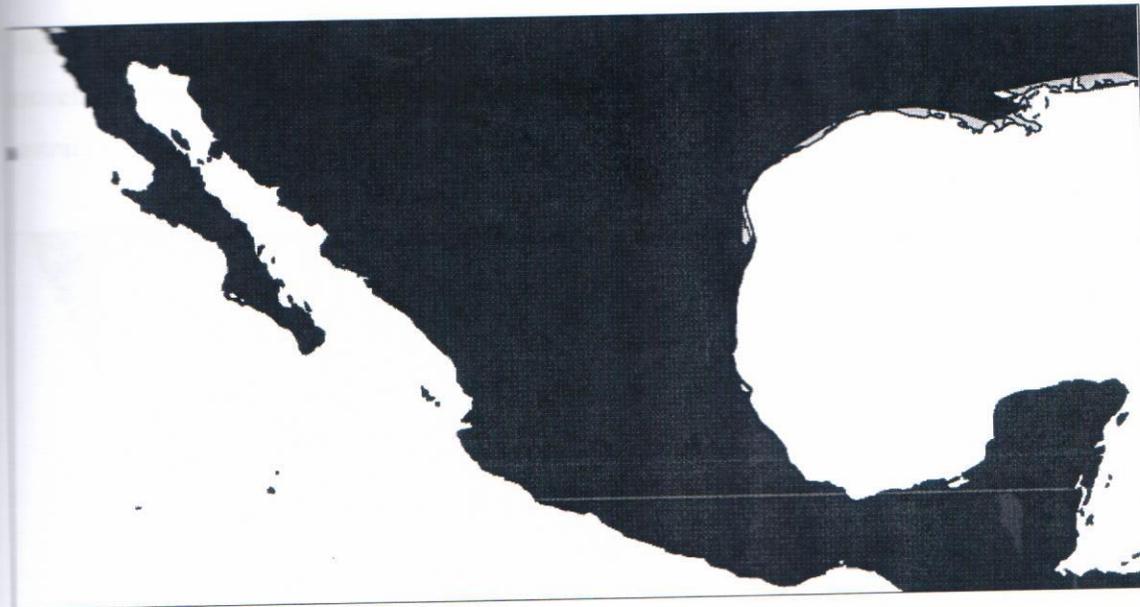


Figura 45. Distribución del género *Progomphus* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

#### Familia Libellulidae

Se ha reportado que a nivel mundial que esta familia es la que concentra el mayor número de endemismos (Kalkman *et al.* 2008). Para México este no fue el caso, ya que solo tres especies endémicas de México pertenecen a esta familia: *Brechmorhoga latialata*, *Macrothemis ultima* y *Paltothemis cyanosoma*.

#### Género *Brechmorhoga*

El género *Brechmorhoga* tiene una distribución neotropical. Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género, que abarca prácticamente toda la extensión del país (Fig. 46). Son ocho especies de éste género presentes en el territorio mexicano (Paulson y González-Soriano 2011), posiblemente se extienda la distribución por siete de ellas que no son endémicas y sólo *Brechmorhoga latialata* es endémica. Esta especie pertenece a un género neotropical. Está al parecer restringida sólo a una porción de los bosques mesófilos de montaña de la Sierra Madre Oriental y probablemente a una porción de la Sierra Norte de Puebla (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Se registro en las provincias: Sierra Madre Oriental y Golfo de

México. Los adultos perchan en matorrales cercanos a los arroyos y ríos. Las larvas se encuentran en arroyos y ríos con poca o ninguna cobertura del dosel, comúnmente es áreas con sustrato rocoso y el agua superficial con movimiento rápido (Garrison et al. 2006).



Figura 46. Distribución del género *Brechmorhoga* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

#### Género *Macrothemis*

*Macrothemis* sigue un patrón de dispersión Neotropical (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género (Fig. 47).

Los adultos frecuentemente están a la orilla de arroyos posados en piedras o bancos de arena donde hay luz; los tenerales y adultos de varias especies de éste género forman en enjambres de alimentación en sitios abiertos o claros en el bosque. Las larvas son encontradas en ambientes lóticos y lénticos, posiblemente dentro de madrigueras en el sustrato; en arroyos y ríos puede preferir sitios con vegetación cerrada donde el agua es tranquila (Garrison *et al.* 2006). La distribución de *Macrothemis ultima* se registró en las provincias: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Costa del Pacífico. Esta especie se asocia a los bosques

emplados en la vertiente pacífica, aunque en el Golfo de México se le ha recolectado en bosque mesófilo de montaña (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).



Figura 47. Distribución del género *Macrothemis* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

#### Género *Paltothemis*

Es un género cuyo patrón es indeterminado (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2011). Garrison *et al.* (2006) muestran la distribución del género (Fig. 48). Éste género se puede encontrar en arroyos rocosos, generalmente en sitios con altitud moderada. Los individuos de este género tienen la característica de posarse en rocas con las alas abajo del plano horizontal del resto del cuerpo. Los machos patrullan porciones de los arroyos durante la mañana; la cópula ocurre durante el vuelo y las hembras ovipositan de manera solitaria. Las larvas viven entre las rocas en las zonas de corriente rápida (Garrison *et al.* 2006). *P. cyanosoma* se registró en las provincias: Costa del Pacífico, Eje Volcánico y Sierra Madre del Sur. Se le ha

encontrado en bosques de pino-encino, pero también en bosques más tropicales como el bosque tropical caducifolio (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007).



Figura 47. Distribución del género *Paltothemis* en México, modificada de Garrison *et al.* (2006).

## CONCLUSIONES

Este trabajo ofrece una primera aproximación de las distribuciones potenciales de 25 especies endémicas de Odonata de México. La información generada es de gran utilidad para futuras investigaciones en ramas de la biología como la biogeografía, ecología y biología de la conservación, además, es de mucha utilidad para optimizar los trabajos faunísticos.

Se actualizó el listado de las especies endémicas de Odonata de México, se registraron 49 especies, 19 pertenecen al suborden Zygoptera y 30 al suborden Anisoptera. Para el suborden Zygoptera, la familia con más especies endémicas fue Coenagrionidae y el género con más especies fue *Argia* (cuatro especies). Para Anisoptera la familia Gomphidae contó con el mayor número de especies endémicas, el género con más especies endémicas fue *Erpetogomphus* (siete especies).

La distribución actual de las 49 especies endémicas de Odonata de México se contrastó con las Provincias Biogeográficas, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP). Las localidades conocidas de 18 especies están dentro de alguna ANP lo que representa el 37 % del total de las 49 especies endémicas, en las RHP coincidieron 42 de las 49 especies endémicas, lo que representa el 86 % del total, las RHP al estar relacionadas con los cuerpos de agua albergan mayor número de especies en comparación con las ANP. En cuanto a las Provincias Biogeográficas, se registraron 21 especies en la Provincia del Golfo de México, 19 en la Provincia de la Sierra Madre Oriental y en la Provincia del Pacífico, siendo las Provincias que se registró el mayor número de especies, en contraste con la Provincia de Baja California y el Petén con una especie en cada Provincia. Por otra parte, fue posible obtener el perfil bioclimático de 26 especies endémicas.

La aplicación del Modelo de Nicho Ecológico BIOCLIM permitió obtener la aproximación de las distribuciones potenciales de 26 especies endémicas. Además, del perfil bioclimático de cada una de estas. Los mapas de las distribuciones potenciales, deben interpretarse con precaución, es decir, como en este trabajo no se pudo corroborar las proyecciones con salidas a campo no se conoce con certeza que tan cercana es la proyección de las distribuciones con la realidad debido a que los Modelos de Nicho Ecológico no toman en cuenta las interacciones bióticas y la capacidad de dispersión de las especies.

Se reporta el área de distribución potencial debido a que es información valiosa en estudios de conservación. Los grupos más vulnerables son aquellos que tienen periodos largos como larvas, en este caso los Gomphidae ó aquellos que tienen especies con densidad de población baja como los Amphipterygidae, aquellas especies donde los adultos su reproducción es marcadamente estacional (Platystictidae), los que viven en arroyos sombreados (*Palaemnema* y *Epigomphus*), los que se reproducen en escurrideros sombreados (*Paraphlebia*) (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez, 2011), por mencionar unos ejemplos de la importancia de conservar aquellas áreas que representen mejor los hábitats que requieren las especies endémicas de México, áreas en las que posiblemente coincidan otras especies de igual prioridad para su conservación.

El bosque mesófilo de montaña es un hábitat importante para las especies endémicas ya que aproximadamente 14 especies están asociadas a éste tipo de vegetación. Sin menor importancia, los bosques tropicales y bosques subtropicales también albergan hábitats donde están presentes al menos una especie endémica.

De manera general es difícil definir a una especie a un estatus de vulnerabilidad por la escasa información existente, sin embargo, hay información valiosa que permite comprender la situación de algunas de las especies, por ejemplo, *Amphipteryx agrioides*, es necesaria una revisión más profunda para cambiar su estatus en la Lista Roja debido a su situación de alta vulnerabilidad debería estar en la categoría en peligro (EN). Otras especies como *Paraphlebia hyalina*, *Palaemnema paulicaxa* y *Brechmorhoga latialata*, la distribución de éstas especies es restringida, situación que las convierte en especies vulnerables y no se encuentran en la Lista Roja, al igual que *Erpetogomphus boa* una especie endémica del estado de Veracruz. Otras especies que son endémicas del estado de Veracruz pero además son especies restringidas a la Selva Alta Perennifolia de la región de los Tuxtlas: *Heteragrion azulum* y *Epigomphus donnellyi*, se encuentran amenazadas por las actividades humanas en la región. Para estas especies no fue posible obtener su distribución por la escasa información, situación que refleja la necesidad de muestreos sistemáticos.

## **PERSPECTIVAS**

El presente trabajo da pie a muchas otras investigaciones debido a que cada distribución potencial obtenida es un hipótesis a corroborar. La distribución actual refleja información que aparentemente es escasa pero útil en trabajos biogeográficos, en conjunto con las distribuciones potenciales pueden aplicarse en áreas como: biogeografía de la conservación, en estudios enfocados a definir áreas de endemismos, sin dejar a un lado los trabajos descriptivos y faunísticos que pueden apoyarse en el presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Anderson RP, Lew D y Peterson AT. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Eco Mod.* 162: 211- 232.
- Arnett R H. 1993. Odonata. En: *American Insects, a hand book of the insects of America North of México*. Arnett RH (ed.) Editorial The Sandhill Crane Press, Inc. USA. pp. 92-103.
- Beeby A y Brennan AM. 2008. *First Ecology. Ecological principles and environmental issues*. Oxford University Press, Oxford pp. 403.
- Cabrero-Sañudo JF, Dellacasa IM, Martínez M, Lobo JM y Dellacasa G. 2010. Distribución de las especies de Aphodiinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Aphodiidae) en México. *Act Zool Mex (n. s.)* 26 (2):323-399.
- Clausnitzer V, Kallkman VJ, Ram M, Collen B, Baillie JEM, Bedjanic M, Darwall WRT, Dijkstra KDB, Dow R, Hawking J, Karube H, Malikova E, Paulson D, Schütte K, Suhling F, Villanueva RJ, von Ellenrieder N, Wilson K. 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment o an insect group. *Biol.Cons.* 142: 1864-1869.
- Corbet PS. 1999. *Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata*. Harley books, Colchester. pp 829.
- Córdoba-Aguilar A. 2008. *Dragonflies & Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press. pp 290.
- Escalante T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Rev. Mex. Biod.* 80: 551-560.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). 1999. ArcView Gis Ver. 3.2. ESRI Inc. California, USA.

Finch JM, Samways JM, Hill TR, Piper SE y Taylor S. 2006. Application of predictive distribution modelling to invertebrates: Odonata in South Africa. *Bio and Cons.* 15: 4239-4251.

Garrison RW. 1994. A revision of the New World genus *Herpetogomphus* Hagen in Selys (Odonata: Gomphidae). *Tijdschrift voor Entomologie* 137 (2): 173-269.

Garrison RW, von Ellenrieder N y Louton JA. 2006. Dragonfly Genera of the New World An illustrated and annotated key to the anisoptera. Johns Hopkins (ed). University Press Baltimore. United States of America, pp. 1-383.

Garrison RW, von Ellenrieder N y Louton JA. 2010. Damselfly Genera of the New World An illustrated and annotated key to the zygoptera. Ed. Johns Hopkins. University Press Baltimore. United States of America, pp. 1-490.

Global Biodiversity Information Facility (gbif), (accessed through GBIF data portal, CNIN/Tipos Odonata, <http://data.gbif.org/datasets/resource/794>), (accessed through GBIF data portal, NMNH Entomology Collections, <http://data.gbif.org/datasets/resource/9156>), (accessed through GBIF data portal, Bohart Museum of Entomology, UCD, <http://data.gbif.org/datasets/resource/2615>).

González-García F y Gómez de Silva Garza H. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds). Conservación de aves. Experiencias en México. Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves. A.C. CIPAMEX. pp. 151-194.

González-Soriano E. 2012. *Argia mayi*, a new species from México (Zygoptera: Coenagrionidae). Orgs Divers Evol.

González-Soriano E y Novelo Gutiérrez R. 1996. Odonata. En: Llorente BJ, García AA y González SE (eds). 1996. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 147-160.

González-Soriano E y Novelo-Gutiérrez R. 2007. Odonata of Mexico Revisted. En: Tyagi BK (ed). Odonata: Biology of Dragonflies. Scientific Publishers. India. pp. 105-136.

González-Soriano E y Novelo-Gutiérrez R. 2011. Libélulas (Insecta: Odonata). En: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Gobierno del estado de Veracruz. Universidad Veracruzana. Instituto de Ecología, A. C. Vol. II. pp. 295-306.

González-Valencia LS. 2006. Análisis de la odonatofauna de la localidad de Domingullo, Oaxaca, México (Insecta: Odonata). Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de México.

Hortal JN, Roura-Pascal N, Sanders J y Rahbek C. 2010. Understanding (insect) species distributions across spatial scales. *Ecography* 33: 51-53.

IUCN, 2010. Red List of Threatened Species. Version 2010.4 [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)  
Downloaded on 13 de Mayo del 2011.

Kalkman VJ, Clausnitzer V, Dijkstra KB, Orr AG, Paulson DR y Tol J. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydr* 595: 351-363.

- Lamoreux JF, Morrison JC, Ricketts TH, Olson DM, Dinerstein E, McKnight MW y Shugart HH. 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nat Let.* 440: 212-214.
- Lindenmayer DB, Mackey BG and Nix HA. 1996. The bioclimatic domains of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. *Austr. Forest.* 59: 74-89.
- Naoky KM, Gómez I, López RP, Meneses RI y Vargas J. 2006. Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida Silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia.* 41(1): 65-78.
- Nix HA. 1986. A biogeographic analysis of the Australian elapid snakes. En: Longmore R (ed.) *Atlas of elapid snakes. Australian Flora and Fauna Series No. 7*, pp. 4-15.
- Novelo-Gutiérrez R. 2007a. *Progomphus marcelae* spec. Nov. From western Mexico (Anisoptera: Gomphidae). *Odo* 36 (1): 79-84.
- Novelo-Gutiérrez R. 2007b. *Progomphus lambertoii* (Odonata: Anisoptera: Gomphidae) a new species from Mexico. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 109 (4): 791-797.
- Ortega-Huerta MA, Peterson AT. 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Diversity and Distributions.* 10: 39-54.
- Paulson DR. 1982. Odonata. En: Hurlbert SH y Villalobos-Figueroa A (eds). *Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies.* San Diego State University, San Diego, California. pp 249-277.
- Paulson DR. 2004. Critical species of Odonata in the Neotropics. *Int Jou Odo* 7 (2) : 163-188.

- Paulson DR y González-Soriano E. 2011. Mexican Odonata. Slater Museum of Natural History Website. <http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican.odonata>.
- Peterson AT. 2001. Predicting species geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor*. 103: 599-605.
- Pronatura-The Nature Conservancy. 2007. Biodiversidad del Centro y Occidente de México: Planeación Ecorregional, Avances y Próximos Pasos. Programa Parques en Peligro – USAID. México. pp 1-80.
- Russell A M, Myers N, Robles-Gil P, Goettsch-Mittermeier C. Hots Pots. Earth's Biologically richest and most endangered terrestrial ecorregiones. Cemex. Conservation international. 1999.
- Samways MJ. 2008. Dragonflies as focal organisms in contemporary conservation biology. En: *Dragonflies & Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Córdoba-Aguilar A (ed). Oxford University Press. Pp. 97-107.
- Sánchez-Cordero VA, Peterson T y Escalante-Pliego P. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. En: *Enfoques contemporaneos para el estudio de la biodiversidad*. Hernández HM, García Aldrete AN, Álvarez F y Ullola M (comps). Instituto de Biología. UNAM, México, pp. 359-379.
- Soberón JM. 2010. Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography* 33: 159-167.
- Soberón, J.M y Peterson AT. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1-10.

Trotta Moree NJ, Lobo M y Cabrero Sañudo FJ. 2008. Distribución conocida y potencial de las especies de Geotrupinae (Coleóptera: Scarabaeoidea) en México. Act Zool Mex (nueva serie). Vol 24. número 002: 39-65.

USGS 2001, Hydro1k Elevation Derivate Database, U. S. Geological Survey, Washington, D.C. <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/>.

Villaseñor JL y Téllez-Valdez O. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica. 75(2): 205-220.

von Ellenrieder N. 2003. A synopsis of the neotropical species of "*Aeshna*" Fabricius: The genus *Rhionaeshna* Förster (Odonata: Aeshnidae). Tijdschrift voor Entomologie 146: 67-207.

Wiens JJ y Graham CH. 2005. Niche Conservatism: Integrating Evolution, Ecology, and Conservation Biology. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics is online: <http://ecolsys.annualreviews.org>.

Wesfall MJ. 1996. Odonata. En An introduction to the aquatic insects of North America 2nd Ed. Editorial. Kendall/Hunt Publishing Company. Merrith RW y Cummins KW (eds). Pp 164-211.

Whittaker RJ y Fernández-Palacios JM. 2007. Island Biogeography ecology, evolution, and conservation. Editorial Oxford. Oxford New York. pp.46-74.

Young B. 2007. Distribución d las especies endémicas en la vertiente oriental de los Andes en Perú y Bolivia. Natureserve, Arlington, Virginia. EEUU. pp. 1-112.