

Informe final* del Proyecto FE009

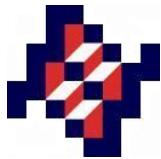
Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México

Responsable: M en C. Mauricio Casas Martínez
Institución: Instituto Nacional de Salud Pública
Centro Regional de Investigación en Salud Pública
Departamento Biología de Vectores
Dirección: Poniente Esquina 4^a Norte s/n, Centro, Tapachula, Chis, 62100 , México
Correo electrónico: mcasas@insp.mx
Teléfono/Fax: 01 (962) 6 26 22 19 Ext.: 119
Fecha de inicio: Julio 13, 2007
Fecha de término: Febrero 2, 2012
Principales resultados: Base de datos, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Casas Martínez, M., A. Orozco Bonilla y J. G. Bond Compeán. 2012. Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Regional de Investigación en Salud Pública. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. FE009.** México, D.F.

Resumen:

Los mosquitos han ocupado una posición importante como plagas de la humanidad a lo largo de su historia. Actualmente, la dinámica del mundo está determinada principalmente por las actividades humanas, las cuales han causado gran impacto en el ámbito ecológico del planeta. Así, los cambios climáticos ocasionados por el sobrecalentamiento global, el desequilibrio de los ecosistemas por su modificación, fragmentación de sus hábitats y los fenómenos naturales, en conjunto, han contribuido a la disminución de la abundancia y distribución de muchas especies, mientras que en otros casos las poblaciones se han incrementado excesivamente al grado de convertirse en graves problemas para la salud. Por ejemplo, las enfermedades transmitidas por artrópodos presentan cambios recientes en su diseminación, ya sea por el movimiento intercontinental de distintas cepas de agentes etiológicos, la introducción de vectores y reservorios exóticos, así como, la población humana susceptible o enferma que emigra hacia las zonas endémicas, en donde al paso del tiempo se incorpora y modifica los ciclos enzoóticos. Ante esta situación, el estudio de la biodiversidad de mosquitos es indudablemente necesario para actualizar los inventarios taxonómicos y delimitar la distribución de los vectores involucrados en los brotes epidémicos de enfermedades parasitarias, emergentes y re-emergentes en nuestro país. Por lo anterior, el propósito de este proyecto de investigación es continuar con los estudios iniciados en el año 2001 para actualizar el conocimiento biogeográfico de los culícidos con importancia médica y los insectos acuáticos asociados a sus sitios de crianza y potenciales agentes para su control biológico en diferentes estados de nuestro país, que en esta ocasión ha centrado la atención en el muestreo entomológico para el estudio de la biodiversidad de especies en la región centro-occidental de México.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



“Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México”

PROYECTO FE009

INFORME FINAL

RESPONSABLE: M. en C. Mauricio Casas Martínez (INSP/CRISP)

COLABORADORES: M. en C. Arnoldo Orozco Bonilla (INSP/CRISP)
Dr. Juan Guillermo Bond Compeán (INSP/CRISP)
Dr. Enrique Martínez Meyer (UNAM/IB)
Dr. Andrew Townsend Peterson (U KANSAS)
Dr. Rodolfo Novelo Gutiérrez (INECOL)
Dr. Richard C. Wilkerson (WRBU)

PERIODO: 1º de Octubre de 2007 – 26 de Septiembre de 2011

INSTITUCIONES: INSP/Centro Regional de Investigación en Salud Pública
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

RESUMEN

A largo del periodo comprendido entre octubre de 2007 y julio de 2010, se llevaron a cabo muestreos sistemáticos de mosquitos y entomofauna acuática en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa, con la finalidad de actualizar el conocimiento biogeográfico de las especies de culícidos con importancia médica y ampliar la información sobre la diversidad taxonómica y la ecología de los órdenes de insectos asociados a los hábitats larvarios de mosquitos distribuidos en la región centro-occidental de México. Como resultado de las actividades entomológicas realizadas dentro del área de estudio se inspeccionaron 141 sitios en 131 localidades durante 2007, 158 sitios en 148 localidades durante 2008 y 40 sitios en 40 localidades durante 2009, en donde fueron colectados ejemplares de 28 especies de la familia Culicidae, así como, 123 especies acuáticas pertenecientes a los órdenes Coleoptera (68), Diptera (5), Hemiptera (27), Megaloptera (1), Odonata (21) y Trichoptera (1) que pasaron a formar parte de las colecciones biológicas del Centro Regional de Investigación en Salud Pública.

A partir del manejo y análisis espacial de los datos geográficos, variables ambientales y la información sobre la diversidad de especies obtenida durante los muestreos entomológicos en campo y las determinaciones taxonómicas en el laboratorio, se generaron los mapas temáticos de nicho ecológico con el programa GARP para 12 especies de mosquitos y 45 especies de insectos acuáticos asociados a criaderos de culícidos. En los casos de taxones con menos de cinco sitios georreferenciados, únicamente, se realizó la proyección espacial de los puntos de colecta sobre mapas temáticos de distribución geográfica para 23 especies de la familia Culicidae y 105 especies de distintos órdenes de insectos acuáticos utilizando un sistema de información geográfica (SIG).

Con los datos cuantitativos de los diferentes taxa de mosquitos colectados en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa, así como, la información numérica relacionada con los distintos grupos taxonómicos de insectos acuáticos colectados en los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca y Sinaloa, se llevaron a cabo las estimaciones de diversidad biológica a través de los índices de riqueza de

taxa (orden, familia y género), riqueza de especies, diversidad de Shannon (H'), diversidad máxima (H_{max}) y equitatividad (J). Los resultados de estos análisis revelaron que la riqueza de especies de mosquitos fue mayor en los estados de Michoacán y Sinaloa, seguidos de Jalisco, Nayarit y Colima. En contraste, el estado de Nayarit presentó el índice de diversidad de culícidos más alto. Por otra parte, los estados de Chiapas, Michoacán, Jalisco y Sinaloa presentaron la mayor diversidad de especies de insectos acuáticos.

Al final del estudio, se incorporaron 922 unidades curatoriales a la colección y base de datos de mosquitos de importancia médica, de las cuales, 638 fueron constituidas por ejemplares colectados en campo y 284 correspondieron a ejemplares reportados en la literatura. Al mismo tiempo, se depositaron y sistematizaron en total 1371 unidades curatoriales en la colección y base de datos de insectos acuáticos asociados a criaderos de mosquitos, que incluyeron 1093 registros de ejemplares colectados en campo, mientras que, 278 registros fueron ejemplares reportados en artículos científicos.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la diversidad de mosquitos con importancia médica en México tuvo su mayor auge entre los años 30's y 60's, como resultado de la intensificación del muestreo de especies por taxónomos interesados en la familia Culicidae (Martini, 1935) y a la implementación de colectas periódicas en todo el país para la vigilancia entomológica de las poblaciones de vectores por parte de los programas nacionales de erradicación del paludismo y del dengue, a cargo de la Secretaría de Salud (Vargas, 1956; Vargas y Martínez-Palacios, 1956). En la actualidad, el monitoreo sistemático y permanente de los mosquitos transmisores de enfermedades en nuestro país es considerado como una prioridad en los contextos de la salud pública y la ecología en lo concerniente a la dispersión de especies autóctonas, exóticas y/o invasivas fuera de sus rangos geográficos originales (Gratz *et al.*, 2000; Enserink, 2008).

La humanidad ha contribuido, en gran parte, a la exportación e introducción de microorganismos, plantas y animales a nuevas regiones biogeográficas debido a la acrecentada conectividad global a causa de la expansión de las actividades comerciales y la compleja red transcontinental de vías de comunicación y transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial (Crowl *et al.*, 2008). No obstante, esto ha generado preocupación entre los científicos acerca de las implicaciones en los ciclos de transmisión y patrones epidemiológicos de las enfermedades emergentes y re-emergentes transmitidas por vector, así como, los efectos en la estructura y función de los ecosistemas naturales o antropogénicos al ocurrir una invasión biológica.

Con la finalidad de ampliar el conocimiento sobre la diversidad, riqueza de especies y abundancia de insectos acuáticos para orientar las acciones antivectoriales de prevención y control de las enfermedades transmitidas por mosquitos, se presentan a continuación los resultados de una serie de muestreos entomológicos (2007-2009) y una revisión bibliográfica (2002-2009) sobre la ocurrencia y patrón de distribución espacial de los culícidos de importancia médica de la región centro-occidental del país. Asimismo, se proporciona información taxonómica y eco-geográfica relevante acerca de la entomofauna asociada a los criaderos de mosquitos, ya que estos grupos zoológicos han recibido poca atención en los últimos años, en nuestro país. Por esta razón, la biodiversidad y biogeografía de los insectos

acuáticos dentro del área de estudio fue considerado como un tema paralelo de investigación en el presente trabajo, debido a su notable capacidad como agentes de control biológico de los estados inmaduros de diferentes especies de vectores y su valor como bioindicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos.

ANTECEDENTES

Históricamente, los mosquitos han ocupado una posición importante como plagas de la humanidad. Una vez que estos insectos fueron identificados como agentes responsables de la transmisión al hombre de algunas de las enfermedades más devastadoras se amplió el conocimiento de la relación entre los vectores y los parásitos con grandes posibilidades para su control, sin embargo, muchas enfermedades transmitidas por artrópodos aún siguen siendo problemas de salud pública.

El paludismo, el dengue y la filariasis linfática son algunas de las enfermedades infecciosas prioritarias dentro del Programa Especial de Investigación y Entrenamiento en Enfermedades Tropicales a nivel mundial (WHO, 2004), por afectar principalmente a gran parte de la población humana pobre y marginada. Al igual que en la encefalitis equina venezolana (EEV), la encefalitis equina del este (EEE), la encefalitis equina del oeste (EO) y la emergente enfermedad producida por el virus del oeste del Nilo (VON), varias especies de la familia Culicidae están involucradas en los ciclos naturales de transmisión de protozoarios, filarias y arbovirus entre humanos y animales (Hardwood y James, 1993; Pratt y Moore, 1993).

Los primeros estudio sobre la biodiversidad de mosquitos en nuestro país se publicaron a finales de los años 1880's. Posteriormente, las investigaciones de Howard, Dyar y Knab (1912-1917) y Dyar (1928) relacionadas con la entomofauna de la familia Culicidae del orden Diptera se intensificaron a partir de la segunda década del siglo XX (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1996). Desde entonces, la información taxonómica y biogeográfica de los culícidos presentes en el territorio nacional se ha ido complementando paulatinamente por los trabajos realizados por distintos autores, a través del tiempo.

Algunas de las contribuciones más importantes en lo que respecta a la descripción e identificación de los mosquitos con importancia en salud pública se llevaron a cabo durante la lucha para la erradicación del *Aedes aegypti*, vector de la fiebre amarilla (1958-1963), y la campaña nacional de erradicación del paludismo (1956-1983), que tenía como objetivo el combate de los mosquitos del género *Anopheles*. Posteriormente, la lista de especies de la

familia Culicidae se ha complementado con numerosos estudios taxonómicos aislados (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1996; Darsie 1996).

La diversidad biológica de los culícidos mexicanos esta compuesta por tres subfamilias, 18 géneros y 247 especies (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1996). No obstante, la revisión bibliográfica realizada por Darsie (1996) concluyó que la lista de mosquitos presentes en nuestro país está integrada sistemáticamente por 20 géneros, 37 subgéneros y 224 especies. De estas últimas, 29 son exclusivas de la entomofauna local (16 *Aedes*, 1 *Anopheles*, 5 *Culex*, 1 *Deinocerites*, 2 *Psorophora*, 1 *Sabethes* y 1 *Wyeomyia*).

La gran variedad de mosquitos presentes en el territorio nacional se debe, en parte, a la localización geográfica y la fisiografía del terreno lo que determina diferentes condiciones climáticas y ecológicas favorables para la sobrevivencia y reproducción de múltiples especies. Más del 65% del área del país se encuentra por encima de los 1000 msnm y cerca del 47% de la superficie corresponde a pendientes, lo que ejemplifica el accidentado relieve topográfico (De Alba y Reyes, 1998).

La dinámica del mundo actual, determinada por las actividades humanas principalmente, ha causado gran impacto en el ámbito ecológico del planeta. Así, los cambios climáticos ocasionados por el sobrecaleamiento global, el desequilibrio de los ecosistemas por su modificación, la fragmentación del hábitat por deforestación e incendios, además de los fenómenos naturales como sequías prolongadas, inundaciones provocadas por lluvias, terremotos de grandes magnitudes y erupciones volcánicas, han contribuido a la disminución de la abundancia y distribución de muchas especies, mientras que otras se han incrementado explosivamente hasta constituirse en plagas, en algunos casos (Peña y Neyra, 1998).

Ante esta situación, las enfermedades transmitidas por artrópodos presentan cambios recientes en su diseminación, ya sea por el movimiento intercontinental de distintas cepas de agentes etiológicos, la introducción de vectores y reservorios exóticos, así como, la población humana susceptible que emigra hacia las zonas endémicas.

Por lo anterior, el estudio de la biodiversidad de mosquitos es indudablemente necesario para actualizar los listados entomológicos y delimitar la distribución las especies que

podrían estar involucradas en brotes epidémicos de enfermedades parasitarias, emergentes y re-emergentes en nuestro país.

OBJETIVOS

General:

Actualizar el inventario taxonómico y la distribución espacial de los culícidos con importancia médica e insectos acuáticos asociados a sus criaderos en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa, a través del muestreo entomológico sistematizado en diferentes áreas eco-geográficas y épocas del año.

Específicos:

- 1) Identificar las especies de mosquitos y entomofauna acuática de los cinco estados de la región centro-occidental de México por medio de claves basadas en las características morfológicas para la separación taxonómica de especies de la familia Culicidae y diferentes taxa de Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Megaloptera, Odonata y Trichoptera acuáticos;
- 2) Describir la diversidad y la distribución geográfica de las especies de culícidos e insectos acuáticos dentro del área de estudio;
- 3) Generar las proyecciones geo-espaciales de distribución de las especies y sistematización de los nuevos registros curatoriales depositados en las colecciones biológicas del CRISP;
- 4) Evaluar la diversidad y abundancia de especies de los mosquitos e insectos acuáticos asociados a los criaderos de culícidos en la región centro-occidental del país.

MÉTODOS

Área de estudio: El estudio comprendió la región centro-occidental de México (Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa), donde se encuentran focos hipoendémicos de paludismo, la transmisión del dengue presenta patrones estacionales y la actividad del virus del Nilo occidental se ha confirmado recientemente (SSA, 2001; CENAVECE, 2006). Previamente, se establecieron las rutas de muestreo con la finalidad de obtener ejemplares de las especies de culícidos dentro de la mayor extensión territorial posible. La selección de los sitios de muestreo se realizó a partir de los reportes de localidades tipo para las especies autóctonas de mosquitos (Knight y Stone, 1977; Darsie, 1996) y la información disponible sobre la distribución geográfica de las especies con importancia médica y veterinaria en el país (Vargas y Martínez-Palacios, 1956; Ibáñez-Bernal *et al.*, 1996; CENAVECE, 2004). Todos los sitios de colecta fueron referenciados geográficamente con ayuda de un receptor GPS portátil Garmin® eTrex Legend®.

Muestreo de mosquitos: El muestreo en las áreas urbanas consistió en la colecta o pesquisa de larvas y pupas en criaderos naturales y recipientes artificiales, así como, la captura de adultos en el interior y exterior de las viviendas. Además, se llevaron a cabo visitas a los panteones para colectar estados inmaduros en contenedores naturales y/o artificiales y, al mismo tiempo, capturar adultos con redes entomológicas.

En las áreas rurales, se inspeccionaron los criaderos permanentes y temporales de mosquitos en la periferia de las localidades para colectar larvas y pupas que fueron mantenidas hasta su emergencia como adultos. También se realizaron colectas nocturnas de mosquitos adultos, en cada localidad visitada, por los métodos de captura convencionales para el estudio de mosquitos transmisores de enfermedades (WHO, 1975; Service, 1976):

- 1) Pesquisa larvaria; esta actividad consistió en la revisión de los receptáculos o cavidades estrechas como los huecos de árboles, hoyos de rocas o troncos de bambú, así como, los contenedores artificiales en las viviendas y panteones, además de los criaderos naturales alrededor de las comunidades.

2) Captura de mosquitos reposando sobre humanos; con esta técnica de colecta se obtuvieron muestras de mosquitos del género *Anopheles* con hábitos antropofágicos. Durante el periodo de muestreo entomológico, dos personas sentadas en interior y el exterior de una vivienda, actuaron como cebos para capturar a las hembras después de posarse sobre las partes expuestas del cuerpo y justo antes de la picadura, con ayuda de un aspirador manual y una lámpara de mano.

3) Captura de mosquitos en corrales; las colectas fueron realizadas en horario nocturno noche con la finalidad de obtener muestras de las especies con hábitos zoofágicos. Por lo tanto, se llevaron a cabo revisiones periódicas de las cercas que rodearon los sitios de encierro para animales domésticos.

4) Trampa de luz ultravioleta (UV); este método fue utilizado para la colecta de especies transmisores de arbovirus. Para tal fin, se colocaron trampas con luz UV en el exterior de las viviendas durante toda la noche. Al término del periodo de muestreo, las trampas de luz fueron revisadas cuidadosamente para separar los mosquitos por especies.

Manejo del material biológico colectado: Las larvas de IV estadio y pupas fueron depositadas en cámaras de emergencia individuales donde se mantuvieron hasta la emergencia como adultos. Las exuvias obtenidas se conservaron en alcohol al 70% dentro de viales con tapa de presión. Los adultos seleccionados para las determinaciones taxonómicas fueron muertos con cloroformo y colocados individualmente en viales perforados para su almacenamiento en un recipiente hermético de plástico con desecante para evitar la descomposición por hongos.

Preservación y montaje de mosquitos para colección: Para llevar a cabo la identificación de los moquitos, fue necesario que los ejemplares conservaran sus características únicas mediante una adecuada preservación para después llevar a cabo la determinación taxonómica a nivel de especie. Las exuvias de larvas de IV estadio y pupas se fijaron después de la muda en alcohol al 70%. Posteriormente, se montaron en porta-objetos para que la quetotaxia corporal estuviera visible. Los mosquitos adultos se montaron sobre triángulos de papel insertados en alfileres entomológicos. Todos los ejemplares fueron etiquetados adecuadamente, antes de ser depositados en la colección biológica.

Identificación de las especies de mosquitos: La taxonomía de estados inmaduros y de adultos se basó en rasgos morfológicos denominados por la terminología propuesta por Harbach y Knight (1980). Se utilizaron características únicas para cada especie, las que generalmente están fundamentadas en la disposición de cerdas sobre las exuvias de larvas y pupas, así como, los patrones de distribución de escamas sobre las alas, la coloración de las patas, escudo y otros segmentos del adulto. Para llevar a cabo la identificación específica de los mosquitos, se utilizaron las claves dicotómicas de Vargas y Martínez-Palacios (1956); Darsie y Ward (1981); Clark-Gil y Darsie (1983); Wilkerson y cols. (1993); y la de Ibañez-Bernal y Martínez-Campos (1994).

Muestreo de insectos acuáticos en criaderos de mosquitos: Los insectos acuáticos fueron colectados con redes entomológicas de 24 x 46 cm y malla de 0.9 mm, según el tipo hidrológico del criadero. Para el caso de ríos y arroyos, todas las muestras se tomaron en los hábitats larvarios de mosquitos, donde aprovechando los “riffles” (partes accesibles con corrientes rápidas > 40cm/s) se aplicó la técnica de “viaje de patadas” (Pollard, 1981) colocando la red acuática en sentido opuesto a la corriente al tiempo que se provocó un disturbio en el fondo del río durante 5 minutos sobre una línea recta de 5m de longitud. En charcos de lluvia y lagunas, se realizaron redadas y arrastres en el cuerpo de agua, dependiendo de su tamaño. Los insectos acuáticos fueron depositados en charolas metálicas de color blanco para su selección y, posteriormente, se depositaron en recipientes herméticos de plástico con tapa de rosca para su preservación en alcohol etílico al 96%.

Identificación de la entomofauna acuática. Los especímenes colectados fueron identificados taxonómicamente a nivel de familia, género y/o especie por la vía clásica, dependiendo de la disponibilidad de claves dicotómicas para los distintos grupos de insectos acuáticos como las publicadas por Merritt y Cummins (1996), Lehmkuhl (1979) y algunas claves específicas para ciertos órdenes como las de Novelo-Gutiérrez (1997a, 1997b), entre otras.

Sistematización de unidades curatoriales contenidas en colecciones biológicas: Todos los ejemplares identificados hasta género y especie fueron etiquetados, catalogados y depositados en las colecciones biológicas de mosquitos con importancia médica y de insectos acuáticos del

Centro Regional de Investigación en Salud Pública-Instituto Nacional de Salud Pública (CRISP-INSP). Para la sistematización de los registros se utilizó el sistema de información Biótica 4.5 (CONABIO, 2006), recomendado para la conformación de bases de datos sobre biodiversidad. En este proceso, el sistema de clasificación taxonómica empleado para la familia Culicidae fue el propuesto por la Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU, 2001). Para el caso de los insectos acuáticos fueron consultados los sistema de clasificación sugeridos por Daly (1996) e Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2001).

Análisis de diversidad: Con los datos de abundancia relativa de las distintas especies de mosquitos e insectos acuáticos colectados en campo se realizó una evaluación de la diversidad dentro de las comunidades (α). Se estimaron los índices de diversidad de Shannon (H'), equitatividad (J) y diversidad máxima (H_{max}) (Magurran, 2004) para mosquitos de 5 estados e insectos acuáticos de 8 estados del país. La precisión de los índices estimados fue validada por medio de la técnica de Jack-knife (Southwood y Henderson, 2000; Magurran, 2004). Las comparaciones de los índices de diversidad (H') de culícidos y entomofauna acuática entre los estados estuvieron basadas en las diferencias estadísticas demostradas por el método de Hutchenson (1970).

Análisis geoespacial por especie: Los datos de campo proporcionaron información geográfica y taxonómica relacionada con la biodiversidad de mosquitos e insectos acuáticos que fue utilizada para generar los modelos de nicho ecológico potencial de las diferentes especies colectadas, siguiendo la metodología propuesta por Peterson y cols. (2002) y Levine y cols. (2004). Los puntos de presencia/ausencia confirmados para cada especie fueron relacionados con variables fisiográficas y bioclimáticas con el programa Genetic Algorithm for Rule-set Production (GARP), sugerido por Stockwell y Peters (1999). En los casos de taxones con menos de cinco puntos georreferenciados, únicamente, se realizó la proyección espacial de los sitios de muestreo sobre mapas temáticos de distribución utilizando un sistema de información geográfica (SIG).

RESULTADOS

Sitios de muestreo entomológico: Durante el estudio se llevaron a cabo tres recorridos a lo largo del área de estudio para la colecta científica de mosquitos e insectos acuáticos que acumularon 165 días de muestreo, entre los años 2007-2009. En total, se visitaron 339 sitios en 319 localidades que estuvieron distribuidas dentro de 168 municipios de 5 estados del país (Tabla 1). Sinaloa (99), Michoacán (94) y Jalisco (75) fueron las entidades con mayor número de sitios muestreados, mientras que, las colectas entomológicas en Colima (36) y Nayarit (35) comprendieron menos sitios geográficos debido a que fueron los estados con menor extensión territorial.

Especies de mosquitos: Al concluir la determinación taxonómica a nivel de especie de los mosquitos colectados en el área de estudio entre los años 2007-2009, se integró una lista general que incluyó 9 géneros, 13 subgéneros y 28 especies de la familia Culicidae del orden Diptera. Adicionalmente, se incorporaron al listado 38 especies de culícidos colectados en el año 1987 y 23 especies de mosquitos obtenidas de los reportes bibliográficos para 11 estados fuera del área de estudio. En la Tabla 2, se presenta un resumen cuantitativo de las especies de mosquitos colectadas/reportadas para 16 entidades de nuestro país.

Asimismo, se agrupó la información sobre la diversidad taxonómica de mosquitos derivada de los muestreos entomológicos lo largo de los tres años de trabajo de campo, la cual fue complementada con los datos curatoriales de culícidos colectados en el sur de Chiapas en 1987, así como, las especies reportadas por diferentes autores para los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

En general, el inventario taxonómico de culícidos estuvo integrado por 17 géneros, 19 subgéneros y 61 especies: 1 de *Aedeomyia*, 4 de *Aedes*, 8 de *Anopheles*, 2 de *Coquillettidia*, 17 de *Culex*, 1 de *Culiseta*, 2 de *Haemagogus*, 1 de *Limatus*, 2 de *Mansonia*, 5 de *Ochlerotatus*, 1 de *Orthopodomyia*, 6 de *Psorophora*, 1 de *Shannoniana*, 1 de *Toxorhynchites*, 1 de *Trichoprosopon*, 8 de *Uranotaenia*, además de 1 *Aedes* sp., 1 *Mansonia* sp. y 1 *Psorophora* sp. (Tabla 3).

Especies de insectos acuáticos: Al final del estudio, se integró una lista taxonómica de insectos acuáticos colectados en la región centro-occidental del país durante los años 2007-2009. A este concentrado, se agregaron las especies colectadas en los estados de Oaxaca, Chiapas, Guerrero y D. F. entre los años 2000-2003, así como, las especies acuáticas de Coleoptera, Hemiptera y Odonata asociadas a los criaderos de vectores del paludismo, reportadas por la literatura para el sur de Chiapas. En la Tabla 4, se presenta un resumen cuantitativo de las especies de insectos acuáticos colectadas/reportadas para 9 estados del territorio nacional.

La diversidad de insectos acuáticos colectados entre los años 2000-2009 estuvo representada por 6 órdenes, 41 familias, 109 géneros, 48 especie y 103 unidades no determinadas a nivel específico. Posteriormente, se agregaron a la lista los grupos taxonómicos representativos de la entomofauna acuática del sistema estuarino del río Coatán, en el plano costero de Chiapas, y que fueron reportados en publicaciones científicas. En este caso, la diversidad biológica estuvo compuesta por 3 órdenes, 20 familias, 51 géneros, 2 especie y 50 unidades sin determinación a nivel de especie. Al final del estudio, se obtuvo una riqueza taxonómica general representada por 6 órdenes, 42 familias, 123 géneros, 50 especie, 115 unidades determinadas a nivel de género y una hasta familia (Tabla 5).

En la Tabla 6, se presenta el inventario taxonómico de insectos acuáticos asociados a criaderos de mosquitos que fueron colectados/reportados en 9 estados del país.

Registros curatoriales incorporados a colecciones biológicas: En total, 922 unidades curatoriales fueron catalogadas y depositadas en la Colección de Mosquitos de Importancia Médica en el INSP-CRISP, al mismo tiempo, los ejemplares fueron sistematizados en la base de datos sobre biodiversidad de la familia Culicidae. Los ejemplares incorporados a esta colección fueron larvas y adultos de mosquitos colectados en los años de 1987 (130 registros), 2007 (174 registros), 2008 (273 registros) y 2009 (61 registros). También se consideraron las especies de culícidos reportadas en la literatura (284 registros) para complementar la base de datos de mosquitos de importancia médica. En la Tabla 7, se muestra un resumen cuantitativo de los registros de mosquitos y su distribución por taxa.

La Colección de Insectos Acuáticos estuvo integrada por 1371 unidades curatoriales que ahora forman parte del acervo taxonómico del INSP-CRISP. Los ejemplares fueron sistematizados en la base de datos sobre la biodiversidad de la fauna entomológica acuática asociada a los hábitats larvarios de mosquitos. Esta colección contiene ejemplares inmaduros y adultos de distintos órdenes colectados en los años de 2003 (1 registro), 2007 (177 registros), 2008 (396 registros) y 2009 (3 registros). Adicionalmente, se incorporaron a la base de datos los registros taxonómicos obtenidos de una revisión bibliográfica (278 registros). La Tabla 8 contiene un resumen cuantitativo de los registros curatoriales de insectos acuáticos y su distribución por categorías taxonómicas.

Índices de diversidad: La riqueza de mosquitos agrupados por tribus (3-4) y géneros (6-7) fue similar entre los estados de Colima, Jalisco Michoacán, Nayarit y Sinaloa, mientras que, la riqueza de subgéneros fue moderada (8-10) entre los cinco estados. Por otra parte, la riqueza de especies de culícidos presentó diferencias contrastantes entre Colima (10) y Michoacán (17). En la Figura 1, se presenta la riqueza de taxa correspondiente a mosquitos de importancia médica de cada estado. Los valores estimados del índice de Shannon (1.69-2.15) demostraron diferencias significativas entre los estados incluidos en el análisis de diversidad biológica de la familia Culicidae (Figura 2). La extrapolación de la diversidad máxima (H_{max}) a partir de la riqueza de especies colectadas reveló que los estados más diversos en culícidos fueron Michoacán (2.83), Sinaloa (2.77) y Jalisco (2.56), en contraste con Nayarit (2.48) y Colima (2.30) que fueron los menos diversos, como lo muestra la Figura 3. El estado de Nayarit (0.87) se destacó por su alto valor de equitatividad específica de mosquitos en comparación con el resto de los estados analizados (0.63-0.73), que conjuntamente se presentaron en la Figura 4. Por último, se determinó un valor promedio de 2.537 (\pm 0.168), con 4.12% de error, en la precisión del índice de Shannon (H') como medida de la diversidad mosquitos de importancia médica en 5 estados del país (Tabla 9).

La comparación cuantitativa de la riqueza de insectos acuáticos por taxa entre los ocho estados incluidos en el análisis de diversidad se muestra en la Figura 5, donde el estado con mayor representación de órdenes fue Chiapas (10), Michoacán (6) presentó una diversidad intermedia, mientras que, Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca y Sinaloa (3-4) fueron los menos diversos. La riqueza de familias fue superior en el estado de Chiapas, en

comparación con la moderada riqueza encontrada en Jalisco, Michoacán, Sinaloa y Colima (20-27), pero notablemente contrastante con el reducido número de familias en los estados de Guerrero, Nayarit y Oaxaca (12-17). A nivel de género, nuevamente, Chiapas (82) se distinguió como el estado más diverso en esta categoría taxonómica, seguido de Michoacán, Sinaloa, Jalisco y Colima (65-45) que exhibieron una riqueza moderada de géneros, finalmente, los estados de Nayarit, Oaxaca y Guerrero (15-29) conformando el grupo con menor diversidad genérica. La riqueza de especies de insectos acuáticos en el estado de Chiapas (110) predominó con respecto a Colima, Jalisco, Michoacán y Sinaloa (57-86) que fueron consideradas las entidades con diversidad moderada, en comparación con Guerrero, Nayarit y Oaxaca (19-42), los estados con menor riqueza específica. En la Figura 6 se presentan los valores obtenidos para el índice de Shannon (2.60-3.71) donde se observaron diferencias significativas entre los ocho estados considerados para el análisis de diversidad de insectos acuáticos asociados a criaderos de mosquitos. La mayor diversidad máxima (H_{max}) correspondió al estado de Chiapas (4.70), mientras que, Colima, Jalisco, Michoacán y Sinaloa (4.04-4.45) exhibieron valores moderados en comparación con Guerrero, Nayarit y Oaxaca que obtuvieron los indicadores más bajos (2.94-3.74), de acuerdo con la información contenida en la Figura 7. Con respecto a la equitatividad de especies, Guerrero (0.88) demostró la mayor uniformidad de insectos acuáticos, por otra parte, los siete estados restantes obtuvieron valores menores (0.76-0.82) para este indicador, lo anterior se puede apreciar en la Figura 8. Finalmente, se estimó la precisión del índice de Shannon (H') obteniéndose en promedio de 4.330 (\pm 0.218) y 1.18% de error, en la medición de la diversidad de especies de insectos acuáticos en 8 estados del país (Tabla 10).

Modelos predictivos de nicho ecológico y distribución espacial por especie: Se generaron los modelos de nicho ecológico para 12 especies de mosquitos: *Aedes aegypti*, *Ochlerotatus epactius*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles albimanus*, *Culex coronator*, *Ochlerotatus taeniorhynchus*, *Culex erraticus*, *Uranotaenia lowii*, *Culex nigripalpus*, *Culex stigmatosoma* y *Haemagogus equinus* (Figuras 9-20). Además, se diseñaron mapas temáticos con la proyección espacial de los sitios de colecta para 23 especies de culícidos (Figuras 21-28). Asimismo, se generaron los modelos de nicho ecológico correspondientes a 45 especies de insectos acuáticos: *Tropisternus sp.*, *Pelocoris sp.*, *Ranatra sp.*, *Brechmorhoga praecox*, *Laccophilus*

fasciatus, *Buenoa sp.*, *Berosus sp.* *Ambrysus sp.*, *Liodessus sp.*, *Notonecta sp.*, *Tropisternus collaris*, *Neoplea sp.*, *Tropisternus lateralis*, *Laccophilus sp.*, *Laccophilus maculosus*, *Laccophilus pictus*, *Palaemnema sp.*, *Hydrocanthus sp.*, *Hydrochus sp.*, *Microvelia sp.*, *Argia oena*, *Enochrus pygmaeus*, *Cybister sp.*, *Paracymus sp.*, *Derallus rufus*, *Enochrus sp.*, *Erpetogomphus elaps*, *Suphisellus sp.*, *Thermonectus sp.*, *Hydaticus sp.*, *Ischura sp.*, *Acilius sp.*, *Desmopachria sp.*, *Laccodytes sp.*, *Mesovelia sp.*, *Thermonectus basillaris*, *Anacaena suturalis*, *Curicta howardi*, *Trepobates sp.*, *Argia sp.*, *Belostoma sp.*, *Hydrobiomorpha sp.*, *Libellula sp.*, *Phyllogomphoides suasus* y *Telebasis sp.* (Figuras 29-73). Por último, se proyectó la distribución espacial de los sitios de colecta sobre mapas temáticos para 105 especies constituyentes de la entomofauna acuática asociada a criaderos de mosquitos (Figuras 74-108).

DISCUSIÓN

En el año 2001, inició el proyecto de actualización taxonómica y biogeográfica de mosquitos de importancia médica en México, iniciativa científica que surgió y fue desarrollada por un grupo de investigadores y técnicos del INSP/CIP (Casas-Martínez, 2004). En su primera etapa (2001-2004) se enfatizó sobre la diversidad biológica del género *Anopheles* en tres estados del sur del país.

En este documento, se presentaron los resultados de la segunda etapa de investigación (2007-2010) que incluyó cinco estados de la región centro-occidental de la República Mexicana, con la finalidad de revalorar y ampliar los conocimientos ecológicos acerca de la diversidad y distribución de especies de la familia Culicidae y la entomofauna acuática asociada a los criaderos de mosquitos, que han sido previamente estudiados por Danis-Lozano y cols. (1997) y Bond y cols. (2006; 2007) en los hábitat larvarios de los vectores de paludismo, *Anopheles albimanus* y *Anopheles pseudopunctipennis*, en el plano costero y área montañosa del sur de Chiapas, respectivamente.

Después de 10 años de muestreo en campo, se dispone de información taxonómica, ecológica y geográfica de las comunidades de mosquitos e insectos acuáticos presentes en seis y nueve estados de territorio nacional, respectivamente. No obstante, la cobertura territorial y la representatividad específica de mosquitos se extendió a 10 estados más, mientras que, la riqueza de Coleoptera, Hemiptera y Odonata se incrementó en la región sur del país (Danis-Lozano *et al.*, 1997; Bond *et al.*, 2006; Bond *et al.*, 2007), cuando se agregaron las especies reportadas por la literatura científica publicada entre los años 1990 a 2009 (Casas-Martínez, 2010a; Casas-Martínez, 2010b).

El análisis de la biodiversidad de culícidos se realizó con un total de 1985 ejemplares identificados taxonómicamente a nivel de especie. Por lo anterior, el estudio de la diversidad de culícidos de importancia médica incluyó 5 tribus, 9 géneros, 13 subgéneros y 28 especies.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la mayor riqueza de especies de mosquitos se presentó en los estados de Michoacán y Sinaloa, seguidos de Jalisco, Nayarit y Colima. Con respecto a la diversidad de especies, Nayarit presentó el índice más alto, que lo hizo diferente

estadísticamente con otros estados, seguido por Sinaloa. En contraste, Colima fue la entidad con menor variedad de taxonómica entre los cinco estados comparados. Sin duda, Nayarit fue considerado el segundo estado con menor riqueza de especies, no obstante, el índice de Shannon lo definió como el de mayor diversidad de mosquitos de importancia médica, debido a que obtuvo la uniformidad más alta, es decir, el reparto de los individuos entre las diferentes especies fue más equitativo en las colectas entomológicas realizadas en este estado del país. Por otra parte, el estimador de diversidad máxima indicó que los estados de Michoacán y Sinaloa presentarían los valores más altos, lo cual estuvo estrechamente asociado con el hecho de haber obtenido los valores de riqueza de especies y de taxa más grandes. Por último, el valor del parámetro poblacional utilizado para la estimación de la precisión del índice de diversidad estuvo ligeramente subestimado, lo que significó, que el muestreo de las especies de mosquitos en los estados incluidos en el análisis fue adecuado.

En la medida que se obtenga información actual para el resto de los estados del país, se podrán llevar a cabo inferencias ecológicas a través de la medición de la diversidad específica de culícidos que proporcionen evidencias sobre el impacto de la variabilidad y el cambio climático, la transformación de paisaje ecológico por causas antropogénicas y los efectos de los fenómenos naturales sobre la distribución espacial, composición, abundancia y dinámica de las poblaciones de vectores de enfermedades, como es el caso de los mosquitos transmisores de paludismo, dengue, virus del oeste del Nilo, entre otros.

La evaluación de la diversidad biológica de insectos acuáticos incluyó un total de 11 órdenes de los 13 reportados a nivel mundial. En términos taxonómicos, se analizaron 64 familias, 173 géneros y 246 especies que conformaron la entomofauna acuática presente en criaderos de culícidos de importancia médica. De acuerdo con los resultados del análisis de biodiversidad, los estados más ricos y diversos en especies fueron Chiapas, Sinaloa, Michoacán y Jalisco. Por el contrario, el estado de Guerrero exhibió la menor riqueza de especies y el valor más bajo del índice de Shannon. Asimismo, el estimador de diversidad máxima demostró que en base a la riqueza de especies los estados de Chiapas, Michoacán Sinaloa y Jalisco serían los que albergarán la mayor diversidad de mosquitos en futuros muestreos entomológicos, pero con una variable repartición de los individuos entre las especies. A pesar de que el estado de Guerrero tuvo menor riqueza de especies, así como, el

más bajo valor de diversidad de Shannon y diversidad máxima, la distribución de los individuos entre las especies fue más equitativa con respecto a otros estados. Para la valoración del estimador de la diversidad de insectos acuáticos, se concluyó que el parámetro poblacional estuvo ligeramente sobreestimado, por lo tanto, el muestreo entomológico fue adecuado.

Evidentemente, la presencia de determinados taxa clave de insectos acuáticos han llegado a ser considerados indicadores ecológicos directos de la calidad del agua en los ambientes dulceacuícolas o salobres dentro del contexto de contaminación e impacto ambiental. Sin duda alguna, la biodiversidad de la entomofauna acuática, también, sería de utilidad para identificar los criaderos naturales de mosquitos que pueden ser controlados por enemigos naturales endémicos, como una estrategia antivectorial alternativa, eficiente y sustentable. En el intento por superar la escasa información sobre las especies de insectos acuáticos asociados a los criaderos de culícidos de importancia médica, los datos derivados del muestreo sobre terreno y la aplicación de las tecnologías informáticas basadas en teorías ecológicas han permitido generar predicciones virtuales del nicho ecológico para las especies más representativas y ampliamente distribuidas de la comunidad de insectos acuáticos presentes en diferentes estados del país.

Desde la perspectiva biogeográfica, alrededor del 60% de las especies de mosquitos seleccionadas para las proyecciones del nicho ecológico fueron colectadas exclusivamente en sitios distribuidos dentro de la región Neotropical, mientras que, el porcentaje restante de las especies de culícidos elegidas para la generación de los modelos de predicción fueron colectadas, tanto en la región Neártica como la Neotropical. Este resultado coincide con la información eco-geográfica relacionada con la diversidad específica documentada para los estados mexicanos comprendidos por cada bioregión, en otras palabras, los estados más diversos son Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Guerrero en los que se concentra la mayor riqueza de especies de mosquitos del país. Por el contrario, aproximadamente el 65% de las especies de insectos acuáticos utilizadas para la predicción virtual del nicho ecológico estuvieron presentes en sitios de colecta dentro de ambas regiones biogeográficas, en tanto que, el porcentaje complementario de las especies incluidas en la generación de modelos ecológicos perteneció a las especies colectadas únicamente en la región Neotropical. Los

resultados anteriores son concluyentes, por lo tanto, requieren la verificación en campo de la presencia/ausencia de las especies de insectos acuáticos en las áreas geográficas proyectadas en los mapas, además, la incorporación de un mayor número de sitios geográficos representativos de todo el territorio nacional llevaría al desarrollo de modelos espaciales predictivos más consistentes.

El acervo taxonómico de referencia, concentrado en las colecciones biológicas de mosquitos y de insectos acuáticos que se encuentran resguardadas en el Centro Regional de Investigación en Salud Pública (INSP/CRISP), se ha incrementado notablemente en el número de unidades curatoriales y diversidad de especies. Ambas colecciones biológicas son únicas en su tipo en la región sur de México, por lo tanto, poseen un alto valor científico para las ciencias biológicas y, en particular, para la entomología médica, veterinaria y acuática a nivel nacional. Todos los ejemplares depositados en las colecciones entomológicas del INSP/CRISP fueron sistematizados y se encuentran disponibles para su consulta en las bases de datos del Sistema Nacional de Inventarios Bióticos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (SNIB-CONABIO).

Es importante mencionar que el muestreo biológico para el estudio de la biodiversidad de nuestro país, en la actualidad, presenta dificultades importantes durante su realización. Entre los principales problemas a los que se enfrentan los colectores científicos destaca la situación social en las comunidades que son visitadas y sus alrededores, asimismo, el mal estado de las rutas de acceso terrestre a los sitios de muestreo que se localizan en las áreas montañosas alejados de los asentamientos humanos urbanos, sobre todo, en la temporada lluviosa o bajo condiciones hidrometeorológicas extremas, lo que provoca la erosión y bloqueo de carreteras y caminos vecinales, sin olvidar, los daños estructurales a puentes, desbordamiento de ríos e inundación de las tierras bajas. En estas circunstancias, los itinerarios y tiempos de muestreo se ven afectados por las condiciones climáticas ocasionando retrasos en las actividades de investigación. Otro problema que influye en el desarrollo de las investigaciones ecológicas relacionadas con organismos acuáticos es la variabilidad estacional de las condiciones meteorológicas a lo largo del ciclo anual, es decir, la brevedad del período de lluvias y el prolongado período de secas, por lo tanto, la duración de ambas temporadas

determinará el establecimiento, la permanencia de los hábitats larvarios de mosquitos y la diversidad biológica de la comunidad de insectos acuáticos.

Finalmente, los resultados del estudio contribuyeron a la actualización del conocimiento sobre grupos zoológicos que en México han sido poco estudiados en los últimos años. Aún falta por obtener datos de campo para dos terceras partes del territorio mexicano, por esta razón, se requiere de nuevas iniciativas de investigación científica enfocadas al estudio de la diversidad biológica de culícidos y la entomofauna asociada a los criaderos de mosquitos para complementar esta información a nivel de país.

CONCLUSIONES

A una década de iniciados los estudios sobre biodiversidad y biogeografía de los mosquitos de importancia médica e insectos acuáticos por el Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP), se ha generado información taxonómica, ecológica y geográfica sobre la composición y riqueza de especies de las comunidades de mosquitos en Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa, así como, de las comunidades de insectos acuáticos en los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca y Sinaloa.

Se incrementó la Colección de Mosquitos de Importancia Médica del INSP-CRISP con 922 unidades curatoriales. Por otra parte, se constituyó la Colección de Insectos Acuáticos con 1371 unidades curatoriales que ahora forman parte del acervo taxonómico del INSP-CRISP. Al respecto, las colecciones biológicas del Centro Regional de Investigación en Salud Pública son únicas en su tipo en la región sur de México, por lo tanto, poseen un alto valor científico, en particular, para la entomología médica, veterinaria y acuática a nivel local, regional y nacional.

Los resultados del estudio ampliaron el conocimiento ecológico de los mosquitos que pueden estar involucrados como vectores en los ciclos de transmisión de enfermedades como el paludismo, el dengue, el virus del oeste del Nilo y otras arbovirosis endémicas. Asimismo, proporcionó información sobre la diversidad y distribución geográfica de los insectos acuáticos asociados a los criaderos culícidos para que sean considerados como una alternativa de control biológico sustentable.

Se ha iniciado la etapa de consolidación del grupo de investigación del CRISP con la finalidad de constituir una unidad institucional especializada en la biodiversidad, taxonomía y biogeografía de mosquitos e insectos acuáticos (Grupo Biodivector). Además, el personal participante continúa desarrollando actividades curatoriales específicas, ha fortalecido las relaciones de colaboración científica (INECOL, IB-UNAM, WRBU y ECOSUR) y ha decidido incorporar nuevas capacidades tecnológicas para mejorar el análisis de la información, lo anterior con el propósito aportar nuevos conocimientos entomológicos sobre nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- Bond, J. G., Novelo-Gutiérrez, R., Ulloa, A., Rojas, J. C., Quiroz-Martínez, H. and Williams, T. 2006. Diversity, abundance and disturbance response of Odonata associated with breeding sites of *Anopheles pseudopunctipennis* (Diptera: Culicidae) in southern Mexico. *Environmental Entomology* 35, 1561-1568.
- Bond, J. G., Quiroz-Martínez, H., Rojas, J. C., Valle, J., Ulloa, A. and Williams, T. 2007. Impact of environmental manipulation for *Anopheles pseudopunctipennis* Theobald control on aquatic insect communities in southern Mexico. *Journal of Vector Ecology* 32:41-53.
- Casas-Martínez, M. 2004. Especies de *Anopheles* en el sur de México y su distribución geográfica actual con enfoque en taxonomía clásica y molecular. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro de Investigación de Paludismo. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. Vo19. México, D. F.
- Casas-Martínez, M. 2010a. Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Regional de Investigación en Salud Pública. Base de datos de Mosquitos SNIB-CONABIO proyecto No. FEo09. México, D. F.
- Casas-Martínez, M. 2010b. Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Regional de Investigación en Salud Pública. Base de datos de Insectos Acuáticos SNIB-CONABIO proyecto No. FEo09. México, D. F.
- Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE). 2004. Vigilancia entomológica de Virus del Nilo Occidental. Secretaría de Salud, México.
<http://www.cenave.gob.mx/von/archivos/MAPA%20ESPECIES%20MOSCOS%20AGOSTO%2004.ppt>
- Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE). 2006. Virus del Oeste del Nilo, mapas casos Estados Unidos y México 2006. Secretaría de Salud, México. <http://www.cenavece.salud.gob.mx/>
- Clark-Gill, S. and R. F. Darsie Jr. 1983. The mosquitoes of Guatemala, their identification, distribution and bionomics, with keys to adult females and larvae. *Mosquito Systematics* 15:151-284.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2006. Sistema de Información Biótica 4.5. Manual de usuario. Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad. México, D. F.
- Crowl, T. A., T. O. Crist, R. R. Parmenter, G. Belovsky, and A. E. Lugo. 2008. The spread of invasive species and infectious disease as drivers of ecosystem change. *Front Ecol Environ* 6 (5): 238-246

- Daly H. V. 1996. General classification and key to the orders of aquatic and semiaquatic insects. In Merritt, R. W. And K. W. Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Third edition, Kendall /Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa.
- Danis-Lozano, R., M. H. Rodríguez, J. I. Arredondo-Jiménez, M. Hernández-Ávila, and C. Mallorca. 1997. Aquatic insects associated with *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) breeding sites in southern Mexico. Environmental Entomology 26(4): 826-838.
- Darsie, R. F. Jr. and R. A. Ward. 1981. Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, north of Mexico. Mosquito Systematics Supplement 1:1-313.
- Darsie, R. F. Jr. 1996. A Survey and bibliography of the mosquito fauna of Mexico (Diptera:Culicidae). Journal of American Mosquito Control Association 12:298-306.
- De Alba, E. y M. E. Reyes. 1998. Contexto físico. In La diversidad biológica de México: estudio de país. Parte I. El país, pp. 3-22. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F.
- Dyar, H. G. 1928. The mosquitoes of the Americas. Carnegie Inst. Wash. Pub., No. 357, 616 pp.
- Enserink, M. 2008. A mosquito goes global. Science 320: 864-866.
- Gratz, N. G., R. Steffen, and W. Cocksedge. 2000. Why aircraft disinsection? Bulletin of the World Health Organization 78 (8): 995-1004.
- Harbach, R. E. and K. L. Knight. 1980. Taxonomists' glossary of mosquito anatomy. Plexus Publishing, New Jersey, USA.
- Harwood, R. F. y M. T. James. 1993. Entomología médica y veterinaria. Noriega Editores, México, D. F.
- Howard, L. O., H. G. Dyar and F. Knab. 1912-1917. Mosquitoes of North and Central America and West Indies. Carnegie Inst. Wash. Pub., No. 154, 4 Vols., 1064 pp.
- Hutchenson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. Journal of Theoretical Biology 29: 151-154.
- Ibáñez-Bernal, S. y C. Martínez-Campos. 1994. Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana (Diptera:Culicidae). Folia Entomol. Mex. 92: 43-73.
- Ibáñez-Bernal, S., D. Strickman y C. Martínez-Campos. 1996. Capítulo 38, Culicidae (Diptera). In Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. J. Llorente B., A. N. García A. y E. González S. (Eds.). Universidad Autónoma de México.

Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2001. <http://www.itis.gov/index.html> (fecha de consulta 05/03/2007).

Knight, K. L. and A. Stone. 1977. A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera:Culicidae). Second edition. Vol. 6. M. D. Lanham: Entomological Society American. The Thomas Say Foundation. USA.

Lehmkuhl, D. M. 1979. How to know the aquatic insects. The Picture Key Nature Series. Wm. C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, USA.

Levine, R. S., A. T. Peterson and M. Q. Benedict. 2004. Distribution of members of *Anopheles quadrimaculatus* Say s. l. (Diptera: Culicidae) and implications for their roles in malaria transmission in the United States. J. Med. Entomol. 41: 607-613.

Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK.

Martini, E. 1935. Los mosquitos de México. Boletines técnicos, Serie A: Entomología médica y parasitología No. 1. Departamento de Salubridad Pública, México, pp. 3-65.

Merritt, R. W., and K. W. Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3a. ed. Kendall /Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa.

Novelo-Gutiérrez, R. 1997a. Clave para la separación de familias y géneros de las náyades de Odonata de México. Parte I. Zygoptera. Dugesiana. 4: 1-10.

Novelo-Gutiérrez, R. 1997b. Clave para la identificación de familias y géneros de las náyades de Odonata de México. Parte II. Anisoptera. Dugesiana. 4: 31-40.

Peterson, A. T., V. Sánchez-Cordero, C. B. Beard and J. M. Ramsey. 2002. Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. Emerging Infectious Diseases 8: 662-667.

Peña A. y L. Neyra, 1998. Amenazas a la biodiversidad. In La diversidad biológica de México: estudio de país. Parte III. Manejo de los recursos naturales, pp. 157-182. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F.

Pollard, J. E. 1981. Investigator differences associated with a kicking method for sampling macroinvertebrates. Journal of Freshwater Ecology. 1: 215-224.

Pratt, H. D. and C. G. Moore. 1993. Mosquitoes of public health importance and their control. US Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta GA, USA.

Secretaría de Salud (SSA). 2001. Programa de Acción: Enfermedades Transmitidas por Vector. Primera edición. Secretaría de Salud, México.

Service, M. W. 1976. Mosquito ecology, field sampling methods. Second edition. Applied Science Publishers LTD. London, Great Britain.

Southwood, T. R. E. and Henderson, P. A. 2000. Ecological methods. 3rd. Ed., Blackwell Science, Oxford, UK.

Stockwell D. R. B. and D. Peters. 1999. The GARP Modeling System: problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal of Geographical Information Science 13 (2): 143-158

Vargas, L. 1956. Especies y distribución de mosquitos mexicanos no anofelinos (Insecta: Diptera). Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales. (16) 1: 19-36.

Vargas, L. y A. Martínez-Palacios. 1956. Anofelinos mexicanos, taxonomía y distribución. Comisión Nacional para la Erradicación del Paludismo. Secretaría de Salubridad y Asistencia, México, D. F.

Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU). 2001. Systematic Catalog of Culicidae. <http://www.mosquitocatalog.org/entrypage.asp> (fecha de consulta 31/01/02).

Wilkerson, R. C., D. Strickman, I. Fernández-Salas, S. Ibáñez-Bernal y T. R. Liwak. 1993. Clave ilustrada para la identificación de las hembras de mosquitos anofelinos de México y América Central. Centro de Investigación de Paludismo, Secretaría de Salud. México.

World Health Organization (WHO). 1975. Manual on practical entomology in malaria. Part II, methods and techniques. WHO offset publication No. 13. World Health Organization, Geneva.

World Health Organization (WHO). 2004. Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR) <http://www.who.int/tdr/> (fecha de consulta 25/03/04). World Health Organization.

Tabla 1. Resumen de sitios de muestreo entomológico por estado y año de colecta.

Estado / Año		2007	2008	2009	Total
Michoacán	<i>Municipios</i>	21	21	5	47
	<i>Localidades</i>	44	40	6	90
	<i>Sitios</i>	46	42	6	94
Colima	<i>Municipios</i>	7	8	1	16
	<i>Localidades</i>	11	20	1	32
	<i>Sitios</i>	14	21	1	36
Jalisco	<i>Municipios</i>	17	25	4	46
	<i>Localidades</i>	22	44	4	70
	<i>Sitios</i>	24	47	4	75
Nayarit	<i>Municipios</i>	8	9	4	21
	<i>Localidades</i>	11	18	6	35
	<i>Sitios</i>	11	18	6	35
Sinaloa	<i>Municipios</i>	14	10	14	38
	<i>Localidades</i>	43	26	23	92
	<i>Sitios</i>	46	30	23	99
Días de colecta		65	65	35	165

Tabla 2. Concentrado numérico de especies de mosquitos por estado y año de colecta.

Estado / Colecta	Especies de culícidos				
	1987	2007*	2008*	2009*	DOC
Campeche					1
Chiapas	38				21
Colima		5	8	1	
Guerrero					1
Jalisco		5	11	7	1
Michoacán		7	12	6	1
Nayarit		4	10	5	
Nuevo León					1
Oaxaca				1	2
Quintana Roo					1
Sinaloa		12	10	8	1
Sonora					1
Tabasco					5
Tamaulipas					1
Veracruz					1
Yucatán					1
Total de especies	38	16	20	13	23

* 28 especies colectadas en los tres años del estudio.

Tabla 3. Inventario taxonómico de culícidos por estado y año de colecta.

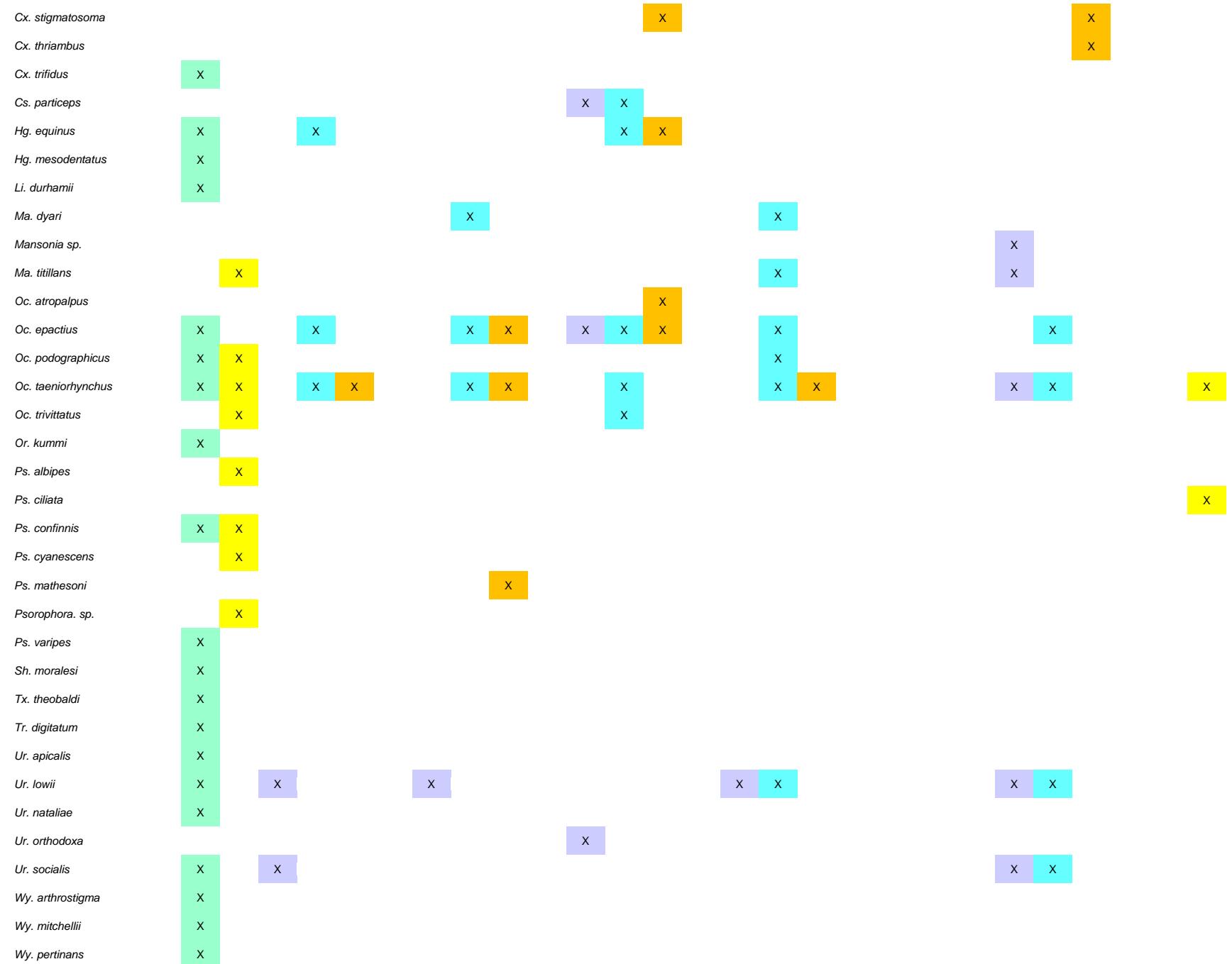


Tabla 4. Concentrado numérico de especies de la entomofauna acuática por estado y año de colecta.

Estado / Colecta	Especies de insectos acuáticos							
	2000-02	2001-02	2002	2003	2007*	2008*	2009*	DOC
Chiapas		40	25					52
Colima					15	37	3	
D. F.				1				
Guerrero		12	13					
Jalisco					18	42	6	
Michoacán					30	46	4	
Nayarit					12	27	8	
Oaxaca	8	22	25					
Sinaloa					26	34	28	
Total de especies	8	49	38	1	53	83	34	52

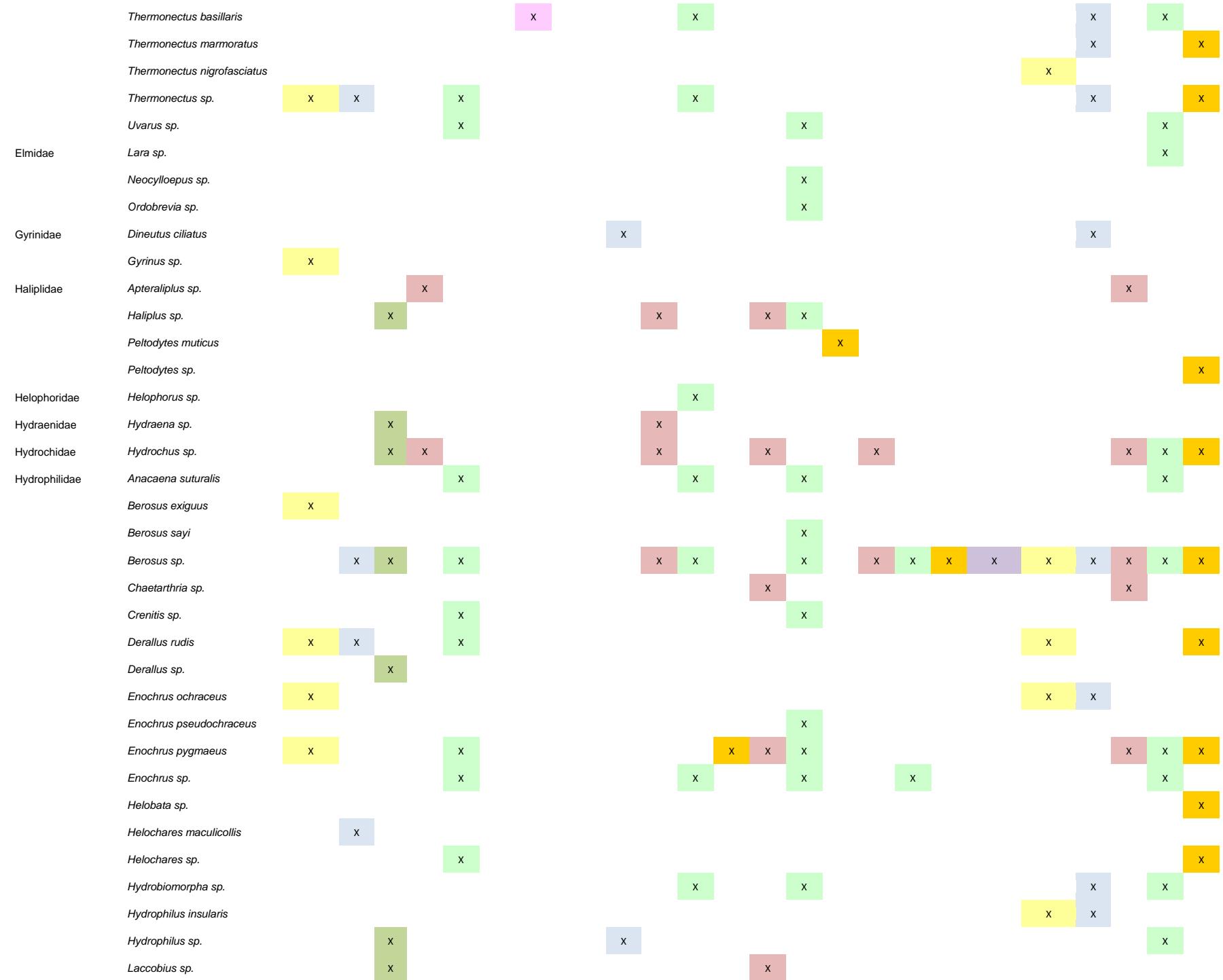
* 123 especies colectadas en los tres años del estudio.

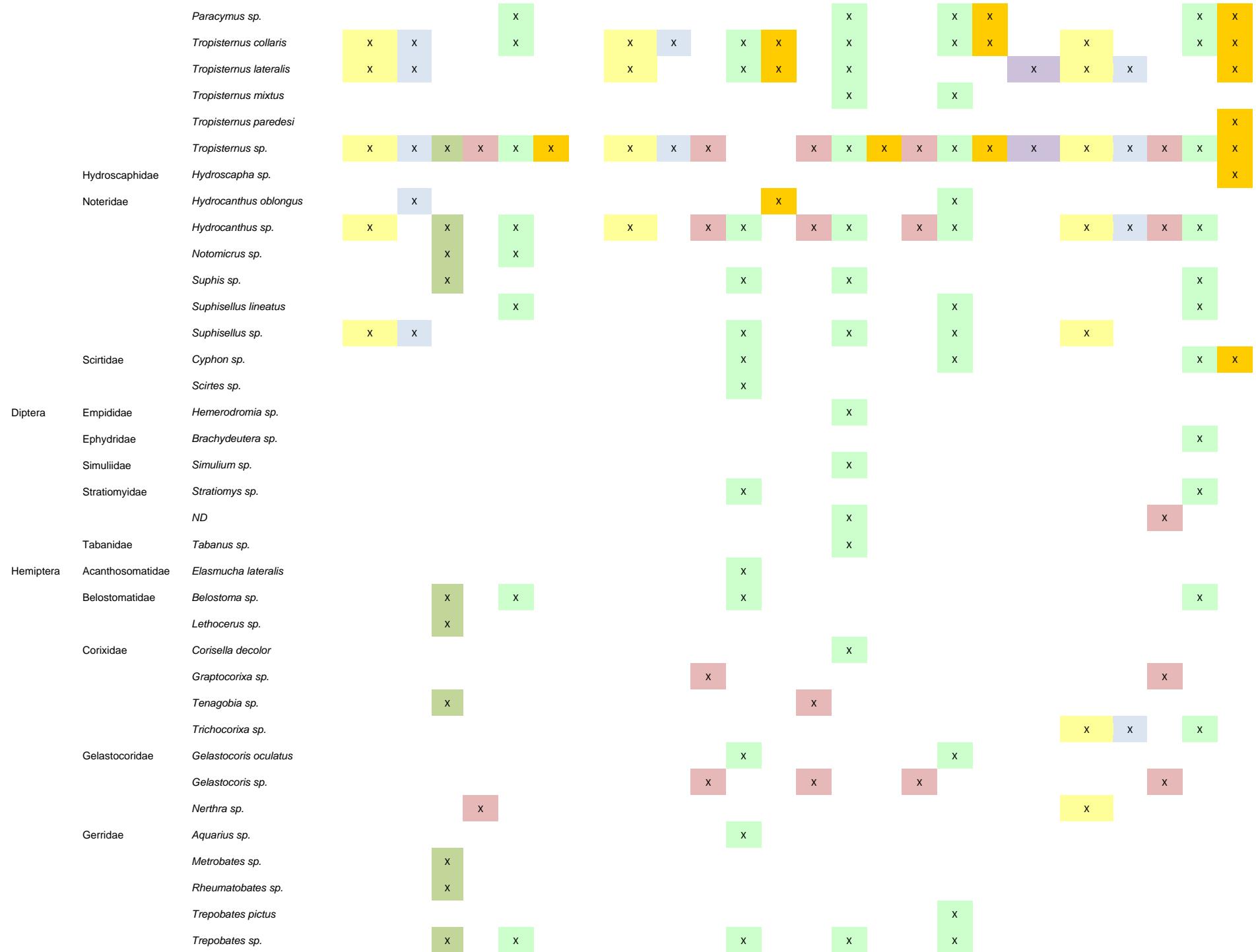
Tabla 5. Representatividad numérica de insectos acuáticos por taxa. *Ejemplares identificados por la vía de taxonomía clásica; **No determinadas (ND) a nivel de especie, solo a género (sp.).

Orden	Familias	Géneros	Especies*	ND**
Coleoptera	12	56	29	53
Diptera	5	5	0	5
Hemiptera	14	29	7	27
Megaloptera	1	1	0	1
Odonata	9	31	14	28
Trichoptera	1	1	0	1
Total	42	123	50	115

Tabla 6. Inventario taxonómico de insectos acuáticos por estado y año de colecta.

Estado		Chis	Col	D. F.	Gro	Jal	Mich	Nay	Oax	Sin											
Taxón / Colecta		2001-02	2002	DOC 2007	2008	2009	2003	2001-02	2002	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2000-02	2001-02	2002	2007	2008	2009
Orden	Familia	Especie																			
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp.</i>																	x		
		<i>Pelonomus obscurus</i>																x			
Dytiscidae	<i>Acilius sp.</i>	<i>Pelonomus sp.</i>						x													
		<i>Agabus sp.</i>	x	x																	
	<i>Agabus sp.</i>	<i>Agabus sp.</i>	x																		
		<i>Bidessonotus sp.</i>			x																
		<i>Bidessus sp.</i>		x																	
		<i>Celina sp.</i>									x										
		<i>Copelatus sp.</i>		x							x										
		<i>Cybister sp.</i>	x		x				x		x						x		x		
		<i>Derovatellus sp.</i>		x									x					x		x	
		<i>Desmopachria sp.</i>			x						x						x				
		<i>Dyticus sp.</i>								x		x					x				
		<i>Graphoderus sp.</i>				x					x										
		<i>Hydaticus rimosus</i>	x																		
		<i>Hydaticus sp.</i>	x			x					x	x			x	x			x		
		<i>Hydrovatus sp.</i>			x						x							x			
		<i>Laccodytes sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Laccophilus fasciatus</i>	x	x				x	x								x	x	x	x	
		<i>Laccophilus maculosus</i>	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Laccophilus pictus</i>	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Laccophilus sp.</i>	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Laccophilus undatus</i>			x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Liodessus sp.</i>	x			x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Megadytes sp.</i>		x						x							x				
		<i>Pachydrus princeps</i>			x														x		
		<i>Pachydrus sp.</i>		x									x								
		<i>Rhantus calidus</i>													x						
		<i>Rhantus gutticolis</i>																x			
		<i>Rhantus sp.</i>	x														x		x	x	





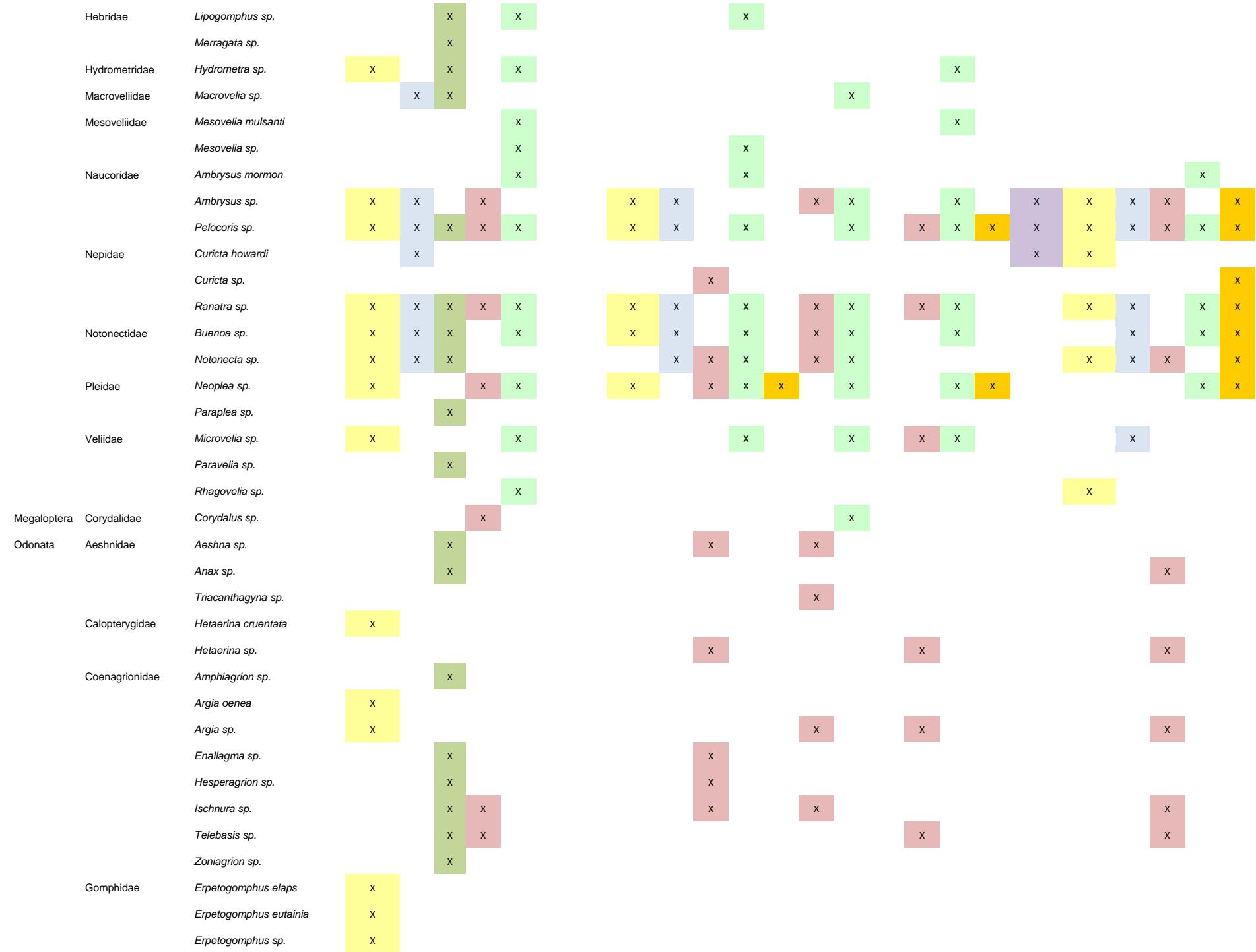




Tabla 7. Distribución por taxa de las unidades curatoriales incorporadas a la Colección de Mosquitos de Importancia Médica del CRISP-INSP.

Género	Subgénero	Especie	Registros
Aedeomyia	Aedeomyia	<i>Aedeomyia squamipennis</i>	2
Aedes	Aedimorphus	<i>Aedes vexans</i>	2
	Howardina	<i>Aedes quadrivittatus</i>	1
	Stegomyia	<i>Aedes aegypti</i>	222
		<i>Aedes albopictus</i>	14
	ND	<i>Aedes sp.</i>	1
Anopheles	Anopheles	<i>Anopheles crucians</i>	3
		<i>Anopheles franciscanus</i>	1
		<i>Anopheles freeborni</i>	3
		<i>Anopheles pseudopunctipennis</i>	104
		<i>Anopheles punctimacula</i>	4
		<i>Anopheles punctipennis</i>	4
		<i>Anopheles vestitipennis</i>	6
	Nyssorhynchus	<i>Anopheles albimanus</i>	78
Coquillettidia	Rhynchotaenia	<i>Coquillettidia nigricans</i>	1
		<i>Coquillettidia venezuelensis</i>	1
Culex	Anoedioporpa	<i>Culex restrictor</i>	3
	Culex	<i>Culex coronator</i>	48
		<i>Culex interrogator</i>	17
		<i>Culex mollis</i>	1
		<i>Culex nigripalpus</i>	32
		<i>Culex quinquefasciatus</i>	59
		<i>Culex stigmatosoma</i>	6
		<i>Culex thriambus</i>	1
	Melanoconion	<i>Culex bastagarius</i>	1
		<i>Culex conspirator</i>	5
		<i>Culex dunni</i>	1
		<i>Culex educator</i>	11
		<i>Culex elevator</i>	1
		<i>Culex erraticus</i>	26
		<i>Culex panocossa</i>	1
		<i>Culex pilosus</i>	1
		<i>Culex trifidus</i>	1
Culiseta	Culiseta	<i>Culiseta participant</i>	4
Haemagogus	Haemagogus	<i>Haemagogus equinus</i>	6
		<i>Haemagogus mesodentatus</i>	2
Limatus		<i>Limatus durhamii</i>	3
Mansonia	Blanchard	<i>Mansonia dyari</i>	2

		<i>Mansonia titillans</i>	20
	ND	<i>Mansonia sp.</i>	1
Ochlerotatus	Ochlerotatus	<i>Ochlerotatus atropalpus</i>	2
		<i>Ochlerotatus epactius</i>	118
		<i>Ochlerotatus taeniorhynchus</i>	37
		<i>Ochlerotatus trivittatus</i>	4
	Protomacleaya	<i>Ochlerotatus podographicus</i>	4
Orthopodomyia		<i>Orthopodomyia kummi</i>	1
Psorophora	Grabhamia	<i>Psorophora confinnis</i>	5
	Janthinosoma	<i>Psorophora albipes</i>	2
		<i>Psorophora cyanescens</i>	1
		<i>Psorophora mathesonii</i>	1
		<i>Psorophora varipes</i>	5
	Psorophora	<i>Psorophora ciliata</i>	2
	ND	<i>Psorophora sp.</i>	1
Shannoniana		<i>Shannoniana moralesi</i>	1
Toxorhynchites	Lynchiella	<i>Toxorhynchites theobaldi</i>	1
Trichoprosopon		<i>Trichoprosopon digitatum</i>	1
Uranotaenia	Uranotaenia	<i>Uranotaenia apicalis</i>	1
		<i>Uranotaenia lowii</i>	23
		<i>Uranotaenia nataliae</i>	1
		<i>Uranotaenia orthodoxa</i>	1
		<i>Uranotaenia socialis</i>	4
Wyeomyia	Wyeomyia	<i>Wyeomyia arthrostigma</i>	1
		<i>Wyeomyia mitchellii</i>	4
		<i>Wyeomyia pertinans</i>	1
<hr/>			
Total de registros			922
<hr/>			

Tabla 8. Distribución por taxa de las unidades curatoriales incorporadas a la Colección de Insectos Acuáticos del CRISP-INSP.

Orden	Familia	Especie	Registros
Coleoptera	Dryopidae	<i>Acilius sp.</i>	12
		<i>Agabus sp.</i>	2
	Dytiscidae	<i>Bidessonotus sp.</i>	1
		<i>Bidessus sp.</i>	2
		<i>Celina sp.</i>	1
		<i>Copelatus sp.</i>	7
		<i>Cybister sp.</i>	22
		<i>Derovatellus sp.</i>	10
		<i>Desmopachria sp.</i>	7
		<i>Dytiscus sp.</i>	4
		<i>Graphoderus sp.</i>	1
		<i>Helichus sp.</i>	1
		<i>Hydaticus rimosus</i>	1
		<i>Hydaticus sp.</i>	8
		<i>Hydrovatus sp.</i>	1
		<i>Laccodytes sp.</i>	11
		<i>Laccophilus fasciatus</i>	38
		<i>Laccophilus maculosus</i>	19
		<i>Laccophilus pictus</i>	19
		<i>Laccophilus sp.</i>	29
		<i>Laccophilus undatus</i>	1
	Elmidae	<i>Liodessus sp.</i>	30
		<i>Megadytes sp.</i>	4
		<i>Pachydrus princeps</i>	1
		<i>Pachydrus sp.</i>	5
		<i>Pelonomus obscurus</i>	1
		<i>Pelonomus sp.</i>	1
		<i>Rhantus calidus</i>	1
		<i>Rhantus gutticollis</i>	1
		<i>Rhantus sp.</i>	3
		<i>Thermonectus basillaris</i>	7
		<i>Thermonectus marmoratus</i>	2
		<i>Thermonectus nigrofasciatus</i>	1
		<i>Thermonectus sp.</i>	9
		<i>Uvarus sp.</i>	3
		<i>Lara sp.</i>	1
		<i>Neocylloepus sp.</i>	1
		<i>Ordobrevia sp.</i>	1

Gyrinidae	<i>Dineutus ciliatus</i>	2
	<i>Gyrinus sp.</i>	1
Haliplidae	<i>Apteraliplus sp.</i>	2
	<i>Haliplus sp.</i>	7
	<i>Peltodytes muticus</i>	1
	<i>Peltodytes sp.</i>	1
Helophoridae	<i>Helophorus sp.</i>	1
Hydraenidae	<i>Hydraena sp.</i>	6
Hydrochidae	<i>Hydrochus sp.</i>	26
Hydrophilidae	<i>Anacaena suturalis</i>	6
	<i>Berosus exiguus</i>	1
	<i>Berosus sayi</i>	1
	<i>Berosus sp.</i>	38
	<i>Chaetarthria sp.</i>	2
	<i>Crenitis sp.</i>	2
	<i>Derallus rufus</i>	12
	<i>Derallus sp.</i>	15
	<i>Enochrus ochraceus</i>	3
	<i>Enochrus pseudochraceus</i>	1
	<i>Enochrus pygmaeus</i>	16
	<i>Enochrus sp.</i>	12
	<i>Helobata sp.</i>	1
	<i>Helochares maculicollis</i>	1
	<i>Helochares sp.</i>	2
	<i>Hydrobiomorpha sp.</i>	5
	<i>Hydrophilus insularis</i>	2
	<i>Hydrophilus sp.</i>	4
	<i>Laccobius sp.</i>	7
	<i>Paracymus sp.</i>	13
	<i>Tropisternus collaris</i>	28
	<i>Tropisternus lateralis</i>	26
	<i>Tropisternus mixtus</i>	2
	<i>Tropisternus paredesi</i>	1
	<i>Tropisternus sp.</i>	155
Hydroscaphidae	<i>Hydroscapha sp.</i>	1
Noteridae	<i>Hydrocanthus oblongus</i>	3
	<i>Hydrocanthus sp.</i>	32
	<i>Notomicrus sp.</i>	3
	<i>Suphis sp.</i>	7
	<i>Suphisellus lineatus</i>	4
	<i>Suphisellus sp.</i>	11
Scirtidae	<i>Cyphon sp.</i>	4
	<i>Scirtes sp.</i>	1

Diptera	Empididae	<i>Hemerodromia</i> sp.	1
	Ephydriidae	<i>Brachydeutera</i> sp.	1
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	2
	Stratiomyidae	<i>ND</i>	2
		<i>Stratiomys</i> sp.	2
	Tabanidae	<i>Tabanus</i> sp.	1
Hemiptera	Acanthosomatidae	<i>Elasmucha lateralis</i>	1
	Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp.	20
		<i>Lethocerus</i> sp.	8
	Corixidae	<i>Corisella decolor</i>	1
		<i>Graptocorixa</i> sp.	2
		<i>Tenagobia</i> sp.	3
		<i>Trichocorixa</i> sp.	3
	Gelastocoridae	<i>Gelastocoris oculatus</i>	2
		<i>Gelastocoris</i> sp.	4
		<i>Nerthra</i> sp.	2
	Gerridae	<i>Aquarius</i> sp.	1
		<i>Metrobates</i> sp.	2
		<i>Rheumatobates</i> sp.	3
		<i>Trepobates pictus</i>	1
		<i>Trepobates</i> sp.	8
	Hebridae	<i>Lipogomphus</i> sp.	7
		<i>Merragata</i> sp.	4
	Hydrometridae	<i>Hydrometra</i> sp.	6
	Macroveliidae	<i>Macrovelia</i> sp.	6
	Mesoveliiidae	<i>Mesovelia mulsanti</i>	2
		<i>Mesovelia</i> sp.	7
	Naucoridae	<i>Ambrysus mormon</i>	4
		<i>Ambrysus</i> sp.	30
		<i>Pelocoris</i> sp.	69
	Nepidae	<i>Curicta howardi</i>	6
		<i>Curicta</i> sp.	3
		<i>Ranatra</i> sp.	52
	Notonectidae	<i>Buenoa</i> sp.	45
		<i>Notonecta</i> sp.	32
	Pleidae	<i>Neoplea</i> sp.	27
		<i>Paraplea</i> sp.	7
	Veliidae	<i>Microvelia</i> sp.	18
		<i>Paravelia</i> sp.	1
		<i>Rhagovelia</i> sp.	2
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	2
Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna</i> sp.	7
		<i>Anax</i> sp.	3

		<i>Triacanthagyna sp.</i>	1
Calopterygidae		<i>Hetaerina cruentata</i>	3
		<i>Hetaerina sp.</i>	3
Coenagrionidae		<i>Amphiagrion sp.</i>	2
		<i>Argia oenea</i>	16
		<i>Argia sp.</i>	5
		<i>Enallagma sp.</i>	12
		<i>Hesperagrion sp.</i>	5
		<i>Ischnura sp.</i>	10
		<i>Telebasis sp.</i>	8
		<i>Zoniagrion sp.</i>	5
Gomphidae		<i>Erpetogomphus elaps</i>	12
		<i>Erpetogomphus eutainia</i>	3
		<i>Erpetogomphus sp.</i>	4
		<i>Phyllogomphoides sp.</i>	3
		<i>Phyllogomphoides suasus</i>	5
		<i>Progomphus clendoni</i>	1
		<i>Progomphus sp.</i>	2
Lestidae		<i>Archilestes sp.</i>	1
		<i>Lestes sp.</i>	1
Libellulidae		<i>Brechmorhoga mendax</i>	1
		<i>Brechmorhoga praecox</i>	38
		<i>Brechmorhoga vivax</i>	2
		<i>Erythemis plebeja</i>	1
		<i>Erythemis sp.</i>	9
		<i>Erythemis vesiculosa</i>	8
		<i>Erythrodiplax sp.</i>	2
		<i>Libellula sp.</i>	5
		<i>Macrothemis pseudimitans</i>	3
		<i>Macrothemis sp.</i>	1
		<i>Micrathyria hagenii</i>	3
		<i>Nannothemis sp.</i>	5
		<i>Orthemis sp.</i>	2
		<i>Pachydiplax sp.</i>	8
		<i>Pantala sp.</i>	1
		<i>Perithemis sp.</i>	5
		<i>Tramea sp.</i>	4
Megapodagrionidae		<i>Heteragrion tricellulare</i>	1
Perilestidae		<i>Perissolestes sp.</i>	1
Platystictidae		<i>Palaemnema sp</i>	19
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	2
Total de registros			1371

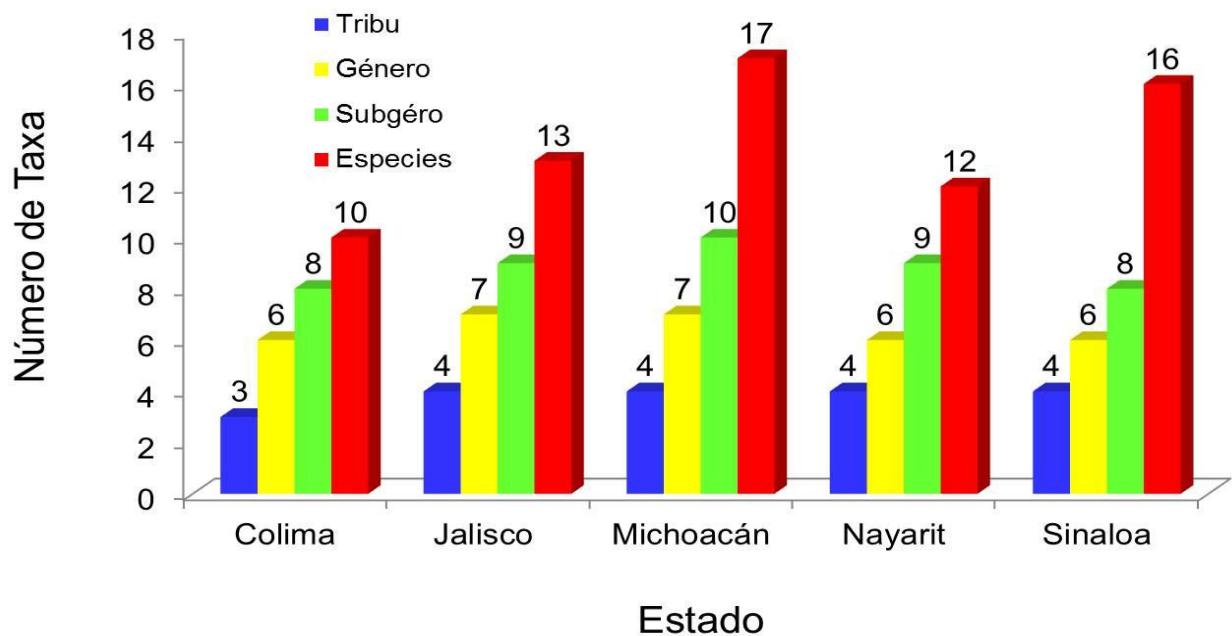


Figura 1. Riqueza de taxa de mosquitos de importancia médica en cinco estados México.

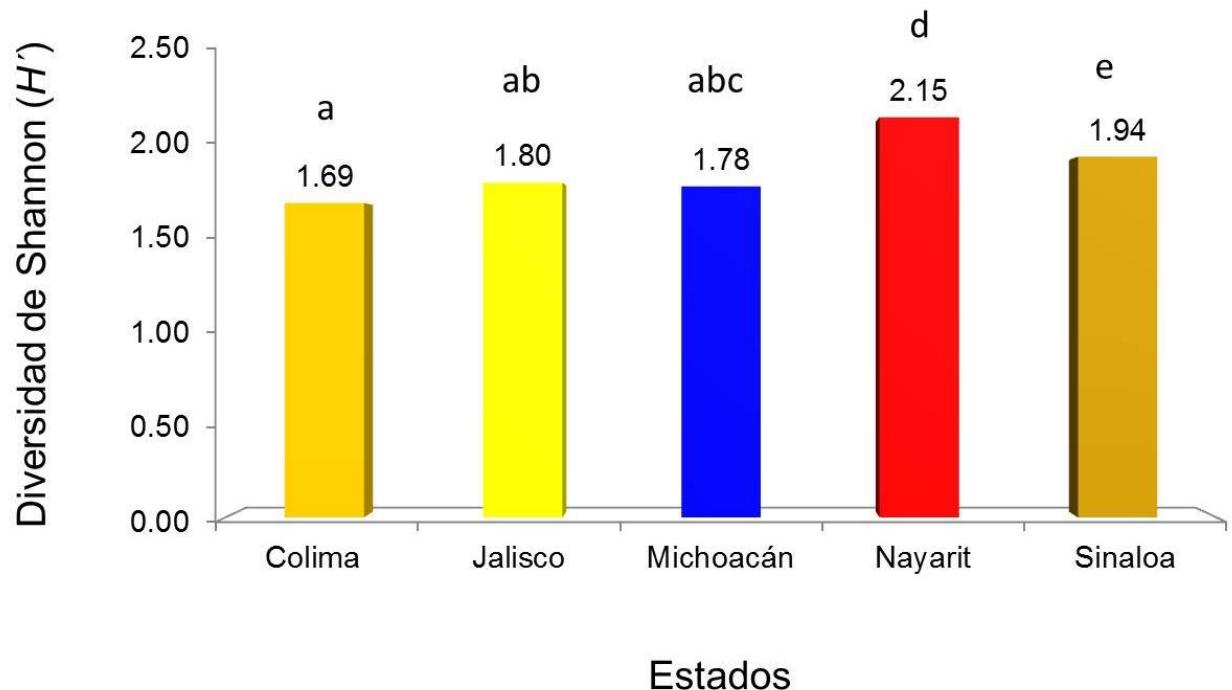


Figura 2. Índice de diversidad de Shannon (H') para las especies de mosquitos de importancia médica en cinco estados de México.

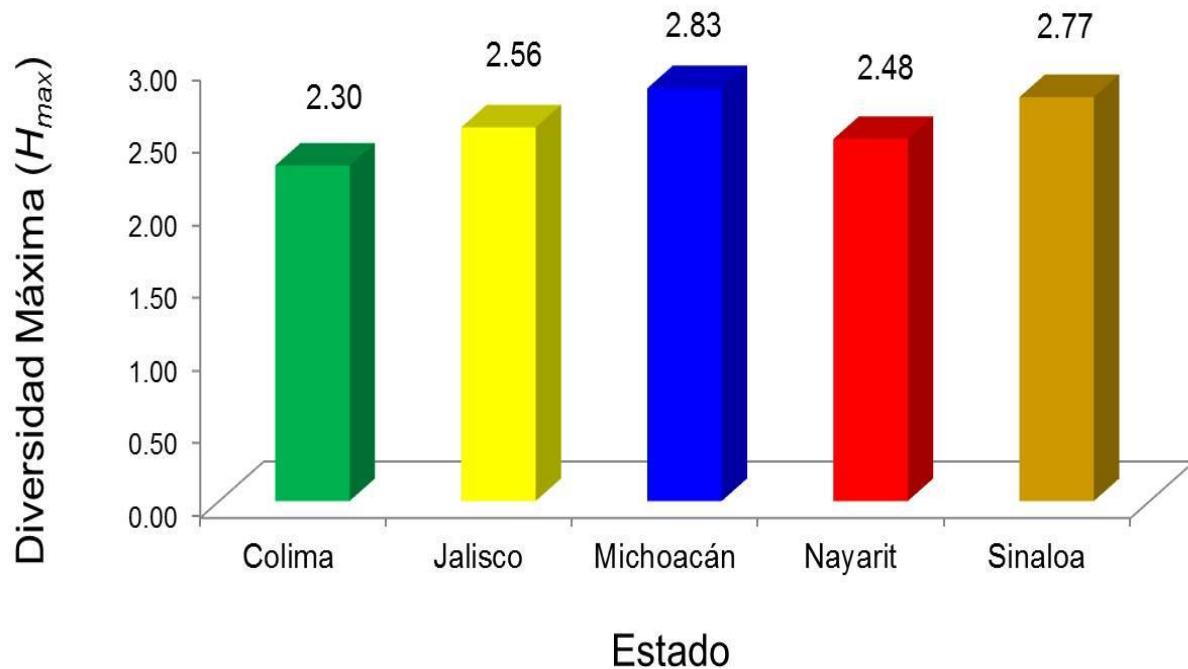


Figura 3. Diversidad máxima (H_{max}) para las especies de mosquitos de importancia médica en cinco estados de México.

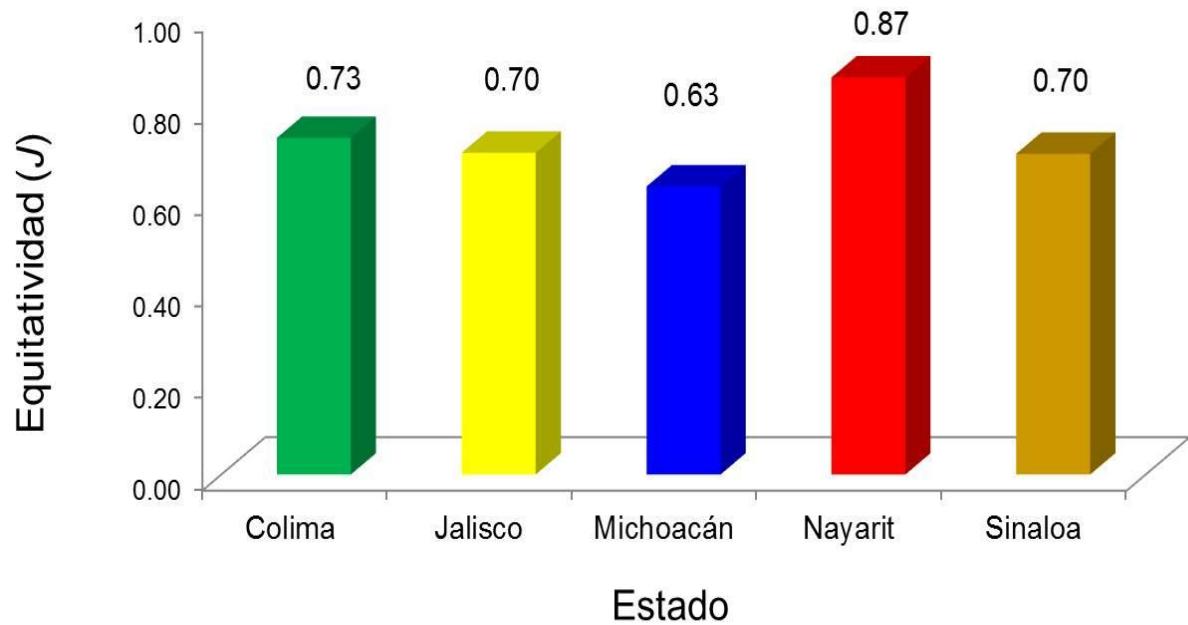


Figura 4. Equitatividad (J) para las especies de mosquitos de importancia médica en cinco estados de México.

Tabla 9. Precisión de los valores de diversidad de culícidos para el índice de Shannon (H'), estimada mediante la técnica de Jackknife.

	H'	ϕ	Media ϕ (\pm EE)	Intervalo de confianza (95%)		% Error
Todas las colectas	2.368			Límite Inferior	Límite Superior	
(1, 2, 3, 4)	2.390	2.280				
(1, 2, 3, 5)	2.410	2.200				
(1, 2, 4, 5)	2.336	2.496	2.537 ± 0.168	2.319	2.567	4.12
(1, 3, 4, 5)	2.170	3.160				
(2, 3, 4, 5)	2.323	2.548				

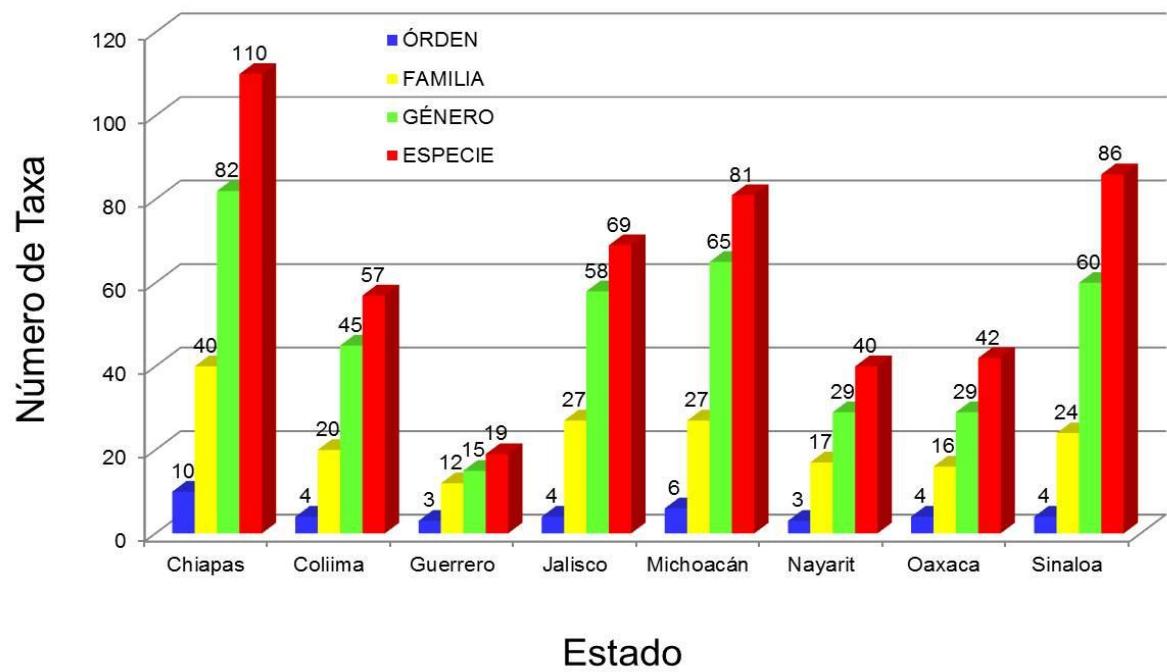


Figura 5. Riqueza de taxa de insectos acuáticos en ocho estados México.

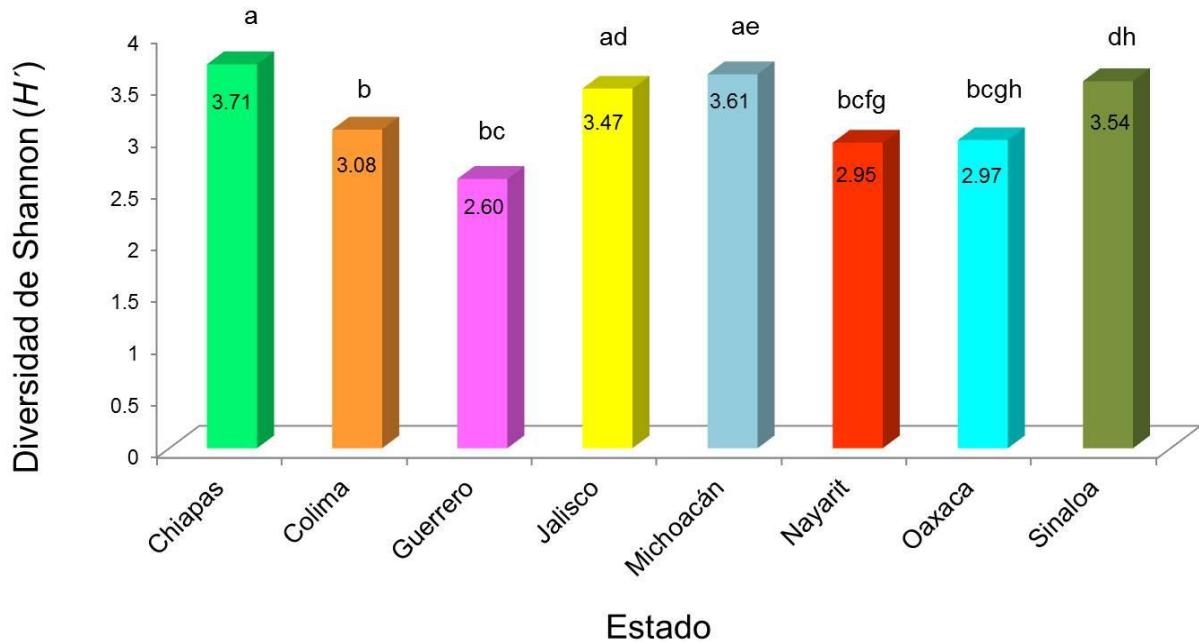


Figura 6. Índice de diversidad de Shannon (H') para las especies de insectos acuáticos en ocho estados México.

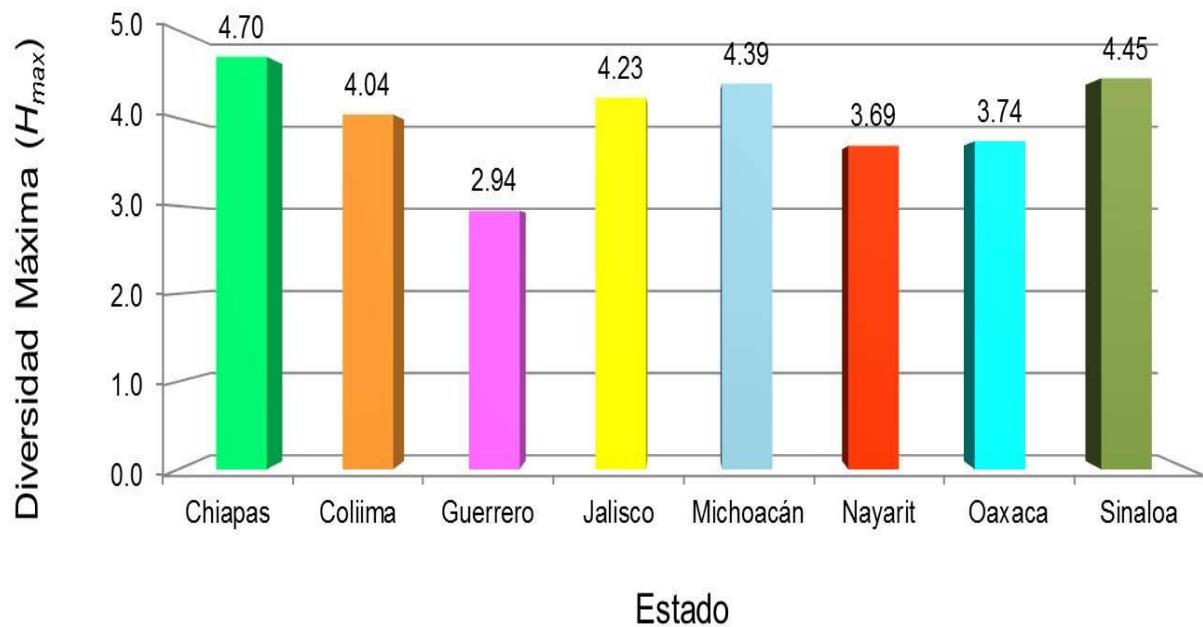


Figura 7. Diversidad máxima (H_{max}) para las especies de insectos acuáticos en ocho estados de México.

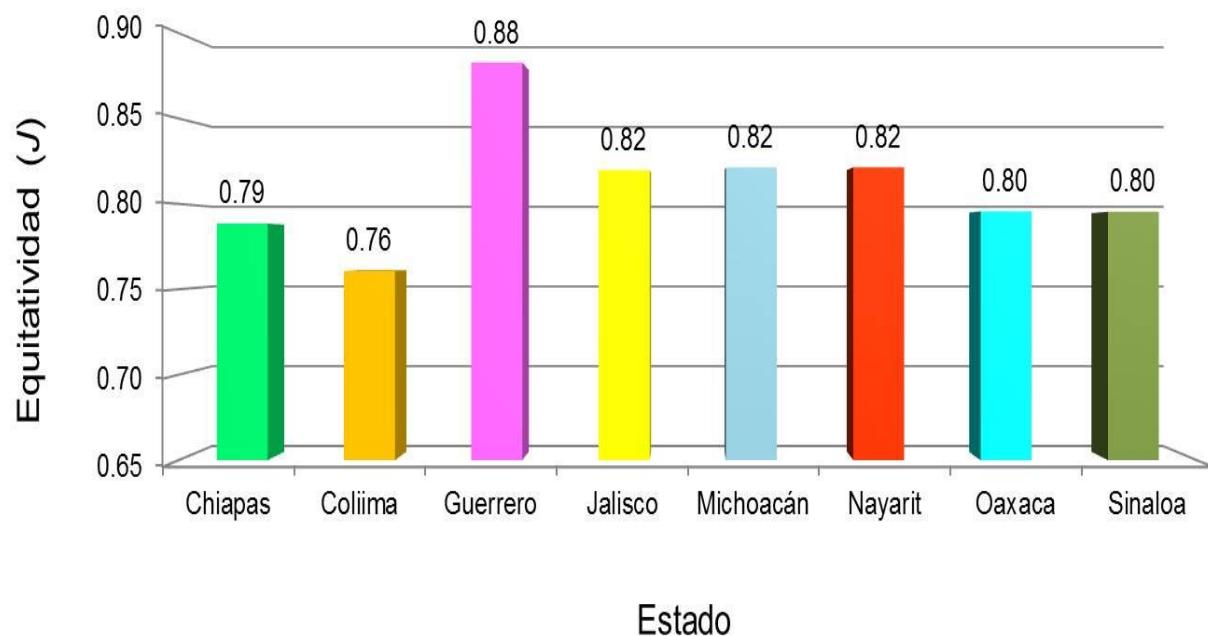


Figura 8. Equitatividad (J) para las especies de insectos acuáticos en ocho estados de México.

Tabla 10. Precisión de los valores de diversidad de insectos acuáticos para el índice de Shannon (H'), estimada mediante la técnica de Jackknife.

	H'	\emptyset	Media \emptyset (\pm EE)	Intervalo de confianza (95%)		% Error
Todas las colectas	4.382			Límite Inferior	Límite Superior	
(1,2,3,4,5,6)	4.328	4.706				
(1,2,3,4,5,7)	4.357	4.532				
(1,2,3,4,6,7)	4.385	4.364				
(1,2,3,5,6,7)	4.33	4.694	4.330 ± 0.218	4.319	4.393	1.18
(1,2,4,5,6,7)	4.365	4.484				
(1,3,4,5,6,7)	4.388	4.346				
(2,3,4,5,6,7)	4.367	4.472				

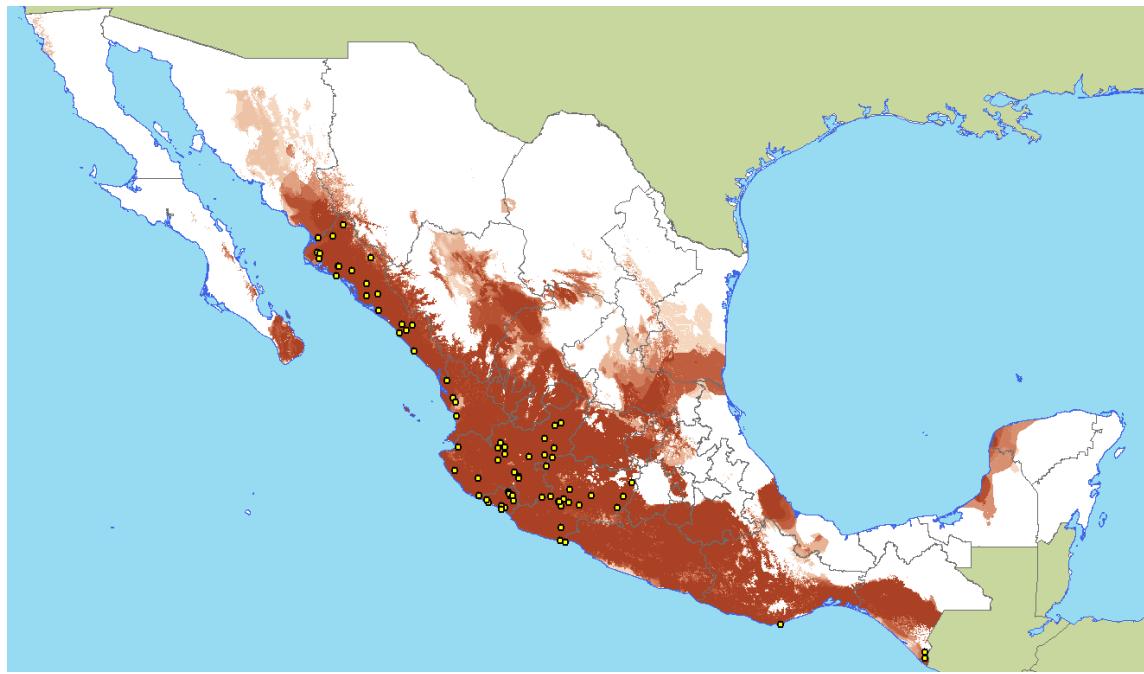


Figura 9. Predicción del nicho ecológico de *Aedes aegypti* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 10. Predicción del nicho ecológico de *Ochlerotatus epactius* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

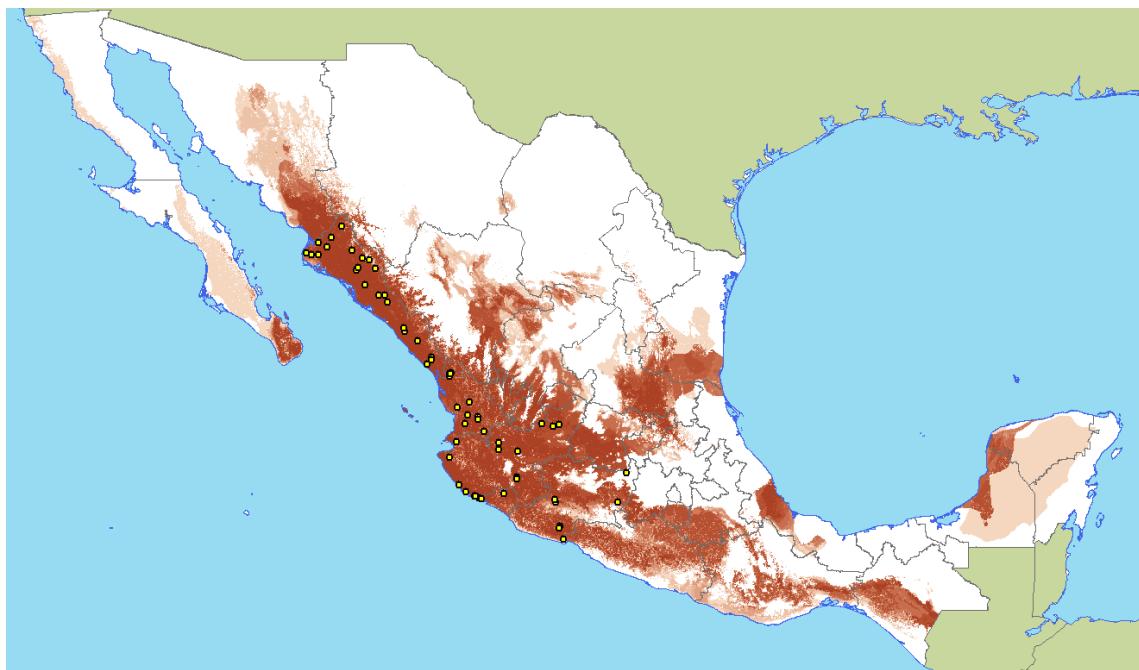


Figura 11. Predicción del nicho ecológico de *Anopheles pseudopunctipennis* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

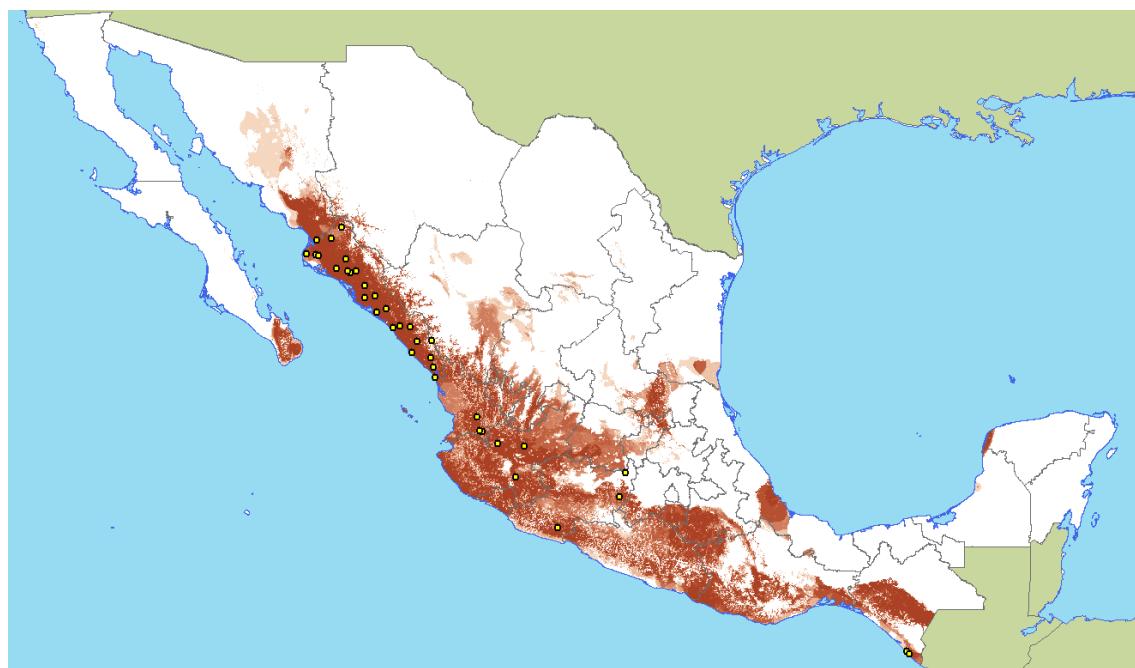


Figura 12. Predicción del nicho ecológico de *Culex quinquefasciatus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

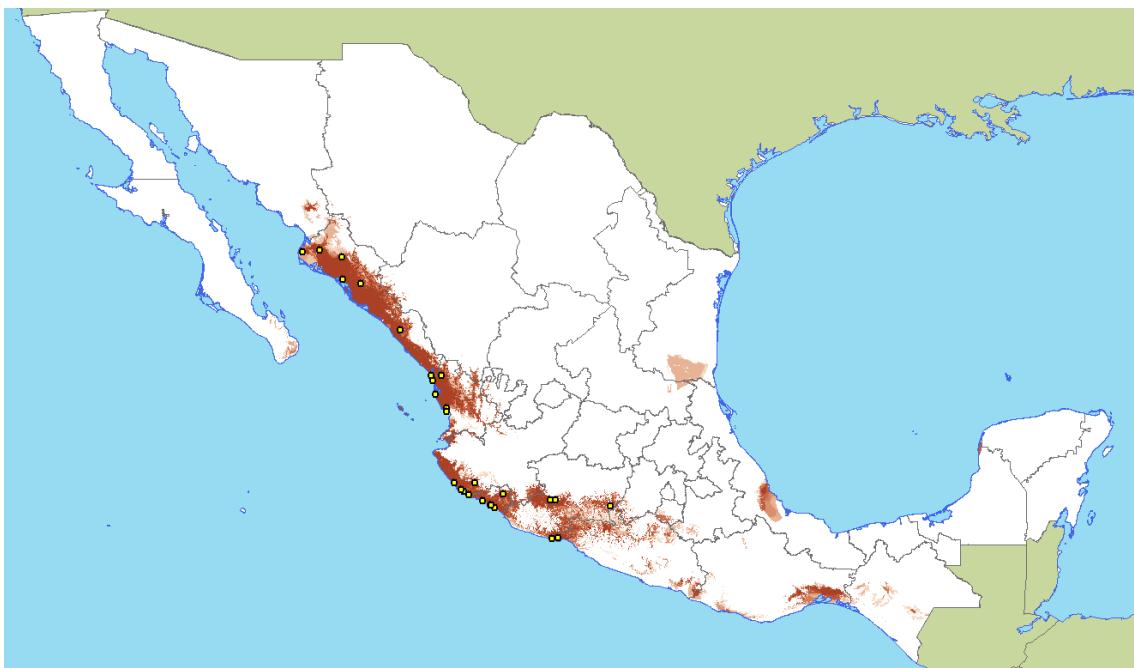


Figura 13. Predicción del nicho ecológico de *Anopheles albimanus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 14. Predicción del nicho ecológico de *Culex coronator* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 15. Predicción del nicho ecológico de *Ochlerotatus taeniorhynchus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 16. Predicción del nicho ecológico de *Culex erraticus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 17. Predicción del nicho ecológico de *Uranotaenia lowii* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 18. Predicción del nicho ecológico de *Culex nigripalpus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 19. Predicción del nicho ecológico de *Culex stigmatosoma* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 20. Predicción del nicho ecológico de *Haemagogus equinus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 21. Proyección espacial para *Anopheles punctipennis* (A), *Culex educator* (B) y *Culiseta particeps* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

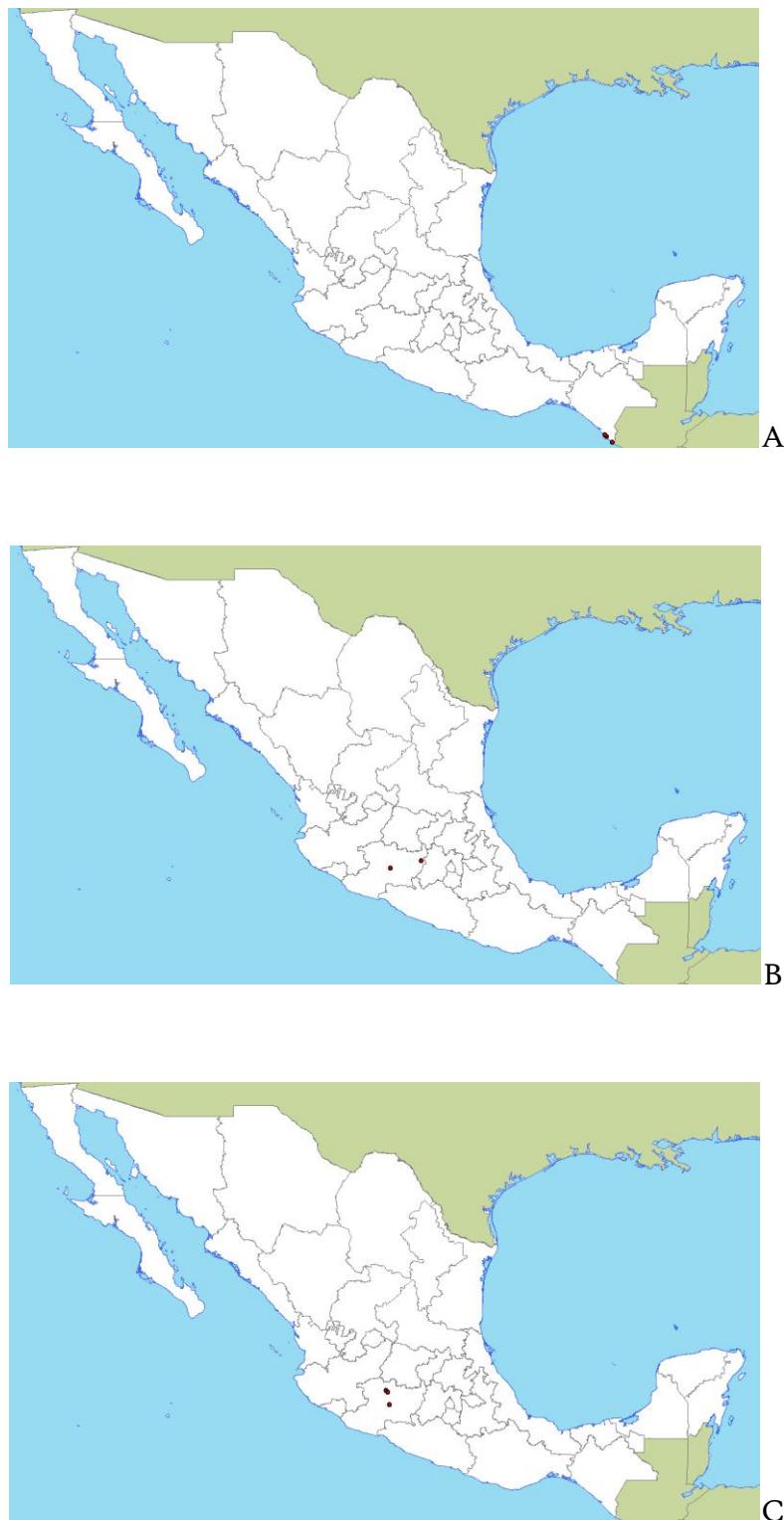


Figura 22. Proyección espacial para *Psorophora varipes* (A), *Anopheles freeborni* (B) y *Ochlerotatus trivittatus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

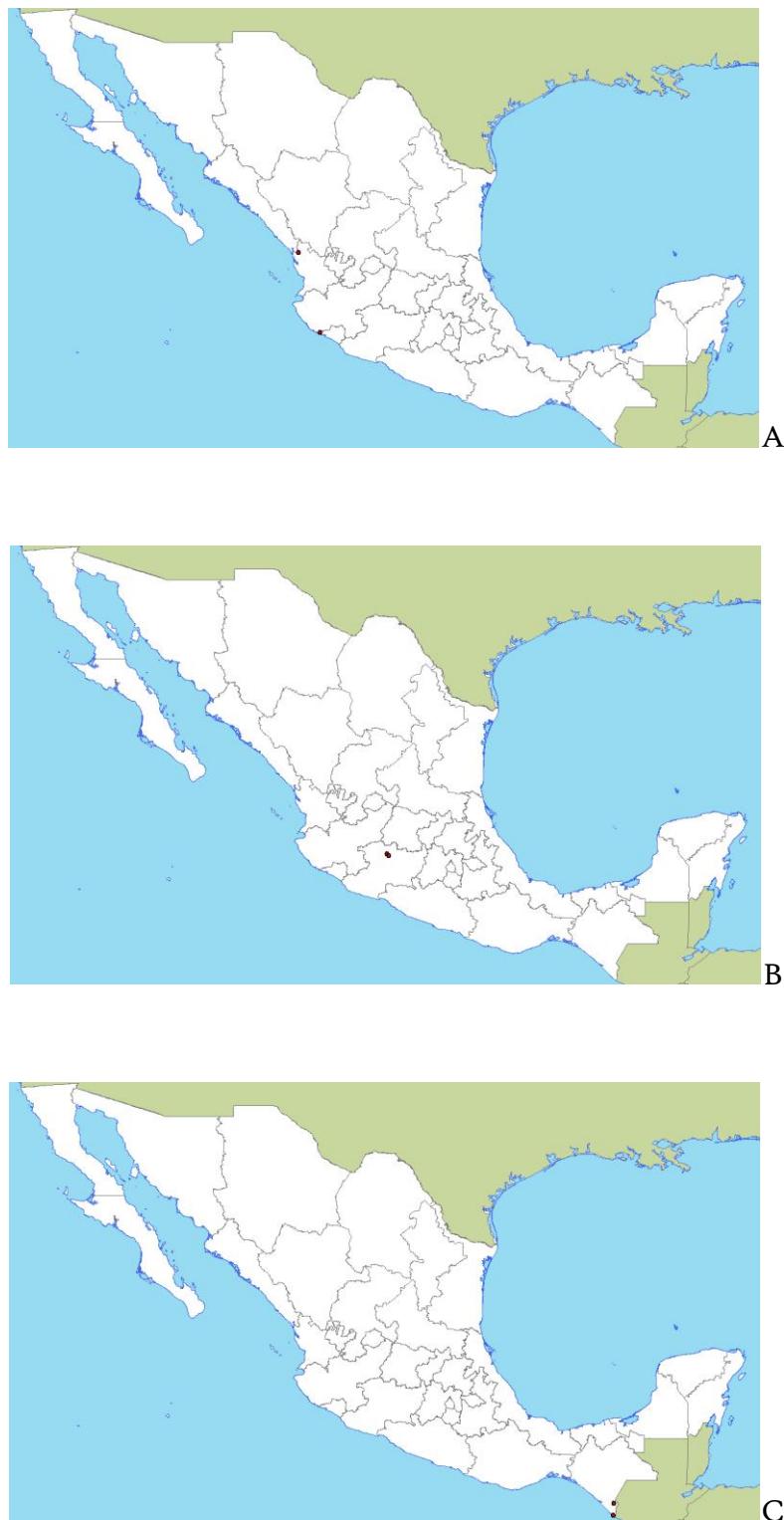


Figura 23. Proyección espacial para *Uranotaenia socialis* (A), *Aedes vexans* (B) y *Culex conspirator* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

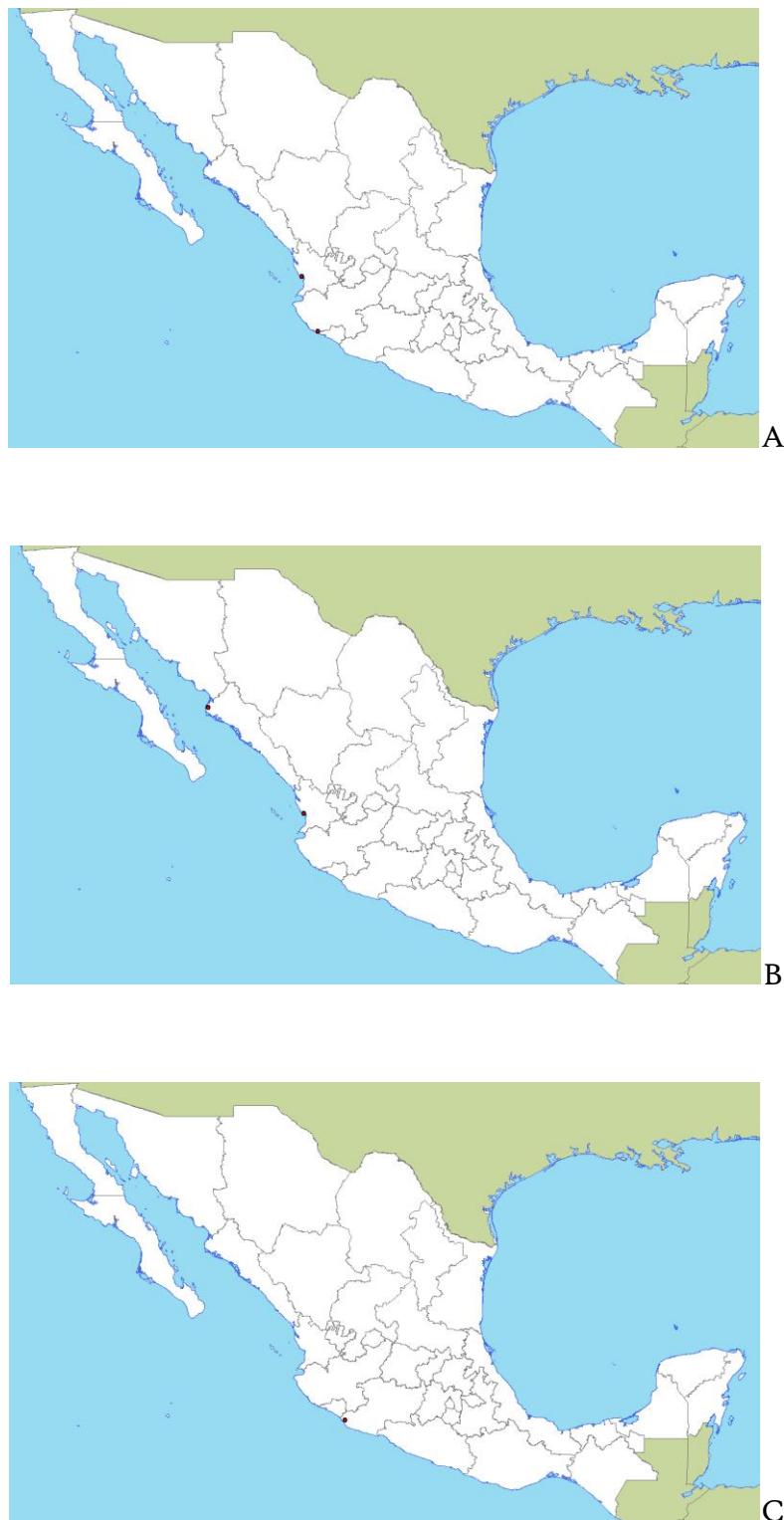


Figura 24. Proyección espacial para *Mansonia dayari* (A), *Mansonia titillans* (B) y *Ochlerotatus atropalpus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

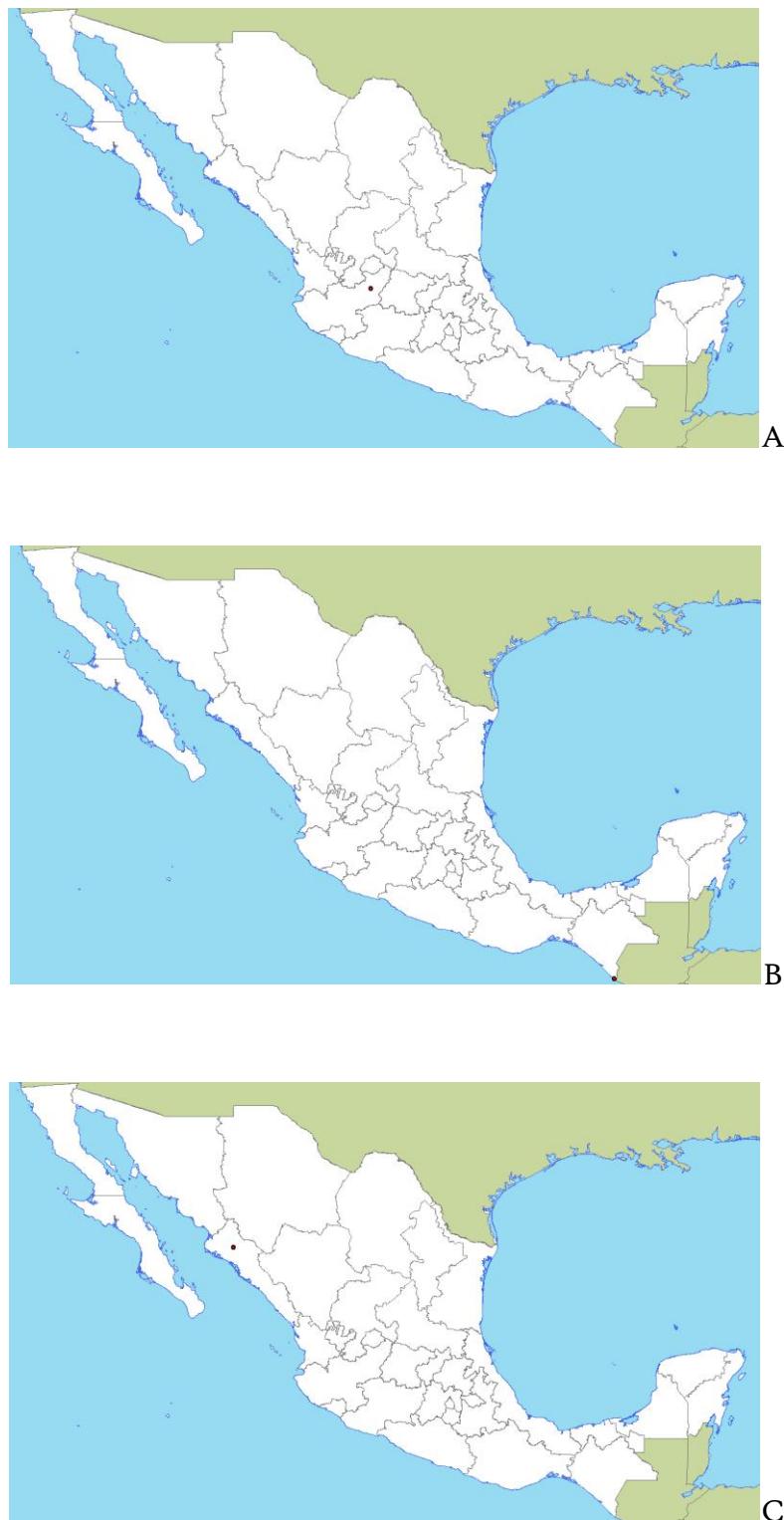


Figura 25. Proyección espacial para *Anopheles franciscanus* (A), e *Coquillettidia venezuelensis* (B) y *Culex interrogator* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 26. Proyección espacial para *Culex thriambus* (A), *Mansonia sp.* (B) y *Ochlerotatus podographicus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 27. Proyección espacial para *Psorophora confinnis* (A), *Psorophora mathesoni* (B) y *Toxorhynchites theobaldi* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 28. Proyección espacial para *Uranotaenia ortodoxa* (A) y *Wyeomyia michellii* (B) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

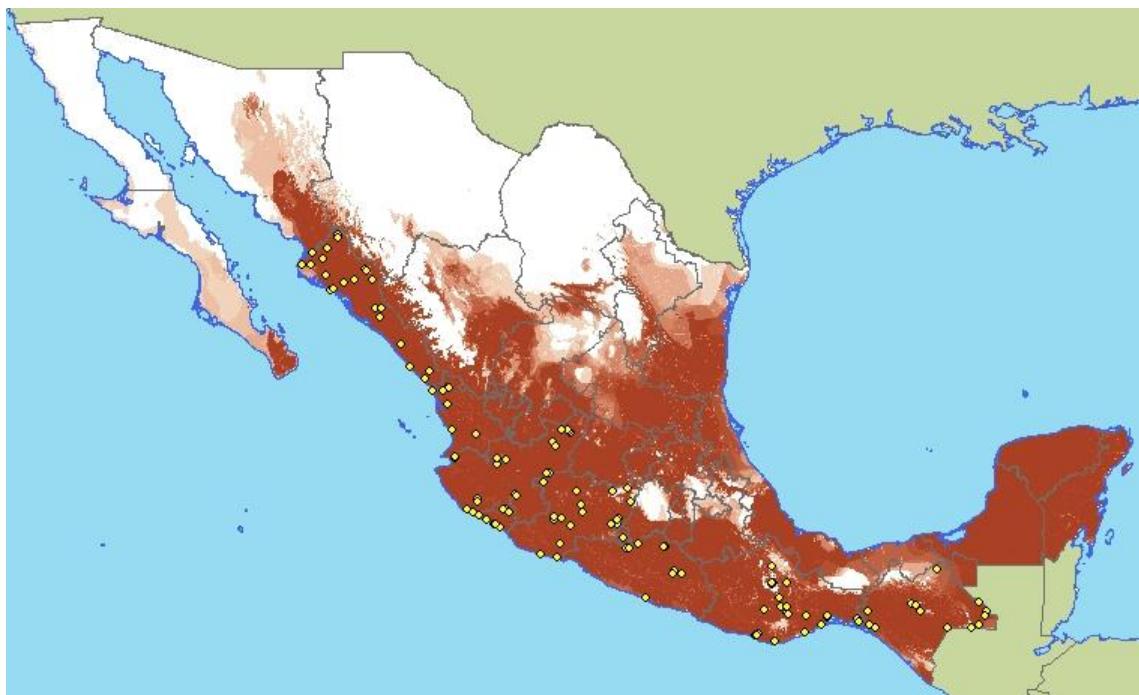


Figura 29. Predicción del nicho ecológico de *Tropisternus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

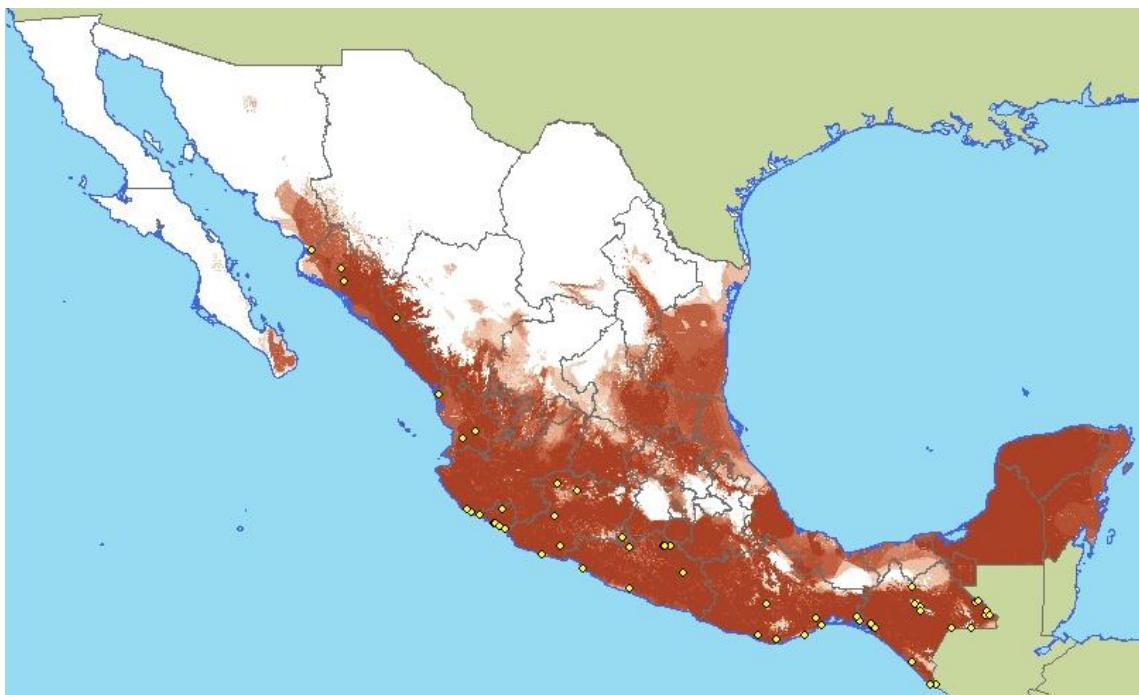


Figura 30. Predicción del nicho ecológico de *Pelocoris sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

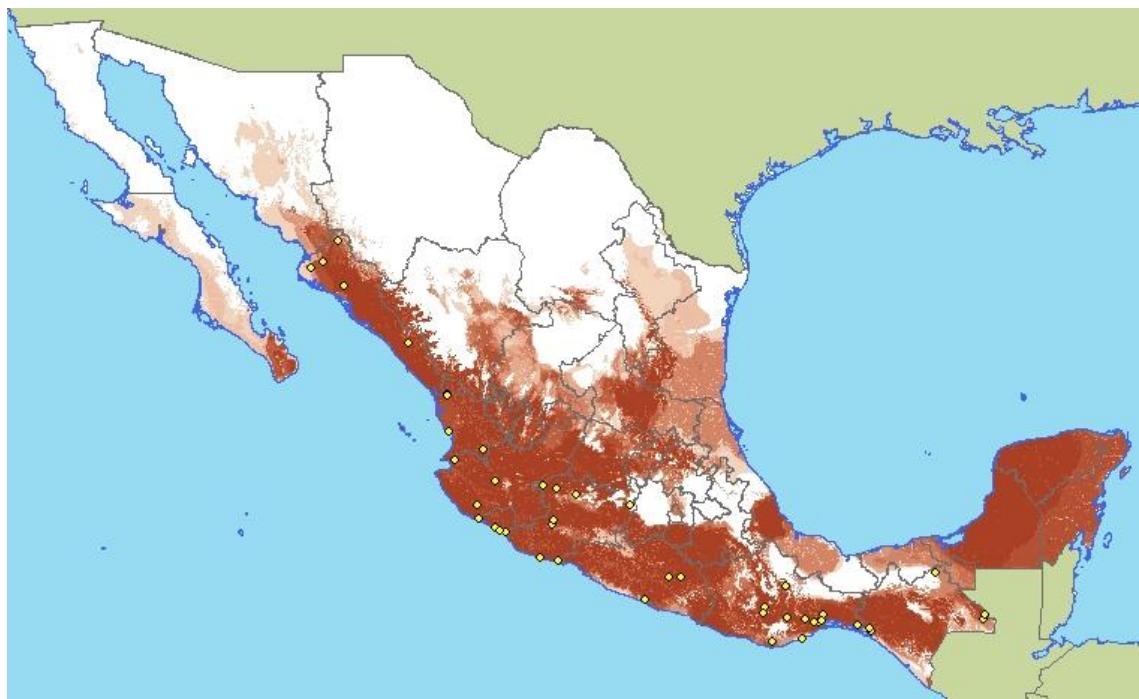


Figura 31. Predicción del nicho ecológico de *Ranatra sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 32. Predicción del nicho ecológico de *Brechmorhoga praecox* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

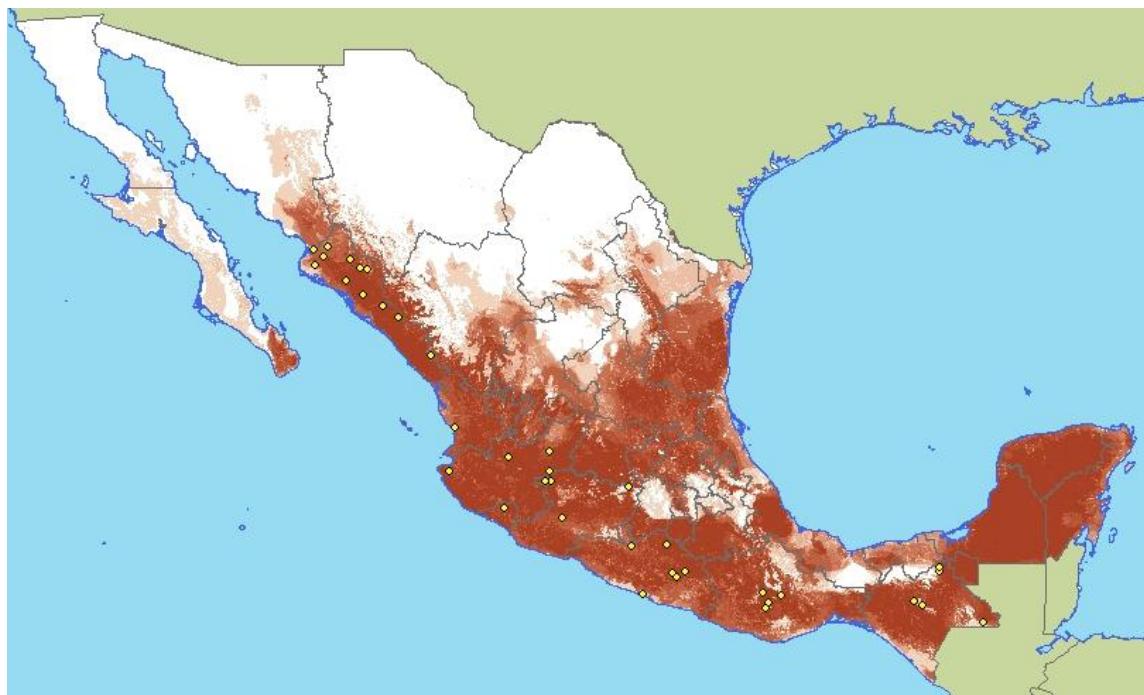


Figura 33. Predicción del nicho ecológico de *Laccophilus fasciatus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

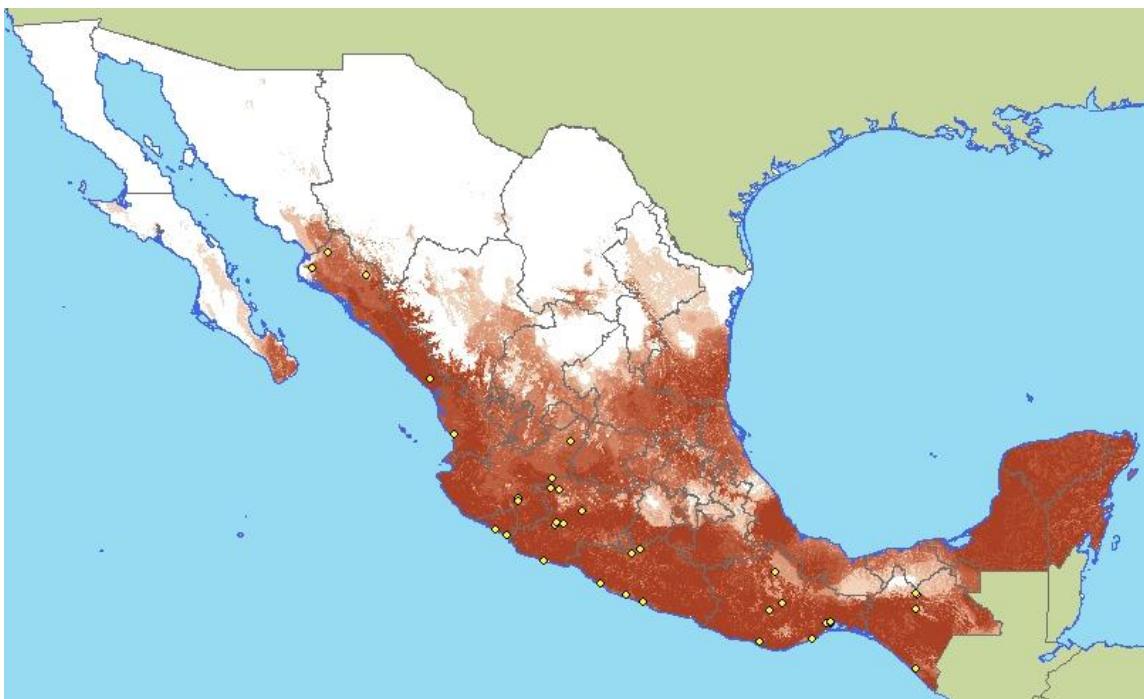


Figura 34. Predicción del nicho ecológico de *Buenoa sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 35. Predicción del nicho ecológico de *Berosus* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

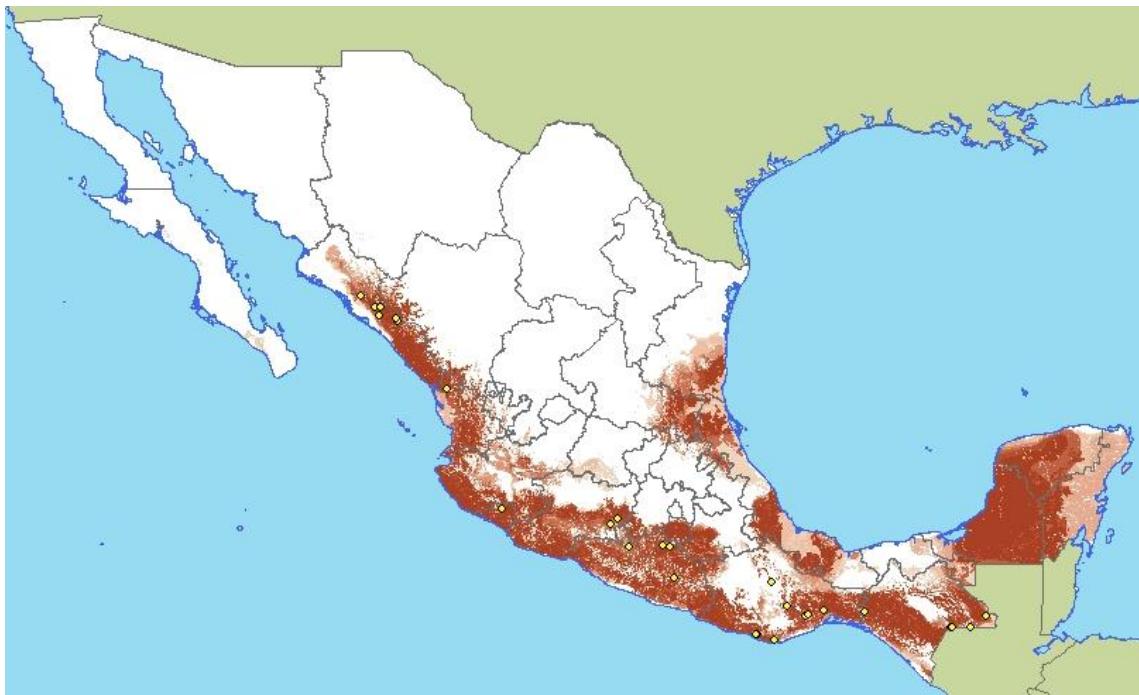


Figura 36. Predicción del nicho ecológico de *Ambrysus* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

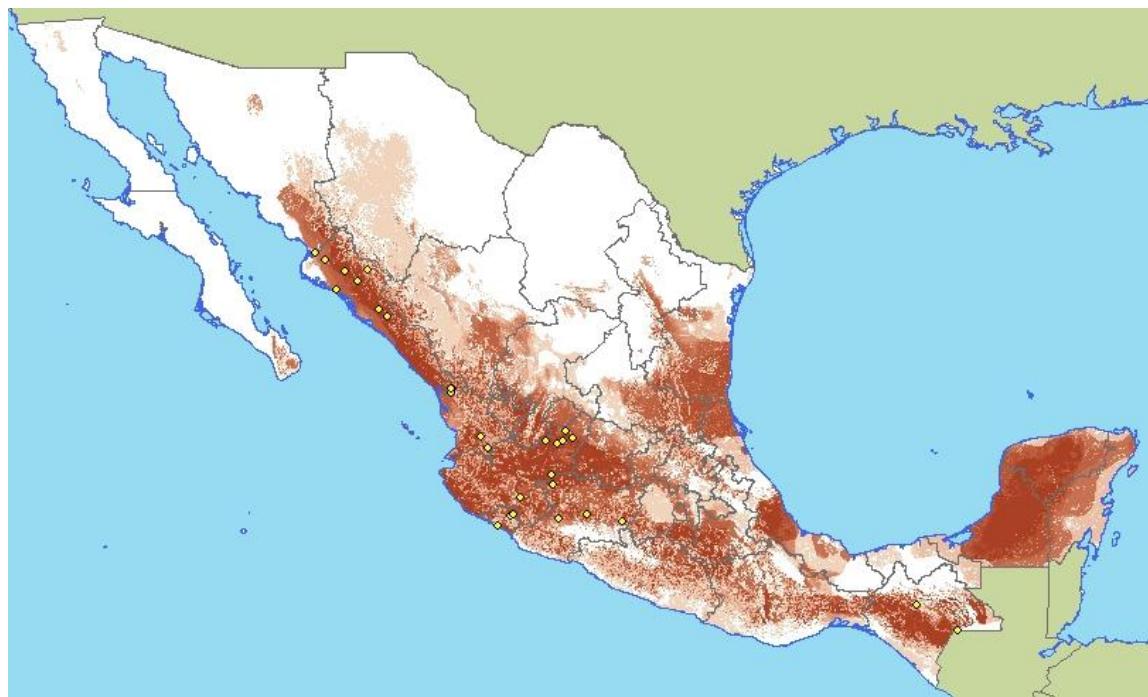


Figura 37. Predicción del nicho ecológico de *Liodessus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

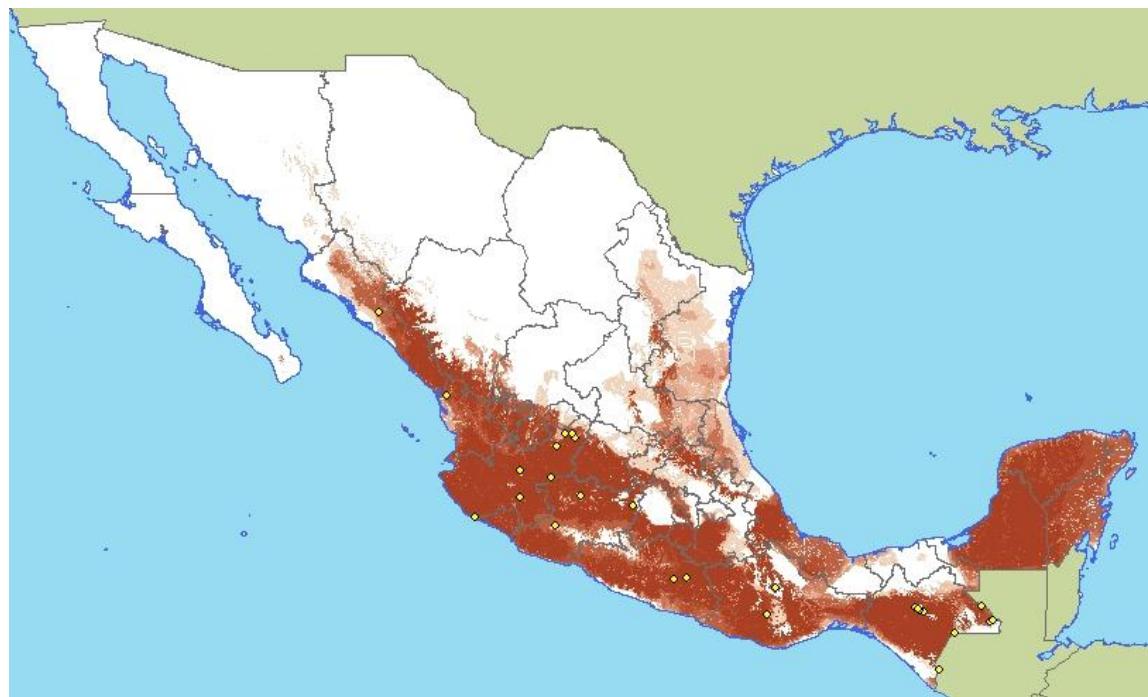


Figura 38. Predicción del nicho ecológico de *Notonecta sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 39. Predicción del nicho ecológico de *Tropisternus collaris* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

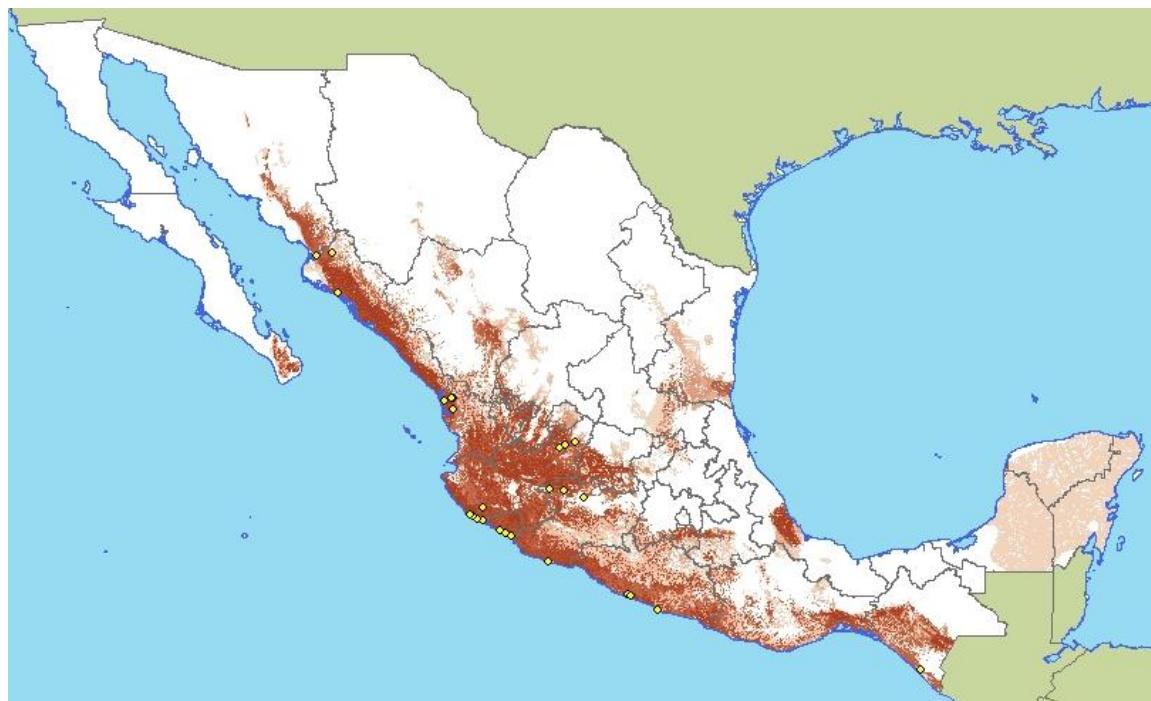


Figura 40. Predicción del nicho ecológico de *Neoplea sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

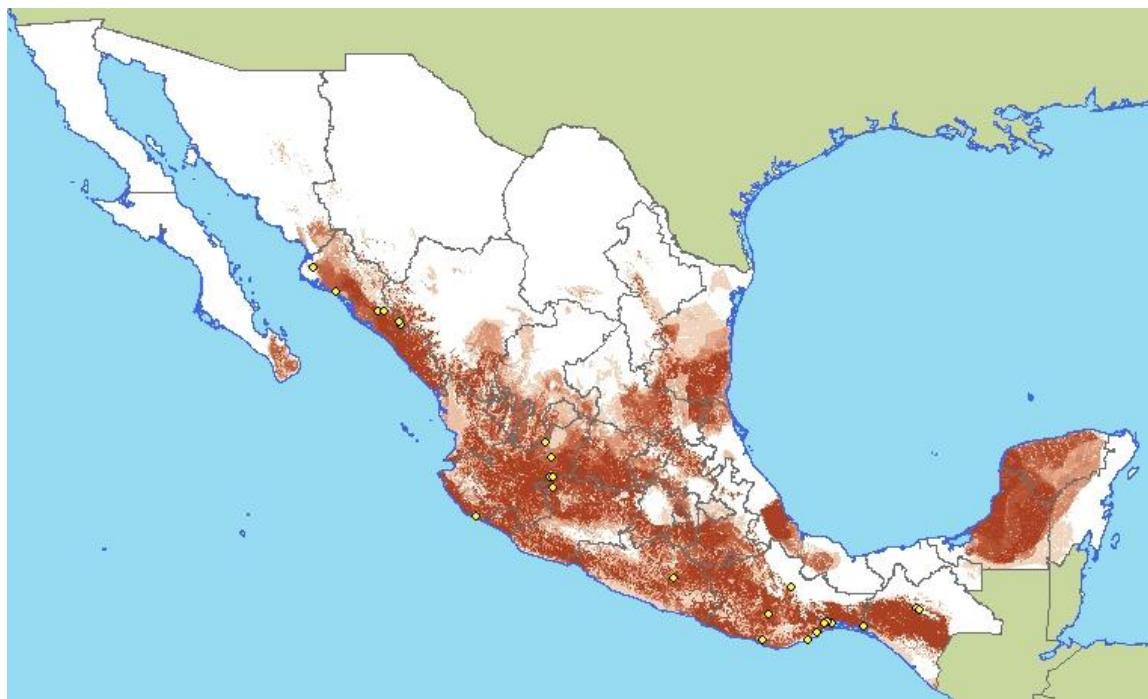


Figura 41. Predicción del nicho ecológico de *Tropisternus lateralis* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

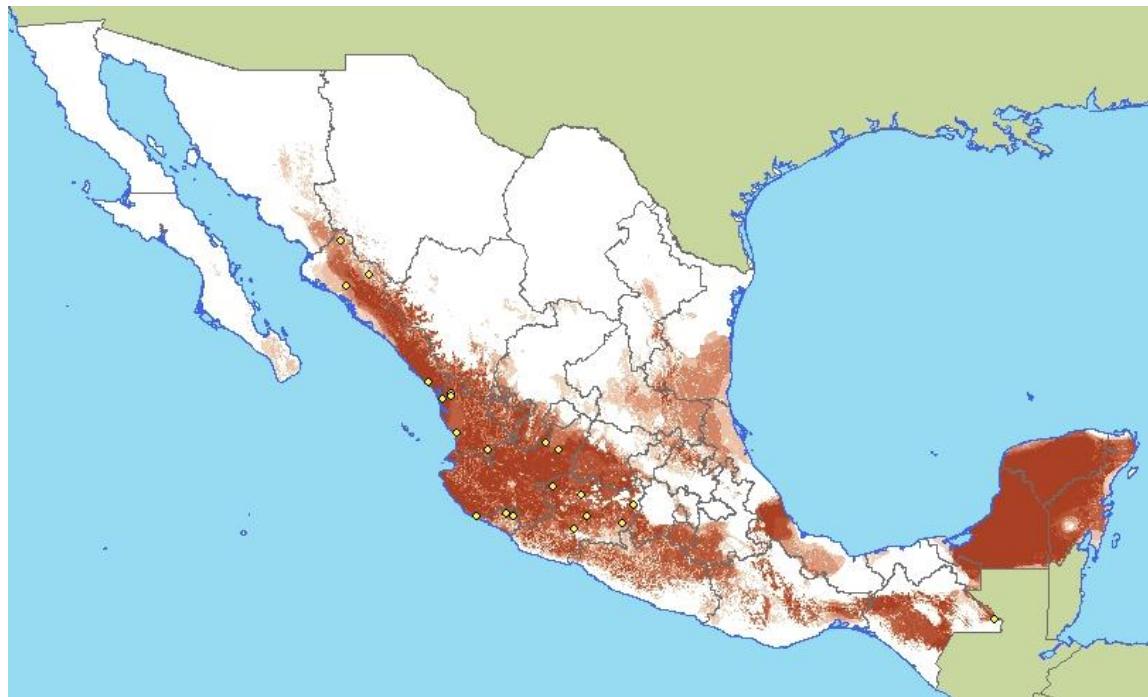


Figura 42. Predicción del nicho ecológico de *Laccophilus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 43. Predicción del nicho ecológico de *Laccophilus maculosus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

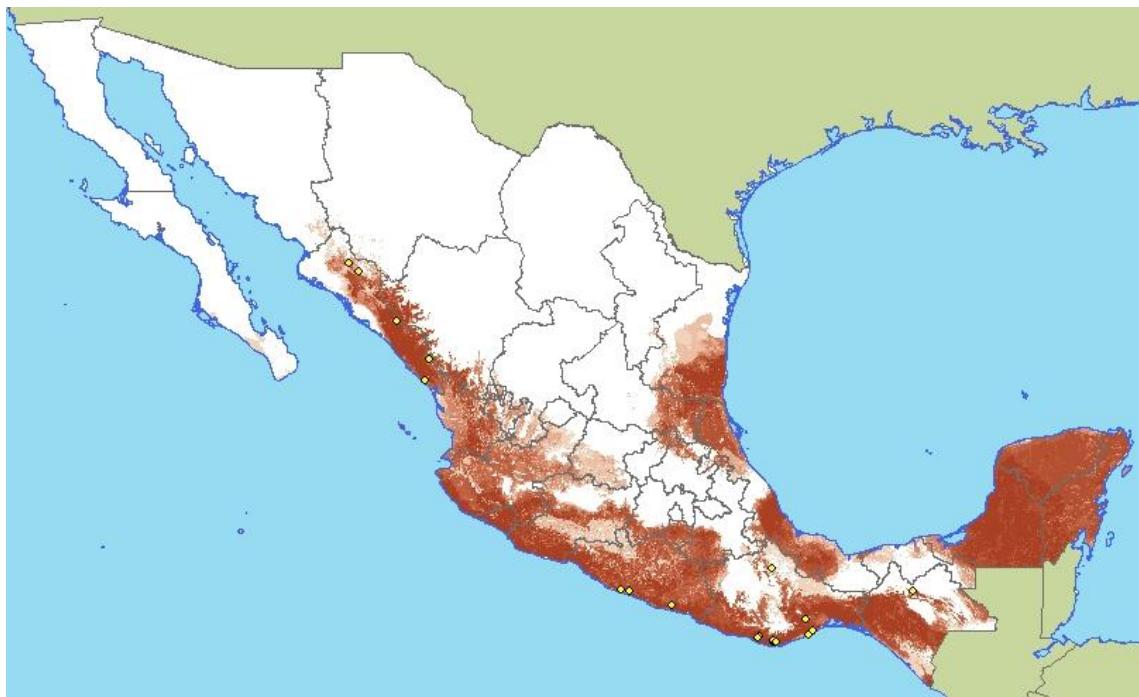


Figura 44. Predicción del nicho ecológico de *Laccophilus pictus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 45. Predicción del nicho ecológico de *Palaemnema sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 46. Predicción del nicho ecológico de *Hydrocanthus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

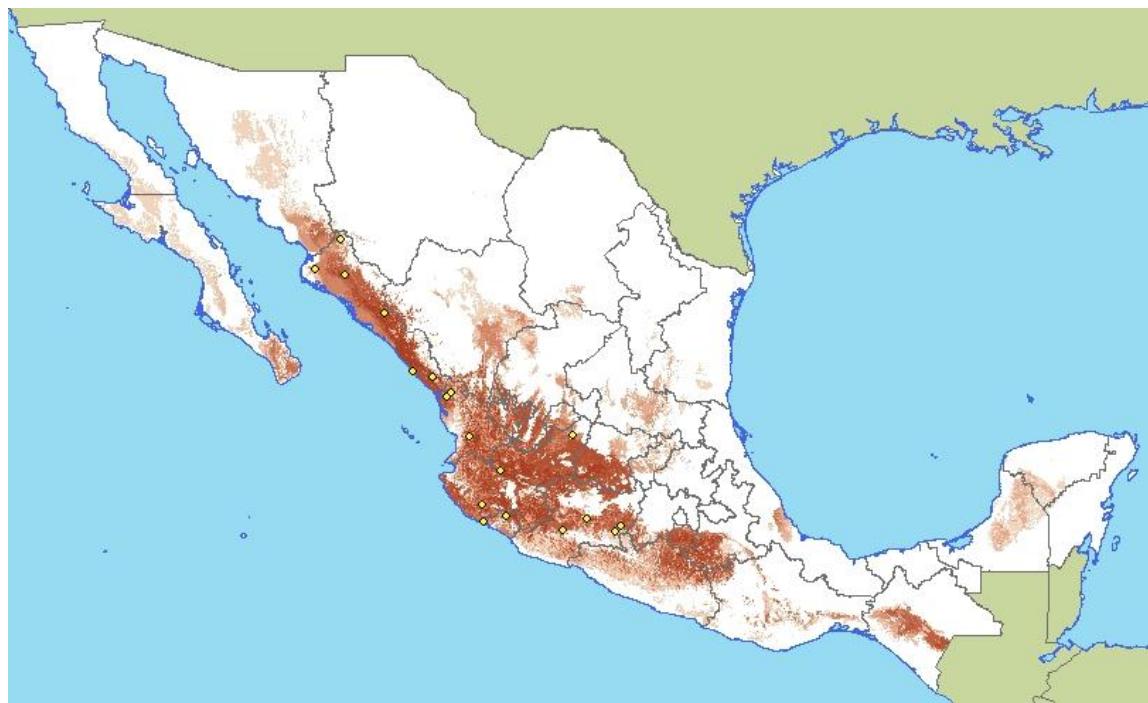


Figura 47. Predicción del nicho ecológico de *Hydrochus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

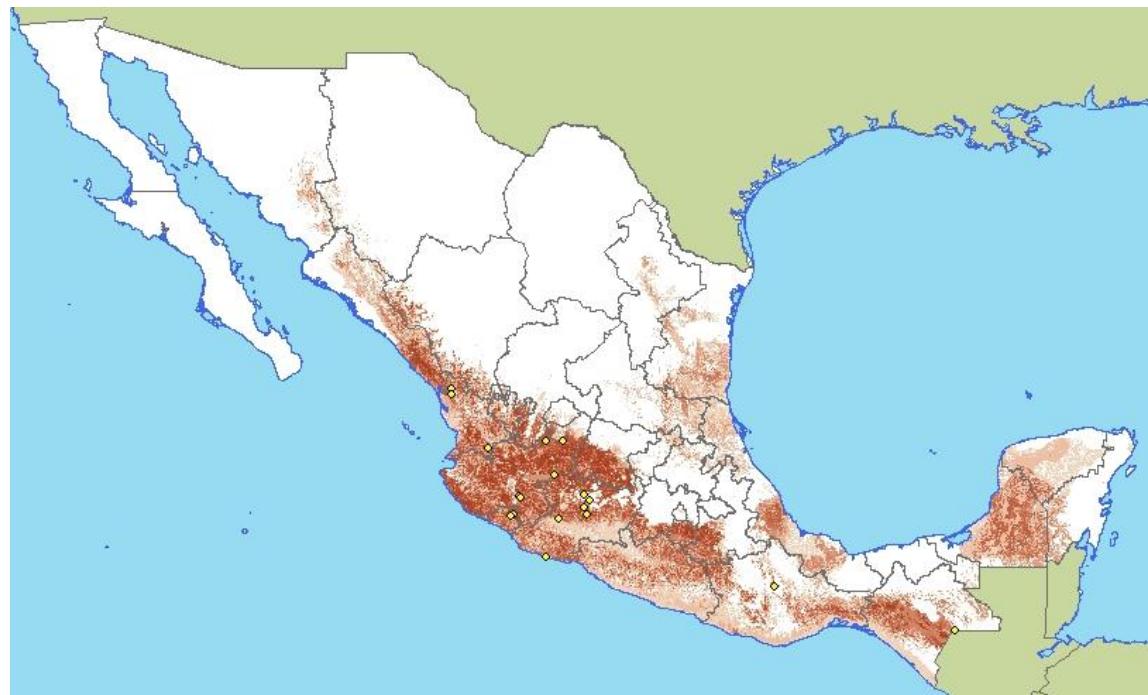


Figura 48. Predicción del nicho ecológico de *Microvelia sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 49. Predicción del nicho ecológico de *Argia oenea* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

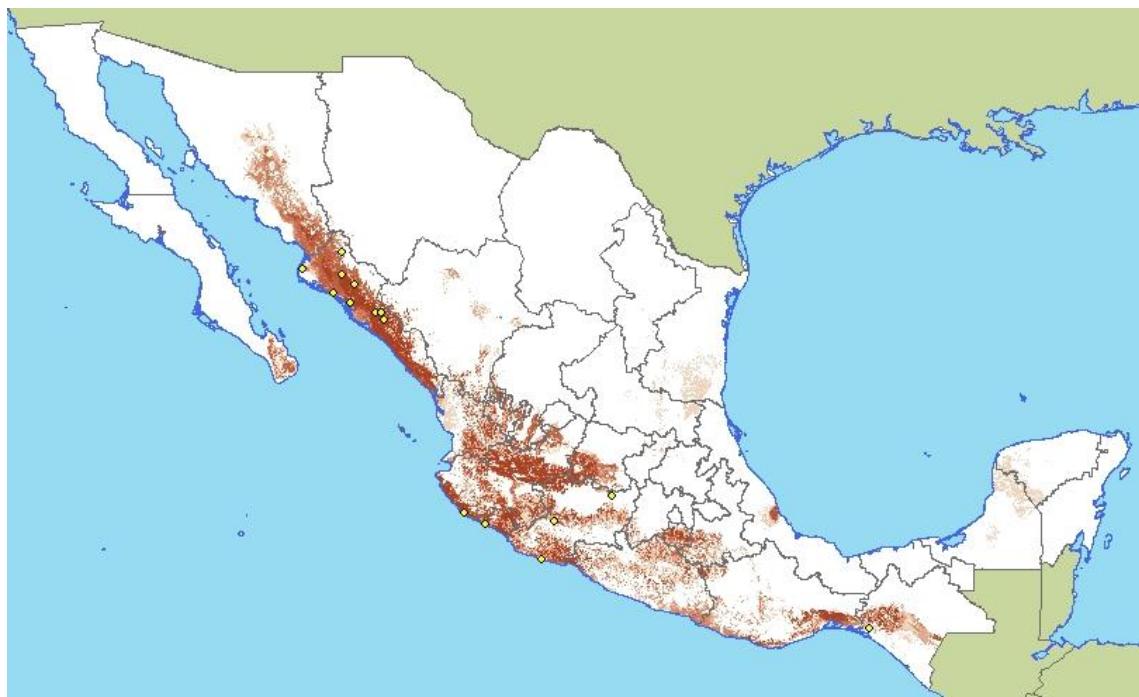


Figura 50. Predicción del nicho ecológico de *Enochrus pygmaeus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

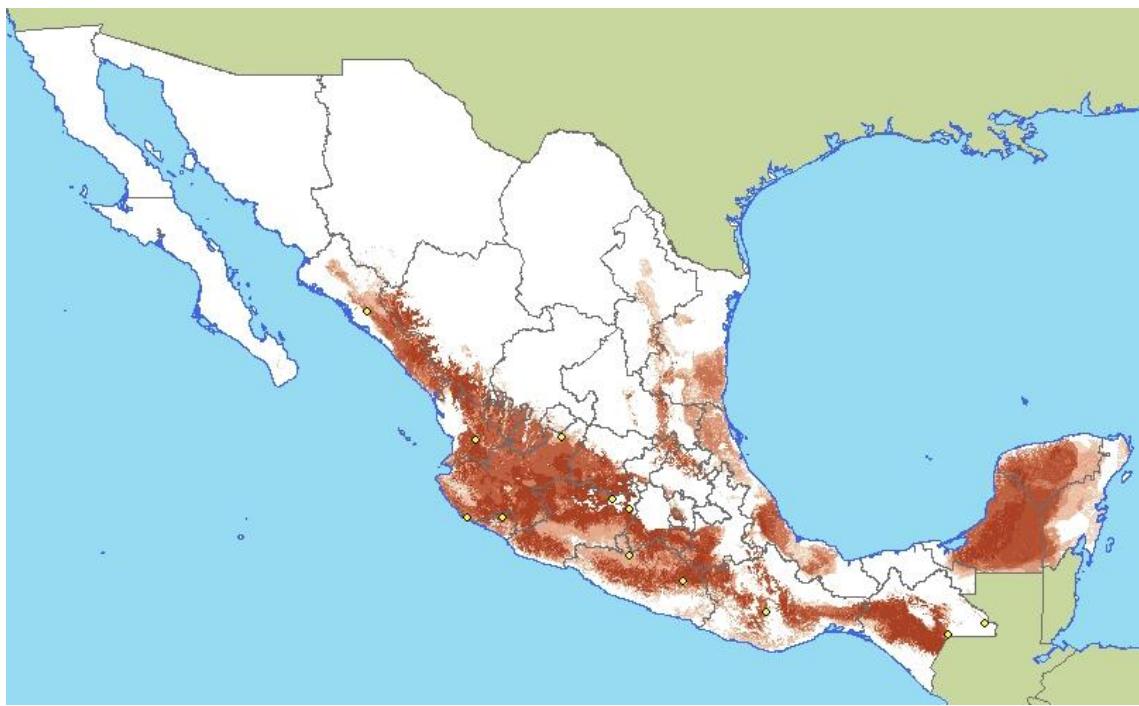


Figura 51. Predicción del nicho ecológico de *Cybister sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

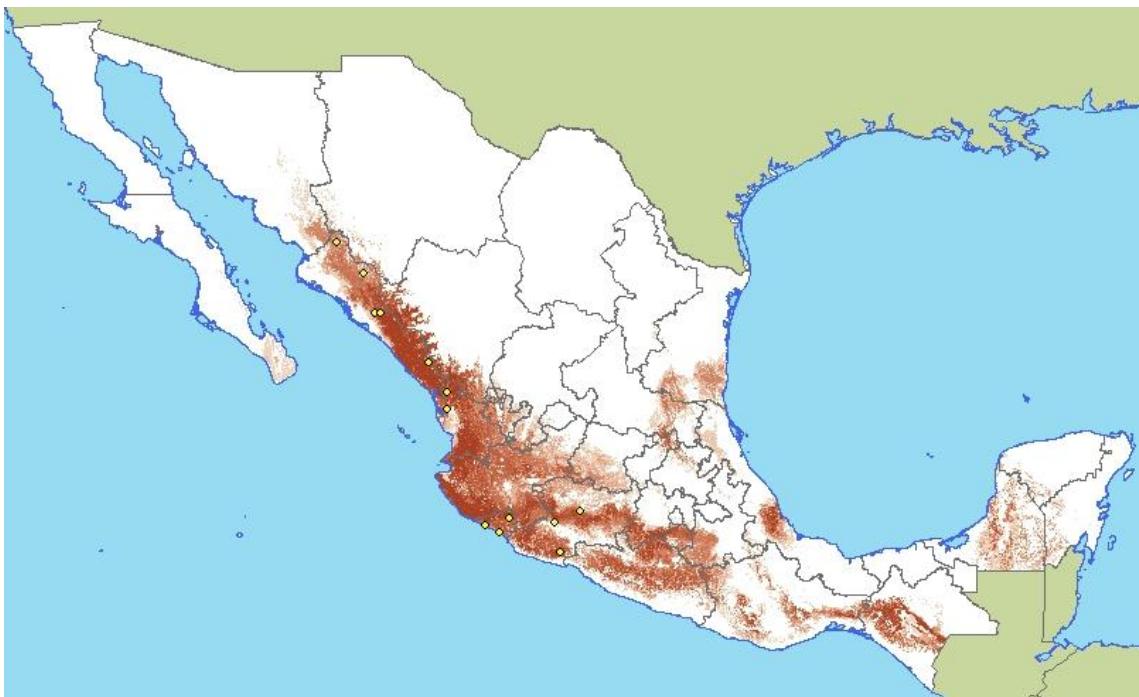


Figura 52. Predicción del nicho ecológico de *Paracymus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 53. Predicción del nicho ecológico de *Derallus rufus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 54. Predicción del nicho ecológico de *Enochrus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 55. Predicción del nicho ecológico de *Erpetogomphus elaps* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 56. Predicción del nicho ecológico de *Suphisellus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 57. Predicción del nicho ecológico de *Thermonectus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 58. Predicción del nicho ecológico de *Hydaticus sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 59. Predicción del nicho ecológico de *Ischnura sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 60. Predicción del nicho ecológico de *Acilius sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 61. Predicción del nicho ecológico de *Desmopachria* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 62. Predicción del nicho ecológico de *Laccodytes* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 63. Predicción del nicho ecológico de *Mesovelia sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.

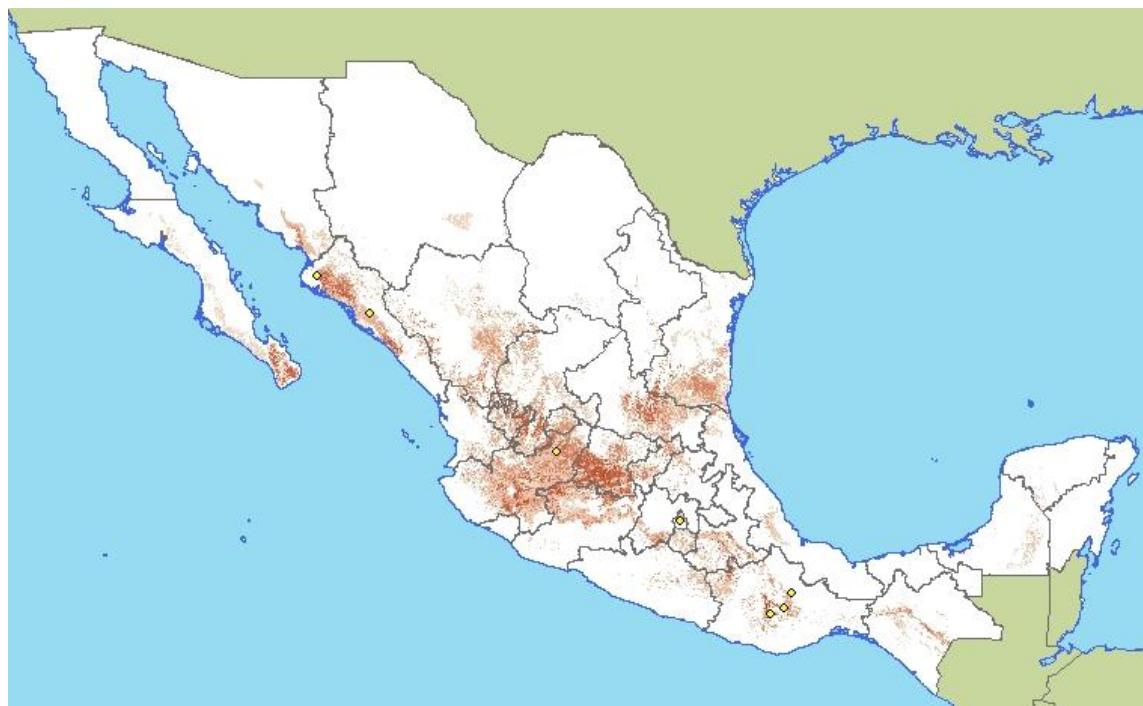


Figura 64. Predicción del nicho ecológico de *Thermonectus basillaris* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 65. Predicción del nicho ecológico de *Anacaena suturalis* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 66. Predicción del nicho ecológico de *Curicta howardi* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 67. Predicción del nicho ecológico de *Trepobates* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 68. Predicción del nicho ecológico de *Argia* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 69. Predicción del nicho ecológico de *Belostoma* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 70. Predicción del nicho ecológico de *Hydrobiomorpha* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 71. Predicción del nicho ecológico de *Libellula* sp. en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 72. Predicción del nicho ecológico de *Phylogomphoides suasus* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 73. Predicción del nicho ecológico de *Telebasis sp.* en México. Los puntos amarillos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 74. Proyección espacial para *Ambrysus mormon* (A), *Cyphon* sp. (B) y *Dytiscus* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 75. Proyección espacial para *Erpetogomphus* sp. (A), *Erythemis* sp. (B) y *Gelastocoris* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 76. Proyección espacial para *Haliphus sp.* (A), *Suphisellus lineatus* (B) y *Curicta sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 77. Proyección espacial para *Enochrus ochraceus* (A), *Erpetogomphus eutainia* (B) y *Hetaerina cruentata* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 78. Proyección espacial para *Hetaerina* sp. (A), *Hydrocanthus oblongus* (B) y *Hydrometra* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 79. Proyección espacial para *Macrothemis pseudimitans* (A), *Perithemis* sp. (B) y *Phyllogomphoides* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 8o. Proyección espacial para *Rhantus sp.* (A), *Suphis sp.* (B) y *Trichocorixa sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 81. Proyección espacial para *Uvarus sp.* (A), *Aeshna sp.* (B) y *Apteraliplus sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 82. Proyección espacial para *Brechmorhoga vivax* (A), *Chaetarthria* sp. (B) y *Copelatus* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 83. Proyección espacial para *Corydalus sp.* (A), *Crenitis sp.* (B) y *Dineutus ciliatus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 84. Proyección espacial para *Enallagma sp.* (A), *Erythrodiplax sp.* (B) y *Gelastocoris oculatus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 85. Proyección espacial para *Graptocorixa sp.* (A), *Helochares sp.* (B) y *Hydraena sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 86. Proyección espacial para *Hydrophilus insularis* (A), *Hydrophilus sp.* (B) y *Hydropsyche sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 87. Proyección espacial para *Lipogomphus sp.* (A), *Macrovelia sp.* (B) y *Megadytes sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 88. Proyección espacial para *Mesovelia mulsanti* (A), *Nerthra* sp. (B) y *Pachydiplax* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 89. Proyección espacial para *Pachydrus* sp. (A), *Progomphus* sp. (B) y *Rhagovelia* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 90. Proyección espacial para *Simulium* sp. (A), *Stratiomys* sp. (B) y *Thermonectus marmoratus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 91. Proyección espacial para *Tropisternus mixtus* (A), *Agabinus* sp. (B) y *Agabus* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 92. Proyección espacial para *Anax sp.* (A), *Aquarius sp.* (B) y *Archilestes sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 93. Proyección espacial para *Berosus exiguus* (A), *Berosus sayi* (B) y *Bidessonotus sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 94. Proyección espacial para *Brachydeutera* sp. (A), *Brechmorhoga mendax* (B) y *Celina* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 95. Proyección espacial para *Corisella decolor* (A), *Derovatellus* sp. (B) y *Elasmucha lateralis* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 96. Proyección espacial para *Enochrus pseudochraceus* (A), *Erythemis plebeja* (B) y *Graphoderus sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 97. Proyección espacial para *Gyrinus* sp. (A), *Helobata* sp. (B) y *Helochares maculicollis* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 98. Proyección espacial para *Helophorus* sp. (A), *Hemerodromia* sp. (B) y *Hesperagrion* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



Figura 99. Proyección espacial para *Heteragrion tricellulare* (A), *Hydaticus rimosus* (B) y *Hydroscapha* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 100. Proyección espacial para *Hydrovatus sp.* (A), *Laccobius sp.* (B) y *Laccophilus undatus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 101. Proyección espacial para *Lara sp.* (A), *Lestes sp.* (B) y *Macrothemis sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 102. Proyección espacial para *Neocylloepus* sp. (A), *Notomicrus* sp. (B) y *Ordobrevia* sp. (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 103. Proyección espacial para *Orthemis sp.* (A), *Pachydrus princeps* (B) y *Pantala sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 104. Proyección espacial para *Pelonomus obscurus* (A), *Pelonomus* sp. (B) y *Peltodytes muticus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 105. Proyección espacial para *Peltodytes* sp. (A), *Perissolestes* sp. (B) y *Progomphus clendoni* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 106. Proyección espacial para *Rhantus calidus* (A), *Rhantus gutticollis* (B) y *Scirtes sp.* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 107. Proyección espacial para *Tabanus sp.* (A), *Tenagobia sp.* (B) y *Trepobates pictus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.



A



B



C

Figura 108. Proyección espacial para *Triacanthagyna* sp. (A), *Tropisternus paradesi* (B) y *Theronectus nigrifasciatus* (C) en México. Los puntos rojos indican los sitios de colecta de los ejemplares.