



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
CAMPO DE CONOCIMIENTO: SISTEMÁTICA

**ANÁLISIS TAXONÓMICO Y DISTRIBUCIONAL DE LAS ESPECIES
DE CURCULIONIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) ASOCIADAS
CON AGAVES (ASPARAGACEAE: AGAVOIDEAE)**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(SISTEMÁTICA)**

PRESENTA:

ALBERTO ROMO GALICIA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI,
FACULTAD DE CIENCIAS

COMITÉ TUTOR: DR. SANTIAGO ZARAGOZA CABALLERO,
INSTITUTO DE BIOLOGÍA.
DRA. TANIA ESCALANTE ESPINOSA, FACULTAD DE CIENCIAS

MÉXICO, D.F. MAYO, 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/151/13

ASUNTO: Oficio de Jurado

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 29 de **octubre** de 2012, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (SISTEMÁTICA)** del (la) alumno (a) **ROMO GALICIA ALBERTO** con número de cuenta **300108291** con la tesis titulada "**Análisis taxonómico y distribucional de las especies de Curculionidae (Insecta: Coleoptera) asociadas con agaves (Asparagaceae: Agavoideae)**", realizada bajo la dirección del (la) **DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI**:

Presidente: DR. ALFONSO NERI GARCÍA ALDRETE
Vocal: DRA. ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES
Secretario: DR. SANTIAGO ZARAGOZA CABALLERO
Suplente: DRA. MARÍA HILDA FLORES OLVERA
Suplente: DRA. TANIA ESCALANTE ESPINOSA

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

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 5 de abril de 2013.

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
Coordinadora del Programa



MCAA/MJFM/ASR/ipp

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM, por permitirme continuar con mi formación académica.

A CONACYT, por haberme otorgado la beca con número 250752 la cual me permitió continuar y terminar los estudios de Maestría.

A los miembros del Comité Tutoral quienes han dirigido la presente tesis y que estuvo integrado por:

DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI
Tutor principal

DR. SANTIAGO ZARAGOZA CABALLERO

DRA. TANIA ESCALANTE ESPINOSA

Agradecimientos a título personal

De manera particular quiero agradecer al Dr. Juan José Morrone Lupi, por la dirección de esta tesis, sus revisiones, comentarios, apoyo y paciencia que ha tenido conmigo.

A los miembros de mi comité tutorial el Dr. Santiago Zaragoza Caballero y la Dra. Tania Escalante Espinosa, por sus comentarios, críticas y revisiones sobre este trabajo.

Un sincero agradecimiento a los miembros del sínodo

Al Dr. Juan Márquez Luna de la UAEH, al Dr. Robert Jones de la UAEQ, a la M. en C. Cristina Mayorga de la CNIN, al M. en C. Carlos Palacios de CIBNOR, a la M. en C. Magdalena Ordoñez de la FES Zaragoza y al AMNH, por su apoyo para la consulta, revisión, y préstamos de ejemplares.

A la UNIBIO y a la Biól. Susana Guzmán Gómez por su ayuda para la toma de fotografías de los ejemplares.

A la Biól. Niza Gamez Tamariz por su ayuda en el reconocimiento del modelado de las especies.

A mis mamis, por darme la vida, su amor, apoyo, confianza, consejos y regaños.

A Irazú Sánchez, por su cariño, amor y apoyo.

A mis queridos amigos Rafael Nolasco, Antonio Vargas, Alberto Díaz, Adriana Guerrero, Diego Flores, Gabriel Merino, Jorge Villanueva, Fabián Ramos, Yazmin Salazar, a todos ustedes por su gran cariño y amistad muchas gracias.

Dedicatoria

A mi mamá y mi hija, porque ustedes son la parte más importante en mi vida, han creído en mí, me han apoyado en todas mis decisiones, muchas gracias por que este logro también es suyo.

A Irazú Sánchez, mi chaparrita hermosa y berrinchuda, por ser el amor de mi vida, por tu amor sincero y tu cariño, Te Amo.

A la memoria de Bobby... siempre te recordaremos con mucho cariño.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	3
Dedicatoria.....	5
Índice.....	6
Lista de figuras y cuadros.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Objetivos.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos particulares.....	16
Antecedentes.....	17
Metodología.....	23
Resultados.....	26
Discusión.....	49
Conclusión.....	52
Bibliografía.....	53
Apéndice.....	60

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Tabla 1. Variables climáticas utilizadas para generar los mapas de distribución potencial.....	24
Figura 1. <i>Scyphophorus acupunctatus</i> vista dorsal.....	28
Figura 2. <i>Scyphophorus acupunctatus</i> vista lateral.....	28
Figura 3. <i>Scyphophorus acupunctatus</i> vista ventral.....	28
Figura 4. Mapa de distribución de <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	29
Figura 5. <i>Scyphophorus yuccae</i> vista dorsal.....	30
Figura 6. <i>Scyphophorus yuccae</i> vista lateral.....	30
Figura 7. <i>Scyphophorus yuccae</i> vista ventral.....	30
Figura 8. Mapa de distribución de <i>Scyphophorus yuccae</i>	31
Figura 9. <i>Cactophagus spinolae</i> vista dorsal.....	33
Figura 10. <i>Cactophagus spinolae</i> vista lateral.....	33
Figura 11. <i>Cactophagus spinolae</i> vista ventral.....	33
Figura 12. Mapa de distribución de <i>Cactophagus spinolae</i>	33
Figura 13. <i>Rhinostomus frontlis</i> vista dorsal.....	35
Figura 14. <i>Rhinostomus frontlis</i> vista lateral.....	35
Figura 15. <i>Rhinostomus frontlis</i> vista ventral.....	35
Figura 16. Mapa de distribución de <i>Rhinostomus frontlis</i>	35
Figura 17. <i>Peltophorus polymitus</i> vista dorsal.....	37
Figura 18. <i>Peltophorus polymitus</i> vista lateral.....	37
Figura 19. <i>Peltophorus polymitus</i> vista ventral.....	37
Figura 20. Mapa de distribución de <i>Peltophorus polymitus</i>	37
Tabla 2. Número de registros obtenidos por especie.....	38
Tabla 3. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de <i>S. acupunctatus</i>	39
Figura 21. Mapa de distribución potencial de <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	40
Figura 22. Curva ROC para el modelo de <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	40
Tabla 4. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de <i>Scyphophorus yuccae</i>	41
Figura 23. Mapa de distribución potencial de <i>Scyphophorus yuccae</i>	42
Figura 24. Curva ROC para el modelo de <i>Scyphophorus yuccae</i>	42
Figura 25. Mapa de distribución potencial de <i>Cactophagus spinolae</i>	43
Figura 26. Curva ROC para el modelo de <i>Cactophagus spinolae</i>	44
Tabla 5. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de <i>Rhinostomus frontalis</i>	45
Figura 27. Mapa de distribución potencial de <i>Rhinostomus frontalis</i>	45
Figura 28. Curva ROC para el modelo de <i>Rhinostomus frontalis</i>	46
Tabla 6. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de <i>Peltophorus polymitus</i>	47
Figura 29. Mapa de distribución potencial de <i>Peltophorus polymitus</i>	47
Figura 28. Curva ROC para el modelo de <i>Peltophorus polymitus</i>	48

RESUMEN

Se estudiaron las especies de picudos o gorgojos (Coleoptera: Curculionidae) asociadas con agaves (Asparagaceae: Agavoideae) en México. Se registraron cinco especies asociadas con especies de *Agave*, *Furcraea*, *Hesperoyucca*, *Polianthes* y *Yucca*. Cuatro de estas especies pertenecen a la subfamilia Dryophthorinae (*Scyphophorus acupunctatus*, *S. yuccae*, *Rhinostomus frontalis* y *Cactophagus spinolae*) y una a la subfamilia Baridinae (*Peltophorus polymitus*). Se presentan diagnosis, ilustraciones y una clave para la identificación de las cinco especies de curculiónidos asociados con agaves. Se recopiló información disponible de las cinco especies teniendo en cuenta información bibliográfica y diversas colecciones entomológicas. Se elaboró una base de datos geográfica para cada especie, que fue utilizada para elaborar mapas de distribución conocida para dichas especies. Se determinó la distribución potencial de las cinco especies mediante el uso de un algoritmo de máxima entropía (MaxEnt). Se hizo una comparación entre las áreas predichas por los modelos y registros de los huéspedes para visualizar la coincidencia entre estas áreas.

ABSTRACT

The weevils (Coleoptera: Curculionidae) associated with agaves (Asparagaceae: Agavoideae) from Mexico were studied. Five species were recorded associated with species of *Agave*, *Furcraea*, *Hesperoyucca*, *Polianthes*, and *Yucca*. Four of these species belong to the subfamily Dryophthorinae (*Scyphophorus acupunctatus*, *S. yuccae*, *Rhinostomus frontalis*, and *Cactophagus spinolae*) and one belongs to the subfamily Baridinae (*Peltophorus polymitus*). Diagnoses, illustrations and a key are presented for identifying the five species of weevils found on agaves. The available data for the five species were compiled, based in literature as well as the available data in several entomological collections. A geographic data base was compiled for each species, which was used to mapping the known distribution of these species. Based on a modeling program of maximum entropy the potencial distribution of each species was determined. A comparison was made between areas predicted by the models and registers guests to view the match between these areas.

INTRODUCCIÓN

TAXONOMÍA

Los insectos son el grupo de animales más abundantes que existen en el planeta (Borror *et al.*, 1989; Guillot, 1995). Dentro de la Clase Insecta, el orden Coleoptera es el que presenta mayor riqueza de especies. Con aproximadamente 357,899 especies descritas, representan aproximadamente el 40% del total de insectos y el 30% de los animales descritos. La superfamilia Curculionoidea cuenta con 5,800 géneros y 62,000 especies (Oberprieler *et al.*, 2007). Constituye uno de los grupos más diversos de insectos, son de importancia económica debido a que incluyen un gran número de plagas (Guillot, 1995; Morrone, 1997). Son comúnmente conocidos como “gorgojos”, siendo fácilmente reconocidos por la prolongación de la cabeza en un rostro en cuyo extremo se localizan las partes bucales (Borror *et al.*, 1989; Guillot, 1995). Están particularmente bien representados en México, con más de 2,300 especies conocidas (Morrone, 2000).

Por otro lado los “agaves” en sentido amplio comprenden los taxones de la subfamilia Agavoideae (Asparagaceae), conocidas hasta hace unos años como Agavaceae, está formada por un grupo de plantas con o sin tallos aparentes, con hojas suculentas, coriáceas o herbáceas, en rosetas, flores bisexuales y semillas de color negro. Los ecosistemas áridos y semiáridos de México, en donde se presenta un alto grado de endemismo, se distinguen por la presencia de muchas especies de agaváceas. Sin embargo, especies de esta familia existen en casi todos los ambientes, incluyendo áreas tropicales y templadas (Rzedowski, 1981). Los agaves (*Agave spp.*) son endémicos de América, su distribución abarca desde la región meridional de los Estados Unidos de América llegando hasta América del Sur (Colombia), incluyendo todo México. Poseen distribución tropical y subtropical, estando frecuentemente presentes en zonas de clima árido de México. De un total de 131 especies, 120 (91.6%) son de distribución nacional y el 8.4% restante se encuentra en EUA, Guatemala, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Ecuador y Colombia (Gentry, 1982). Uno de los tipos de vegetación más característico de México es el matorral, representado principalmente por especies de este género, especialmente adaptadas a ambientes áridos y con muy baja precipitación anual (Cronquist, 1991), condición que predomina en más de la mitad del territorio (Rzedowski, 1981).

La mayoría de las especies de *Agave* representan un recurso natural muy importante desde el punto de vista económico, ya que estas plantas son una fuente de materia prima para producir bebidas como el aguamiel, pulque, mezcal y tequila, y fibras textiles como el ixtle y el henequén. Los picudos que atacan especies de *Agave* pueden llegar a causar graves daños a los cultivos, llegando a provocar pérdidas económicas, como es el caso de *Scyphophorus acupunctatus* (Solís *et al.*, 2001; Servín *et al.*, 2006; Aquino *et al.*, 2007).

El nardo, *Polianthes tuberosa* pertenece a la subfamilia Agavoideae, es endémica de México, se cultiva como planta ornamental y es utilizada como fuente de una esencia aromática para la fabricación de perfumes (Gonzatti 1981, Watson & Dallwitz 1992). Un alto porcentaje de plantas de nardo dañadas por *Scyphophorus acupunctatus* por fue observado en Coatlán del Río, en Morelos, México (Camino *et al.*, 2002).

Las yucas son plantas suculentas pertenecientes a la subfamilia Agavoideae nativas de Norte y Centroamérica, características por sus rosetas de hojas con forma de espadas y por sus racimos de flores blancas (Irish & Irish, 2000). *Scyphophorus acupunctatus* se reporta en *Yucca valida*, nativa de Baja California Sur, fuente potencial de saponinas esteroidales para la industria agroquímica. (Servín *et al.*, 2006).

Familia Curculionidae

Subfamilia Dryophthorinae

Dentro de la familia Curculionidae se encuentra la subfamilia Dryophthorinae, posee 14 géneros y cerca de 1200 especies, de las cuales 127 especies de todos los géneros se distribuyen en México (Morrone y Cuevas, 2004). Los miembros de esta subfamilia se caracterizan por las antenas con clava truncada en el último antenómero funicular, brillante y desnudo; prementón no visible en vista ventral; uñas tarsales separadas ventral y dorsalmente por lóbulos dermales; edeago con surco o línea lateral; y apodemas edeagales en línea con el cuerpo edeagal en vista lateral (Thompson, 1992; Morrone, 2000; Morrone & Cuevas, 2004).

Todas las especies de Dryophthorinae son fitófagas, la mayoría se encuentran asociadas a monocotiledóneas, como palmas, pastos, orquídeas y bromelias (Anderson, 2002). Muchas especies son de importancia económica al atacar plantas útiles como maíz, frijol, nopal, arroz, agave, plátano, palma de coco y caña de azúcar (Morrone & Cuevas, 2002), encontrándose principalmente en semillas, frutos e incluyen un gran número de plagas de cultivos, granos y productos almacenados (Guillot, 1995).

Tribu Rhynchophorini

La tribu Rhynchophorini es el grupo más diverso de la familia en el Nuevo Mundo, donde se encuentran representadas cuatro subtribus (Rhynchophorina, Litosomina, Polytina y Sphenophorina) y nueve géneros (*Rhynchophorus*, *Sitophilus*, *Cosmopolites*, *Eucalandra*, *Polytus*, *Cactophagus*, *Metamasius*, *Rhodobaenus*, *Scyphophorus* y *Sphenophorus*; Anderson, 2002).

La subtribu Sphenophorina es la mejor representada en México, con cinco géneros: *Cactophagus*, *Metamasius*, *Rhodobaenus*, *Scyphophorus* y *Sphenophorus*. Se caracteriza por la forma de la articulación entre el fémur y la tibia, que consiste en un conjunto de pestañas; carecen del segundo segmento apical del diente de la tibia, los machos presentan el esternito noveno, y el escutelo es de forma triangular ensanchado cerca de la base (Anderson, 2002). En México existen nueve especies de *Cactophagus*, 17 de *Metamasius*, 51 de *Rhodobaenus*, dos de *Scyphophorus* y 29 de *Sphenophorus* (Morrone & Cuevas, 2004).

Las especies de *Scyphophorus* se encuentran en especies de agave (maguey pulquero y henequenero), atacando los cultivos y provocando pérdidas económicas. Sólo hay dos especies en el Nuevo Mundo del género *Scyphophorus*. Una (conocida como el gorgojo del sisal *S. acupunctatus*), el cual es de importancia económica y que se ha llevado accidentalmente en agave del Nuevo Mundo a muchas partes del Viejo Mundo (Borneo, Java, Australia y África). La otra especie (*S. yuccae*) se alimenta de plantas de *Yucca* en el suroeste de los Estados Unidos y Baja California. Ambas especies son de color negro, aladas, carecen de escamas o pelos dorsales, bastante robustos, por lo general de 10 a 19 mm de largo, con pico y pronoto largo y dimorfismo sexual discreto. Como otros Rhynchophorini presentan el pigidio expuesto.

Tribu Orthognathini

La tribu Orthognathini se caracteriza por presentar las coxas frontales contiguas. Comprende dos subtribus: Orthognathina, que posee tres géneros, y la subtribu monotípica Rhinostomina, que incluye al género *Rhinostomus* (Morrone & Cuevas, 2002). *Rhinostomus* Rafinesque (= *Yuccaborus* LeConte) es un taxón monofilético, definido por una combinación de los siguientes caracteres: mandíbulas exodontas, escapo antenal que pasa margen posterior del ojo, los lóbulos postoculares ausentes, por lo general las tibias dentadas, y tarsómero 3 bilobulado. Pertenece a la subtribu pantropical Rhinostomini y se compone de ocho especies. *Rhinostomus* es un taxón pantropical, básicamente coincide en su distribución con la de la familia de las palmeras (Arecaceae). Seis especies se encuentran en la región Neotropical, mientras que *R. frontalis* se extiende hasta la región Neártica (Morrone & Cuevas, 2002).

Subfamilia Baridinae

La subfamilia Baridinae (*sensu* Zherikhin & Gratshev) incluye taxones tratados previamente como subfamilias independientes. La tribu Conoderini, reconocida hasta hace poco tiempo como la subfamilia Zygopinae, se caracteriza por la presencia de un canal prosternal donde se aloja el rostro, grandes ojos que ocupan la mayor parte de la cabeza en algunos grupos y la ausencia de lóbulos postoculares (Kojima & Lyal, 2002).

La tribu Conoderini se caracteriza por presentar el mesosterno plano, antenómeros 1 y 2 casi de igual longitud, los fémures armados con un diente ventral y el pigidio expuesto (Lacordaire, 1866). Conforme el arreglo de Alonso-Zarazaga & Lyal (1999), en México se presentan 13 géneros de Conoderini.

MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio y a través del tiempo; sus objetivos principales son comprender los patrones de distribución geográfica de las especies (Morrone 2001). Un primer paso para el descubrimiento de patrones de distribución es la obtención de datos de las especies (Lobo et al., 2001), Una reciente aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es la construcción de modelos de los nichos fundamentales, con los que es posible predecir la distribución geográfica de las especies a partir de registros de recolección (Townsend y Klusa, 2003). Los modelos de distribución de especies basados en un sistema de información geográfica son herramientas útiles para predecir la distribución potencial de las especies y ayudan a la toma de decisiones.

Los modelos de distribución de especies indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad (Ferrier & Guisan, 2006), calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores. La expresión de esta idoneidad del hábitat puede ser binaria, otorgando valor 1 a áreas idóneas y 0 a áreas no idóneas, o continua, según un intervalo de valores que clasifican el territorio de menor a mayor grado de idoneidad.

En los últimos años, con el desarrollo de potentes técnicas estadísticas y los sistemas de información geográfica (SIG), ha progresado rápidamente una nueva herramienta: los modelos de distribución de especies (MDE) (Guisan & Zimmermann, 2000). Los MDE son una herramienta en pleno desarrollo y expansión; continuamente surgen nuevos métodos, estrategias, aproximaciones, corrientes, etc., tanto a nivel específico (Elith et al., 2006), como a nivel de comunidad (Ferrier & Guisan, 2006). El uso de los MDE para realizar predicciones espaciales explícitas de distribución es un medio importante e informativo de buscar relaciones entre grupos de variables ambientales y presencias de especies o grupos de especies (Guisan et al., 2006).

Existe una gran variedad de métodos disponibles para realizar el modelado y un paso clave es la selección del método adecuado. Algunos modelos presentan ciertas facilidades, como requerir datos de presencia y proporcionar índices de probabilidad de uso de hábitat, además de que se ha reportado precisión confiable en la predicción como máxima entropía (Maxent).

Dependiendo el tipo de análisis se puede escoger entre uno y otro método. El uso de algoritmos puede basarse en registros de presencia-ausencia (Guisan *et al.*, 2002), redes neuronales (Manel *et al.*, 1999), o algoritmos basados únicamente en presencias como Bioclim (Busby 1991), Domain (Carpenter *et al.*, 1993), GARP (Stockwell & Peters, 1999) y MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006).

Máxima entropía (MaxEnt) es un método de inteligencia artificial que aplica el principio de máxima entropía para calcular la distribución geográfica más probable para una especie. MaxEnt estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución de máxima entropía (lo más uniforme posible) sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental según esta distribución coincide con su media empírica. El resultado del modelo expresa el valor de idoneidad del hábitat para la especie como una función de las variables ambientales. Un valor alto de la función de distribución en una celda determinada indica que ésta presenta condiciones muy favorables para la presencia de la especie. MaxEnt puede utilizar variables cualitativas, otorgando a cada valor de la variable un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene. El programa proporciona las curvas de respuesta de la especie ante las distintas variables y estima la importancia de cada una en la distribución de la especie (Phillips *et al.* 2006; Phillips and Dudick, 2008).

MaxEnt también arroja como resultado, la curva operada por el receptor (ROC, por sus siglas en inglés), dicha curva es generada al dividir la base de datos en dos porciones, una para el entrenamiento, como un proceso en el cual se usan los puntos conocidos para extraer la información ambiental que ocurre en su localización y posteriormente extrapolarlos a toda la región, otra para la evaluación de modelo. El área bajo la curva ROC (AUC, por sus siglas en inglés) indica, para un punto de presencia y uno aleatorio seleccionados al azar, la probabilidad de que el valor de idoneidad previsto por el modelo para el punto de presencia sea mayor que el previsto para el punto aleatorio. Es una medida directa de la capacidad de discriminación del modelo, que toma valores próximos a 1 cuando existe un buen ajuste con los datos de evaluación, y cercanos a 0.5 cuando el ajuste no es mejor que el obtenido por azar (Phillips *et al.* 2006).

La curva ROC es la representación gráfica de la capacidad discriminativa de un modelo para todos sus posibles puntos de corte. El eje de ordenadas corresponde a la sensibilidad o casos positivos bien clasificados, y el de abscisas a 1- especificidad, o falsos positivos. En esta gráfica un aumento de la sensibilidad implica una disminución de la especificidad y viceversa (Hanley & McNeil, 1982).

Los modelos predictivos de la distribución de las especies se basan en el análisis de las condiciones ambientales de los sitios con presencias conocidas. Las implicaciones de este tipo de técnica incluyen aspectos de conservación, ecología, evolución, epidemiología, manejo de especies invasoras, entre otros (Peterson et al., 1999). Algunas ocasiones se encuentran disponibles datos de presencia o ausencia para desarrollar estos modelos, sin embargo la gran mayoría de las bases de datos cuentan con información sobre la presencia (particularmente en museos de historia natural y herbarios), ya que raramente existen datos sobre ausencia.

OBJETIVOS

Objetivo general

Generar información acerca de la morfología, taxonomía y distribución de las especies de Curculionidae que están asociadas con especies de la subfamilia Agavoideae (Asparagaceae).

Objetivos particulares:

- Dar a conocer las especies mexicanas de picudos asociadas con especies de la subfamilia Agavoideae (Asparagaceae).
- Realizar una diagnosis de las especies mexicanas de picudos asociadas con especies de la subfamilia Agavoideae (Asparagaceae).
- Dar a conocer la distribución de las especies mexicanas de picudos asociadas con especies de la subfamilia Agavoideae (Asparagaceae).
- Realizar una clave de identificación de las especies de Curculionidae asociadas con especies de la subfamilia Agavoideae (Asparagaceae), para su fácil identificación en campo.
- Generar un modelo de distribución potencial con un algoritmo de máxima entropía para cada especie de Curculionidae asociada con especies de la subfamilia Agavoideae (Asparagaceae).

ANTECEDENTES

TAXONOMÍA

Los agaves son plantas que pueden encontrarse en gran diversidad de hábitats, desde los valles y planicies hasta cerros y laderas pedregosas, incluyendo lugares montañosos de gran altitud. Se desarrollan mejor, tanto a nivel individual como poblacional, sobre planicies extensas con suelos aluviales, de profundidad y textura medias y pH de neutro a ligeramente alcalino. Se distribuyen en varios tipos de vegetación, destacando entre otros: la vegetación xerófila, pastizales, matorrales, bosques, etc. Puede encontrárselos lo mismo en sitios con altitudes de 300 msnm, que en lugares situados a más de 3000 msnm (Gentry, 1982).

México es considerado centro de diversidad de los agaves. Algunos autores reconocen 166 especies, otros 200 y algunos más mencionan hasta 273 especies en el continente americano, distribuidas en una pequeña parte de Estados Unidos, México, América Central y América del Sur. Se considera que el 75% de todas las especies se encuentra en nuestro país y 55% crece exclusivamente aquí, lo que muestra la gran importancia biológica del territorio nacional para los agaves. (Granados, 1993; García-Mendoza, 2002; Illsley *et al.*, 2004; CONABIO, 2005).

Respecto a los magueyes mezcaleros, unas 20 especies o más se encuentran en todos los estados de la República, excepto en Tabasco y la península de Yucatán (Illsley *et al.*, 2004). El pulque es probablemente la bebida más antigua y tradicional de México. Es una bebida alcohólica ligeramente ácida y viscosa que se obtiene por fermentación de la savia azucarada o aguamiel de varias especies de *Agave*, principalmente *A. americana*, *A. salmiana*, *A. atrovirens*, *A. mapisaga* y *A. hookeri*, que crecen en las zonas semiáridas y templadas del altiplano mexicano, en donde se produce y consume regularmente. El mezcal es un destilado de la planta de agave, sólo se utilizan unas cuantas especies de las cuales sobresalen *A. angustifolia*, *A. asperrima*, *A. durangensis*, *A. palmeri*, *A. potatorum*, *A. rhodacantha*, *A. shrevei*, *A. weberi* y *A. wocomahi*. El tequila es un destilado de *Agave* de una especie diferente a las usadas para producir mezcal (*Agave tequilana*), producido en una región del centro de México (Gentry, 1982). El henequén (*Agave fourcroydes*) es el pilar de la agroindustria de producción de fibra en el estado de Yucatán, por sus propiedades físicas y químicas dicha fibra es utilizada en cordelería, jarcias, reforzamiento de materiales compuestos y textiles (Rendón *et al.*, 2007).

Sleeper (1963) realizó un estudio de la subfamilia Zygopinae (= tribu Conoderini) del norte de México y los Estados Unidos, proporcionando una clave para la identificación de los géneros de Conoderini, con una breve descripción de los géneros y sinonimias así como datos de distribución. De este trabajo se obtuvieron registros de localidades para la especie *Peltophorus polymitus* de la parte sur de los Estado Unidos en Arizona, Nuevo Mexico y Texas. Menciona que los ejemplares fueron colectados sobre *Agave palmeri*.

Vaurie (1967) realizó una revisión del género neotropical *Metamasius* distinguiendo caracteres del género y sus especies. Realizó la descripción de las especies anexando datos de su ecología y representó, de manera muy general, su distribución en un mapa. Presenta una breve clave para la identificación de las especies que componen el género. *Cactophagus spinolae* es un gorgojo de la subfamilia de los Dryophthorinae, esta especie se encuentra en ambientes áridos del sur de Arizona y California, al sur de Baja California y México central. Los adultos han sido encontrados en especies de cactáceas incluidas las especies de *Opuntia* y *Cereus*, donde se alimentan de forma superficial en las partes suculentas de las almohadillas. Las larvas son mucho más destructivas, y se introducen en los segmentos y los troncos y puede causar la muerte de las plantas enteras.

Vaurie (1970) realizó una revisión de los géneros *Rhinostomus* y *Yuccaborus* pertenecientes a la tribu Sipalini (=Rhinostomini). Realizó la descripción de las especies anexando datos de su ecología, huéspedes y datos de distribución así como su representación en mapa. También presenta una breve clave para la identificación de las especies y aporta sinonimias.

Vaurie (1971) realizó una revisión del género *Scyphophorus* (Curculionidae: Rhynchophorinae), distinguiendo caracteres del género y sus especies. Realizó la descripción de las especies anexando datos de su ecología y representó en mapa su distribución. Es el primer trabajo en el cual se presentan ilustraciones de la genitalia de estas especies, también presenta una breve clave para la identificación de las dos especies que componen el género. Además aporta sus sinonimias. De este trabajo se obtuvieron datos morfológicos y registros de localidades para *Scyphophorus acupunctatus* y *S. yuccae*.

Woodruff y Pierce (1973) reportaron la presencia de *Scyphophorus acupunctatus* como plaga de agaves en Florida, realizaron un descripción taxonómica anexando datos sobre sus huéspedes, biología y distribución.

Pott (1975) reporta a *Scyphophorus acupunctatus* como plaga importante de *Yucca* en Florida, al suroeste de Estados Unidos de América. Las plaga ha sido encontrada barrenando especies de *Yucca aloifolia*, *Y. glauca* y *Y. recurvifolia*, causando que las hojas se tornen amarillentas o café, provocando el colapso de la parte basal del tronco, y derribo de la planta seguida de su desecación.

Waring y Smith (1986) reportan la asociación de microbios con *Scyphophorus acupunctatus* que dañan a *Agave americana* y *A. palmeri*, llagando a provocar la muerte de la planta causada por una condición patológica y la infestación de larvas de *S. acupunctatus*.

Ramírez (1993) estudió la plaga conocida como max del henequén *Scyphophorus interstitialis* en la península de Yucatán. Estimó el daño que provoca esta plaga, su distribución, fluctuación poblacional y ciclo biológico.

Huxman et al. (1997) encontraron que los adultos de *Scyphophorus yuccae* se mueven constantemente de plantas huéspedes de *Yucca whipplei* sin floración a plantas en floración, que tienen la capacidad de desplazarse entre 10–33 m y que usan la dirección del viento para dispersarse.

Salas et al. (2001) publicaron un trabajo que contribuye al conocimiento de las especies de curculionídeos presentes en el estado de Guanajuato, México. Determinaron 73 géneros y 125 especies; las subfamilias con mayor número de especies fueron: Baridinae, Curculioninae y Entiminae con 24, 24 y 23 especies respectivamente. Los géneros con mayor cantidad de especies fueron *Geraeus* y *Anthonomus* con siete, y *Conotrachelrus* con seis. Obtuvieron 18 nuevos registros para la República Mexicana. De este trabajo se obtuvieron registros de localidades para las especies *Cactophagus spinolae* y *Scyphophorus acupunctatus*.

Solís et al. (2001) evaluaron el daño que produce el picudo *Scyphophorus acupunctatus* en las piñas del agave, midieron la relación entre plantas de agave infectada, la pudrición del cogollo y la presencia de picudos (larvas, pupas y adultos), y estimaron la fluctuación poblacional del picudo en los municipios de Tequila, Zapotlanejo y Tepatitlán, Jalisco, México.

Camino et al. (2002) reportan por primera vez a *Scyphophorus acupunctatus* atacando *Polianthes tuberosa* en los municipios de Coatlán del Río, Emiliano Zapata y Tepalcingo en el estado de Morelos, México. Realizan un análisis de porcentaje de infestación y registraron que cerca del 51% de las plantas infestadas llegan a tener 6-10 larvas y de 4-36 adultos de *S. acupunctatus* por lo que es considerado como una plaga para *P. tuberosa*.

Cuevas (2003) realizó la diagnosis de 14 géneros de la familia Dryophthoridae, anexando una clave dicotómica de los taxones supraespecíficos presentes en México, agregando notas sobre su biología, distribución e importancia económica entre los que se encuentran *Rhinostomus*, *Cactophagus* y *Scyphophorus*.

Cuevas (2006) estudió la distribución espacio-temporal de los escarabajos fitófagos de la familia Dryophthoridae presentes en México mediante un análisis panbiogeográfico. Consultó cuatro colecciones nacionales y dos extranjeras, así como información de la literatura obteniendo 1799 registros para las especies de la familia Dryophthoridae, incluyendo registros de *Cactophagus spinolae*, *Rhinostomus frontalis* y *Scyphophorus acupunctatus*.

Servín et al. (2006) reportan por primera vez la presencia de *Scyphophorus acupuntatus* en *Yucca valida*, agavaceae nativa de Baja California Sur y fuente potencial de saponinas esteroidales para la industria agroquímica. Además presentan datos preliminares de abundancia de *Scyphophorus acupuntatus* durante 2003 en una plantación experimental y muestran los daños ocasionados por este insecto en *Y. valida*.

Aquino et al. (2007) evaluaron los daños y pérdidas ocasionadas por el picudo *Scyphophorus acupuntatus* en plantas maduras de maguey mezcalero (*Agave angustifolia* y *A. tequilana*) en la región de los valles centrales de Oaxaca, México. Además estudiaron la fluctuación poblacional de estos insectos

Jones y Luna (2007) identificaron un total de 141 especies de la superfamilia Curculionoidea (excluyendo Scolytinae y Platypodinae) del estado de Querétaro, México. Los números de especies por familia fueron: Curculionidae(89), Dryophthoridae (11), Rhynchidae (6), Attelabidae (5) y Erhinidae (1). Los géneros con mayor diversidad de especies fueron, *Trichapion* (14), *Pandeleteius* (11), *Anthonomus* (11), *Sibina* (9), *Rhyssomatus* y *Ophyastes*, con cinco especies. Indicaron que la mayoría de las distribuciones biogeográficas están limitadas a la región Mega-México 3 *sensu* Rzedowski (1981). Este trabajo aportó una lista de especies de coleópteros de la superfamilia Curculionoidea del estado de Querétaro donde quedó registrada la presencia de *Catophagus spinolae*, *Scyphophorus acupunctatus* y *Peltophorus polymitus* en ese estado.

Morrone y Cuevas (2009) realizaron un análisis cladístico de las tribus Orthognathini y Rhinostomini, basándose en 27 caracteres morfológicos que resulta en una tribu Orthognathini con dos subtribus, una de ellas es la subtribu monotípica Rhinostomina que incluye al género *Rhinostomus*, con el cual fue sinomimizado *Yuccaborus* LeConte.

Aquino et al. (2010) determinaron la ecología, fluctuación poblacional y grado de parasitismo del picudo de agave (*Scyphophorus acupunctatus*) en las localidades de Ocotlán de Morelos, Tlacolutla de Matamoros y Santiago Mazatlán en los Valles centrales de Oaxaca, México. Reportan que el picudo del agave en cualquiera de sus estadios utilizó como huésped y alimento las especies de agave maduro (*Agave angustifolia*, *A. potatorum* y *A. karwinskii*).

González-Castillo et al. (2011) realizaron un estudio de abundancia, riqueza y diversidad de los artrópodos asociados con *A. durangensis* en tres localidades donde existen poblaciones naturales de agave mezcalero en el estado de Durango, México. Las especies *Caulotops* sp., *Acutaspis agavis*, *Chilorius* sp., *Scyphophorus acupunctatus* y *Peltophorus polymitus* fueron los que tuvieron mayor abundancia relativa. Se reportó a *Scyphophorus acupunctatus* y *Peltophorus polymitus* como las especies más frecuentes en las tres localidades.

Ramírez et al. (2011) observaron el daño de *Cactophagus spinolae* en tallos y botones florales de tres especies y una subespecie de *Hylocereus* en Morelos, México durante 2006 y 2007. Identificaron la plaga específica y describieron el daño. Recolectaron pupas y adultos en campo en ambos años, y se identificó a *C. spinolae*. Las larvas se alimentaron de tallos maduros (incidencia del 50%) y afectan el cilindro vascular,

lo que puede matar a la planta. Los adultos se alimentaron de tallos inmaduros (5% de incidencia) y de brácteas y sépalos de botones florales (1% de incidencia).

MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

Ya que las especies tratadas se encuentran asociadas con plantas, algunas de importancia económica, como en el caso de *S. acupunctatus* considerado como plaga del cual se han realizado estudios de trapeo con atrayentes naturales (Valdés et. al., 2005) y estudios de fecundidad sobre su huésped *Polianthes tuberosa* (Hernández et. al., 2006), resulta importante conocer su distribución actual y potencial esto con la finalidad de una adecuada toma de decisiones.

La disponibilidad de datos detallados sobre el medio ambiente, junto con las computadoras de bajo costo, ha impulsado un rápido aumento en modelos de predicción de las especies, del medio ambiente y la distribución geográfica. Para algunas especies, los datos detallados de presencia/ausencia están disponibles, permitiendo el uso de una variedad de técnicas estadísticas (Elith, 2002; Guisan & Zimmermann, 2000). Sin embargo, los datos de ausencias no están disponibles para la mayoría de las especies (Anderson et al., 2002; Soberón, 1999). Phillips et al. (2006) evaluaron la eficacia de MaxEnt y GARP, realizando un estudio de caso de escala continental utilizando dos mamíferos neotropicales, al comparar las predicciones encontraron que ambos algoritmos proporcionan estimaciones razonables de distribución de la especie, pero el área bajo la curva ROC (AUC) es casi siempre mayor para MaxEnt, indicando una mejor diferenciación de zonas adecuadas frente inadecuadas para la especie.

El modelado con MaxEnt se puede utilizar para muchas aplicaciones sólo con conjuntos de datos de presencia, es por esta razón que es uno de los métodos más utilizados para la predicción de distribución de especies. En México se han realizado algunos estudios aplicando este modelo por ejemplo:

Trotta et al. (2008) analizan la distribución conocida y potencial de las especies de Geotrupinae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en México. Recopilaron información disponible de los geotrupidos presentes en la República Mexicana, teniendo en cuenta citas de la literatura y colecciones entomológicas, elaboraron mapas de la distribución conocida de dichas especies, así como mapas que muestran la distribución potencial utilizando una metodología basada en modelos de máxima entropía (MaxEnt).

Chávez y Zarza (2009) estudiaron la distribución potencial del hábitat del jaguar y áreas de conflicto humano-jaguar en la península de Yucatán. Su análisis se basó en un grupo de variables (vegetación, uso de suelo, precipitación y clima) y una base de datos georeferenciados tanto de presencia de jaguares como de depredación de ganado doméstico en la Península de Yucatán. Demuestran la posibilidad de modelar la distribución potencial de los sitios de conflicto humano-jaguar usando el método de máxima entropía (MaxEnt).

Aguado (2010) realiza una modelación de la distribución potencial de los bosques templados de Coahuila para los años 2030 y 2050, bajo los cambios propuestos en los escenarios A2 y B2 generados por ECHAM5 y HADGEM1. El modelo fue realizado mediante el programa MaxEnt, el cual emplea un algoritmo de máxima entropía para generar una distribución de las especies en base a registros de presencia y diferentes variables ambientales.

Ibarra et al. (2010) elaboran un modelo de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de fitoplacton en la Presa Hidroeléctrica Aguamilpa, Nayarit, México. Generaron modelos de distribución potencial mediante el programa Maxent, empleando modelo digital de elevación, nueve variables físico-químicas y biológicas del agua.

Ibarra et al. (2010) evaluaron la distribución potencial de *Microcystis sp.*, mediante la generación de un modelo de predicción basado en el concepto de nicho ecológico MAXENT, empleando un Modelo Digital de Elevación en celdas de 100 m x 100 m (1 ha) de resolución espacial y once variables físicas, químicas y biológicas del agua

Briones et al. (2012) realizaron un estudio de la distribución actual y potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México. En este trabajo actualizan la distribución geográfica y realizaron un modelo de distribución potencial del jaguar para Oaxaca mediante el programa MaxEnt versión 3.2.1 utilizando coberturas ambientales con resolución de 1 km² obtenidas de la base de datos de Worldclim, además utilizaron elevación, pendiente, orientación de la pendiente y topografía obtenidas de la base de datos U. S. Geological Survey's Hydro.

METODOLOGÍA

REVISIÓN TAXONÓMICA

La identificación de las especies se basó en la morfología externa de los adultos de Curculionidae, utilizando para ello ejemplares de cada especie obtenidos de colecciones biológicas. Los ejemplares consultados se encontraron en la Colección Nacional de Insectos (CNIN) depositada en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM); en la Colección de Coleópteros del Museo de Zoología (MZFC) "Alfonso L. Herrera" de la Facultad de Ciencias; en la Colección de Insectos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH); en la Colección de Insectos del American Museum of Natural History (AMNH); y en la Colección de Insectos de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

Por medio del microscopio estereoscópico, se revisaron los caracteres morfológicos más relevantes para la elaboración de la diagnosis y de la clave de identificación.

Las estructura utilizadas para la elaboración de la clave fueron: longitud del cuerpo; forma de los siguientes caracteres: pronoto, rostro, ojos, funículo antenal, clava antenal, escutelo, mandíbula, tibia; presencia de: canal prosternal, lóbulos dermales; exposición de pigidio.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

Se consultaron bases de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) www.conabio.gob.mx/, solicitud registrada con el número 12200 para curculiónidos y solicitud registrada con número 12419 para Agavoideae. Se consultó el portal Global Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org/.) También se realizó la revisión de las localidades para cada una de las especies a partir de los datos de la literatura (Aquino et al., 2007; Aquino et al., 2010; González, *et al.*, 2011; Jones y Luna, 2007; Morrone y Cuevas. 2004; Pott, 1975; Salas *et al.*, 2001; Servín *et al.*, 2006; Sleeper, 1963; Solís et al., 2001; Vaurie, 1967, 1970, 1971; Woodruff y Pierce 1973).

A pesar de que ya se cuenta con herramientas como las bases de datos electrónicas, muy poca información de las especies estudiadas se encuentra disponible en este medio. La mayoría de la información está almacenada en colecciones científicas en museos y universidades. Esta información no está digitalizada, por lo cual el acceso a las diferentes colecciones se realizó de forma manual.

Una vez recopilada la información de las localidades se creó una base de datos para cada especie para la captura de los registros de la información de los ejemplares, con el programa de cómputo Excel se crearon las tablas donde se utilizaron cinco campos principales (especie, país, localidad, coordenadas: latitud y longitud).

Posteriormente, para visualizar los puntos de registro de cada especie en mapas, las localidades fueron georreferidas mediante la aplicación Google Earth. La distribución geográfica de las especies se sintetizó en cinco mapas, donde se integraron los datos geográficos de las localidades con base en los registros bibliográficos, localidades obtenidas de los ejemplares depositados en las colecciones anteriormente mencionadas, y de la consulta de bases de datos.

Se crearon cinco mapas de distribución, uno para cada especie tratada, utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc View 3.2.

En este estudio se utilizaron 19 variables bioclimáticas de la base de datos WorldClim 1.3, ya que esta base de datos presenta cobertura mundial, es un recurso libre y gratuito. Las capas de datos fueron generadas a través de interpolación de datos climáticos mensuales procedentes de estaciones meteorológicas con una resolución de retícula de 30 arco segundos (frecuentemente referidas como resolución de 1 km), (<http://www.worldclim.org/>) Tabla 1.

Variable	Significado
BIO-1	Temperatura media anual
BIO-2	Rango medio diario
BIO-3	Isotermalidad
BIO-4	Estacionalidad de la temperatura
BIO-5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO-6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO-7	Rango anual de temperatura
BIO-8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO-9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO-10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO-11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO-12	Precipitación anual
BIO-13	Precipitación del mes más húmedo.
BIO-14	Precipitación del mes más seco.
BIO-15	Estacionalidad en las precipitaciones
BIO-16	Precipitación del trimestre más húmedo.
BIO-17	Precipitación del trimestre más seco.
BIO-18	Precipitación del trimestre más caluroso.
BIO-19	Precipitación del trimestre más frío.

Tabla 1. Variables climáticas utilizadas para generar los mapas de distribución potencial.

Para el modelado de las especies se utilizó MaxEnt versión 3.2.19 con los siguientes parámetros: 1000 iteraciones, tomando el 20% de los registros para realizar pruebas con *Jackknife*, se realizaron 20 réplicas, tipo de réplica bootstrap y formato de salida logístico. Para obtener la distribución potencial de las especies se utilizó el mapa promedio resultante.

Para la validación del modelo se utilizó el área bajo la curva (AUC), donde se calcula el desempeño del modelo para predecir las presencias contenidas en la muestra de los datos.

Seguidamente, el mapa generado por MaxEnt en formato ASCII se exportó como capa en Arc View 3.2, donde se utilizó el umbral de corte: percentil 10 de presencia de entrenamiento para *Peltophorus polymitus*, *Rhinostomus frontalis* y *Scyphophorus yuccae* y el umbral: presencia mínima de entrenamiento para *Cactophagus spinola* y *Scyphophorus acupunctatus*. Estos umbrales son para transformar el mapa de las probabilidades de ocurrencia a un mapa binario de distribución potencial para las especies. Esto se realizó haciendo una reclasificación del mapa promedio resultante de la distribución de máxima entropía, donde los valores que son menores a los del umbral de corte se reclasifican como 0 (ausencia), y los valores iguales o mayores al umbral de corte son reclasificados como 1 (probabilidad de que la especie este presente).

Valor de umbral de corte para *S. acupunctatus* (presencia mínima de entrenamiento) = 0.082

Valor de umbral de corte para *S. yuccae* (percentil 10 de presencia de entrenamiento) = 0.262

Valor de umbral de corte para *C. spinolae* (presencia mínima de entrenamiento) = 0.099

Valor de umbral de corte para *R. frontalis* (percentil 10 de presencia de entrenamiento) = 0.2772

Valor de umbral de corte para *P. polymitus* (percentil 10 de presencia de entrenamiento) = 0.3579

El mapa resultante del análisis de distribución potencial de cada especie se contrastó con registros de sus respectivos huéspedes obtenidos de la CONABIO (solicitud registrada con número 12419), esto para visualizar las áreas predichas por el modelo concordantes con los registros de sus huéspedes. Los mapas de distribución de los huéspedes utilizados para esta comparación, no se incluyen en este trabajo ya que estos se obtuvieron únicamente de registros de bases de datos y como se mencionó anteriormente, es recomendable hacer además una revisión exhaustiva en herbarios y literatura, lo cual queda excluido del objetivo principal de este trabajo.

RESULTADOS

Clave para la identificación de Curculionidae asociadas con especies de la subfamilia Agavoideae

1. Longitud total menor a 10 mm; tegumento con escamas blancas; antena con funículo de 7 antenómeros y clava compacta; mandíbulas sin dientes; ojos grandes, dorsalmente contiguos ocupando gran parte de la cabeza; canal prosternal para recibir el rostro en reposo; escutelo trapezoidal; coxas anteriores separadas por canal prosternal; tibias posteriores con diente bien desarrollado.....*Peltophorus polymitus*
- 1'. Longitud total mayor a 10 mm; tegumento sin escamas; antena con funículo de 6 antenómeros y clava truncada; mandíbulas con 2-3 dientes; ojos laterales; sin canal prosternal para recibir el rostro en reposo; escutelo triangular; coxas anteriores subcontiguas; tibias posteriores sin dientes.2
2. Clava antenal con ápice alargado; pronoto subcircular; mandíbulas exodontas; escutelo pequeño; segundo tarsómero largo; tercer tarsómero fuertemente bilobulado; pigidio ligeramente expuesto.....*Rhinostomus frontalis*
- 2'. Clava antenal con ápice levemente alargado, truncado o cóncavo; pronoto subrectangular o subtriangular; mandíbulas endodontas; escutelo grande; segundo tarsómero corto; tercer tarsómero bilobulado; pigidio claramente expuesto.....3
3. Cuerpo robusto; élitros con franjas rojas-anaranjadas; clava antenal con ápice tomentoso cónico; escroba no extendida hacia superficie ventral; lóbulos dermales ausentes; tercer tarsómero con sedas abundantes en toda la superficie ventral.....*Cactophagus spinolae*
- 3'. Cuerpo pequeño; élitros sin franjas; clava antenal con ápice truncado o cóncavo; escroba ligeramente extendida hacia superficie ventral; lóbulos dermales bien desarrollados; tercer tarsómero con sedas ventrales abundantes en parte apical.....4
4. Clava antenal con ápice cóncavo; segundo antenómero funicular de la misma longitud que el tercero; rostro ligeramente corto y grueso; mandíbulas con 2 dientes; pronoto subrectangular, finamente punteado; escutelo pequeño; élitros con intervalos finamente punteados en 1-2 líneas; segundo tarsómero no excavado, con sedas apicales ventrales; pigidio corto.....*Scyphophorus acupunctatus*
- 4'. Clava antenal con ápice truncado ligeramente carenado; segundo antenómero funicular más largo que el tercero; rostro ligeramente largo y delgado; mandíbulas con 3 dientes; pronoto subtriangular, profundamente punteado; escutelo grande; élitros con intervalos profundamente punteados en una sola línea; segundo tarsómero excavado, con sedas apicales laterales; pigidio largo.....*Scyphophorus yuccae*

DIAGNOSIS DE LAS ESPECIES

***Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal, 1838)**

Familia Curculionidae

Subfamilia Dryophthorinae

Tribu Rhynchophorini

Subtribu Sphenophorina

Sinonimias:

Scyphophorus interstitialis Gyllenhal, 1838: 858.

Scyphophorus anthracinus Gyllenhal, 1838: 858.

Rhynchophorus asperulus LeConte, 1857: 58.

Scyphophorus robustior Horn, 1873: 409.

DIAGNOSIS. Longitud del cuerpo de 11 a 20 mm; color negro brillante, con fina puntuación en todo el cuerpo; **mandíbulas:** bidentadas, endodontas; **rostro:** ligeramente ancho, largo, casi recto, escapo insertado en mitad de la escroba, escroba corta, situada en base del rostro, ancha hacia la base del pico, poco extendida hacia la superficie ventral; **antena:** geniculada con clava comprimida, insertada en la base del rostro, funículo de 6 antenómeros donde el segundo y tercer antenómeros son de igual tamaño, clava antenal con ápice esponjoso retraído (cóncavo), escapo largo, del mismo tamaño del funículo y clava; **ojos:** laterales, alargados (elípticos, longitudinalmente ovales), grandes, medianamente separados ventralmente; **pronoto:** subrectangular, más largo que ancho, con superficie finamente punteada; **escutelo:** corto, triangular, más largo que ancho; **coxas:** anteriores subcontiguas; **fémur:** ancho, robusto; **tibias:** ápice con unco (gancho) y mucro, setas apicales largas, cara externa del ápice fuertemente bidentado, un par de peines ventrales de setas cortas abarcando toda la tibia. Tibia media con 3 sedas escamiformes en cara externa del ápice tibial, Tibia posterior con sedas escamiformes en cara externa del ápice tibial; **tarsos:** primer tarsómero largo, ligeramente excavado, con sedas apicales ventrales. Segundo tarsómero corto, no excavado, con sedas apicales ventrales. Tercer tarsómero bilobulado con pelos ventrales abundantes en la parte apical. Quinto tarsómero largo, con lóbulos dermales bien desarrollados y un par de uñas; **élitros:** con base emarginada, sin escamas, con 10 estrías y 11 interestrías. Intervalos muy finamente punteados con 1-2 líneas, estrías unidas hacia el ápice (3-8, 4-7 y 5-6); **pigidio:** expuesto detrás de los élitros, ligeramente corto (Fig. 1-3).

Distribución. Sur de los Estados Unidos de América (Arizona, Arkansas, California, Florida, Georgia, Kansas y Texas), prácticamente en todo México (Vaurie, 1971) (Fig. 4).

Plantas huéspedes. *Agave amaniensis*, *A. americana*, *A. angustifolia*, *A. atrovirens*, *A. attenuata*, *A. durangensis*, *A. ferdinandi-regis*, *A. fourcroydes*, *A. karwinskii*, *A. lechuguilla*, *A. mexicana*, *A. palmeri*, *A. potatorum*, *A. rigida*, *A. salmiana*, *A. shawii*, *A. sisalana*, *A. tequilana*, *Furcraea tuberosa*, *Polianthes tuberosa*, *Yucca aloifolia*, *Y. elephantipes*, *Y.*

glauca y *Y. recurvifolia* (Aquino et al., 2010; González, et al., 2011; Maddison & Crosby, 2009; Pott, 1975; Solís et al., 2001; Vaurie, 1971; Waring & Smith, 1986; Woodruff & Pierce, 1973).

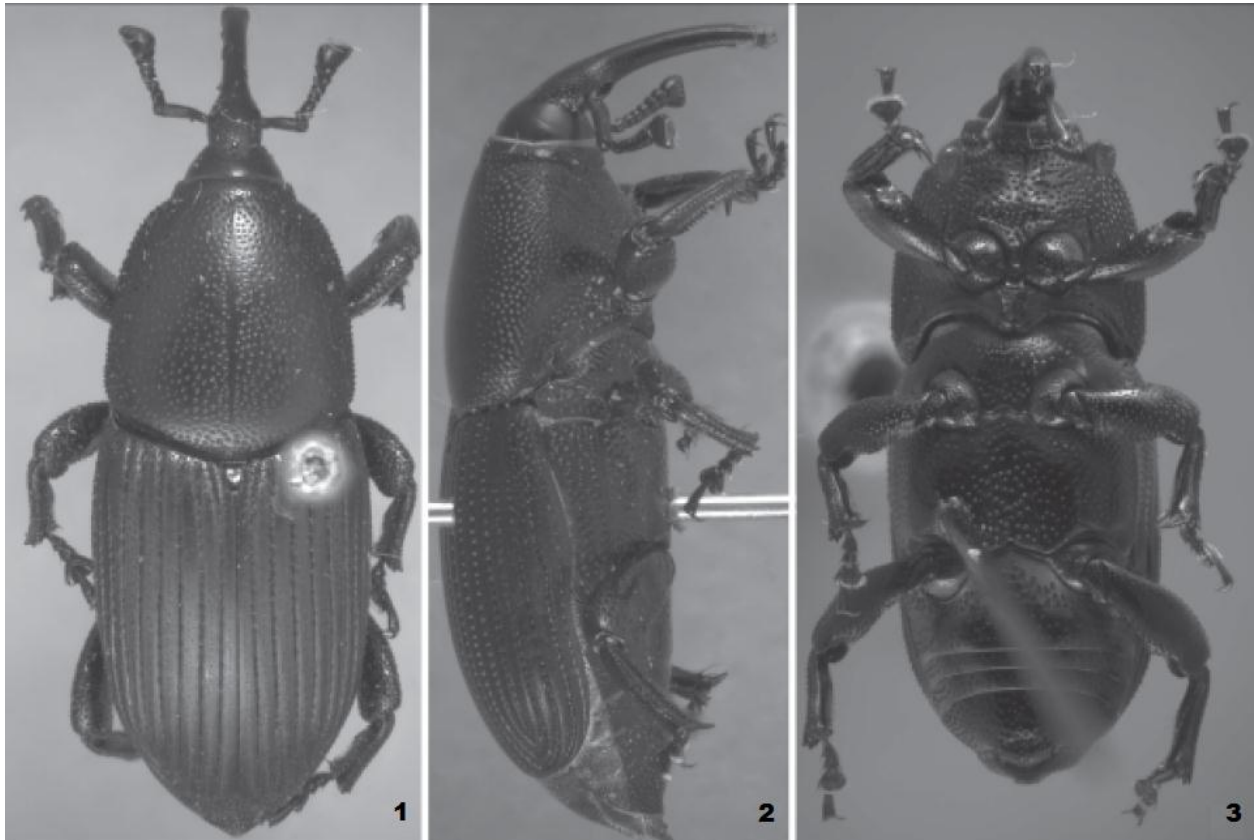


Fig. 1-3. *Scyphophorus acupunctatus*: 1, vista dorsal; 2, vista lateral; 3, vista ventral.

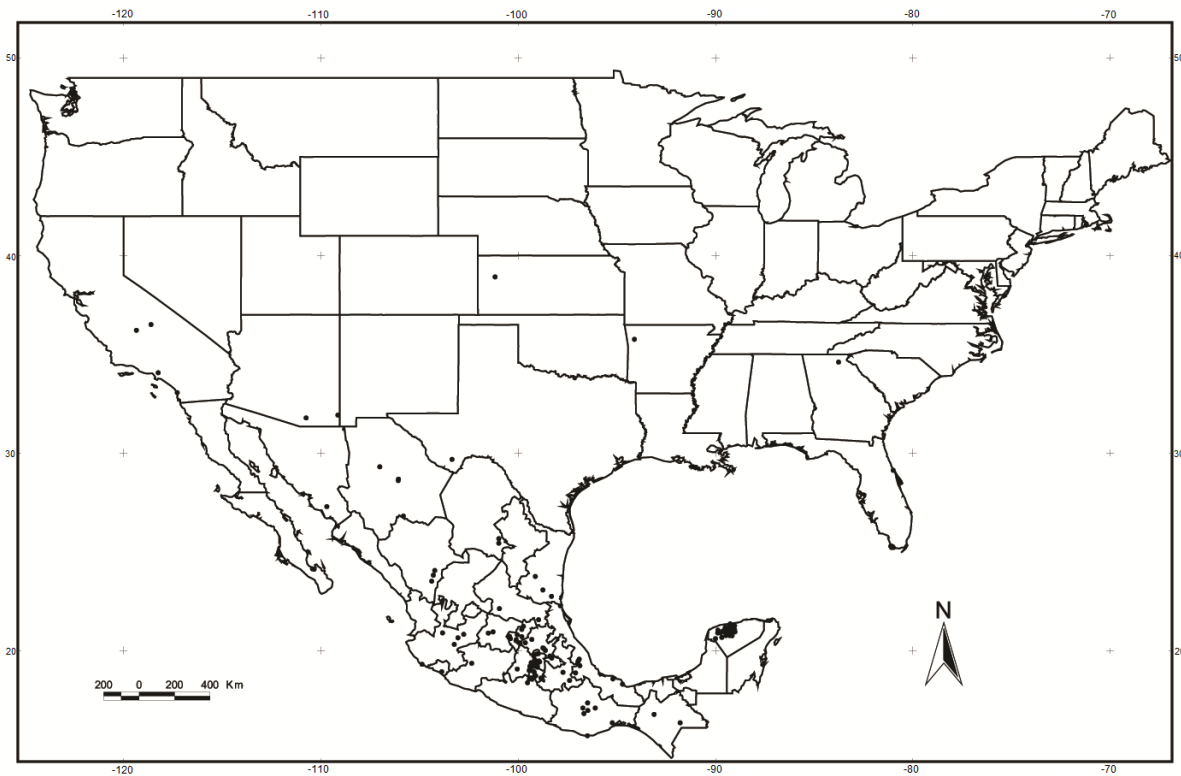


Fig. 4. Mapa de distribución de *Scyphophorus acupunctatus*.

***Scyphophorus yuccae* (Horn, 1873)**

Familia Curculionidae

Subfamilia Dryophthorinae

Tribu Rhynchophorini

Subtribu Sphenophorina

DIAGNOSIS. Longitud del cuerpo de 15 a 20 mm; color negro brillante con una profunda puntuación en todo el cuerpo; **mandíbulas:** con tres dientes, endodontas; **rostro:** ligeramente delgado, largo, levemente curvado, escapo insertado en mitad de la escroba, escroba corta situada en base del rostro ancha hacia la base del pico, poco extendida hacia la superficie ventral; **antena:** insertada en la base del rostro geniculada con clava comprimida, funículo de 6 antenómeros donde el segundo antenómero es más grande que el tercero, clava antenal con ápice truncado esponjoso algo carenado, escapo largo del mismo tamaño del funículo; **ojos:** laterales alargados, (elípticos, longitudinalmente ovals), grandes, poco separados ventralmente; **pronoto:** subtriangular, reducido al frente, con superficie profundamente punteada; **escutelo:** grande, triangular tan largo como ancho; **coxas:** anteriores subcontiguas; **fémur:** ancho, robusto; **tibias:** ápice con unco (gancho) y mucro, cara externa del ápice débilmente bidentado; **tarso:** primer

tarsómero largo, excavado ventralmente, con sedas apicales laterales. Segundo tarsómero corto, excavado, con sedas apicales laterales. Tercer tarsómero bilobulado con pelos ventrales abundantes en la parte apical. Quinto tarsómero largo, con lóbulos dermales bien desarrollados y un par de uñas; **élitros**: con base casi recta, sin escamas, con 10 estrías y 11 interestrías, intervalos profundamente punteados en una sola línea, estrías unidas hacia el ápice (3-8, 4-7 y 5-6); **pigidio**: expuesto detrás de los élitros, ligeramente largo (Fig. 5-7).

Distribución. Sur de los Estados Unidos de América (Arizona, California y oeste de Texas) y en México al norte de Baja California (Huxman et al., 1997; Vaurie, 1971) (Fig. 8).

Plantas huéspedes. *Agave amaniensis*, *Hesperoyucca whipplei* y *Yucca gloriosa* (Maddison & Crosby, 2009; Vaurie, 1971).

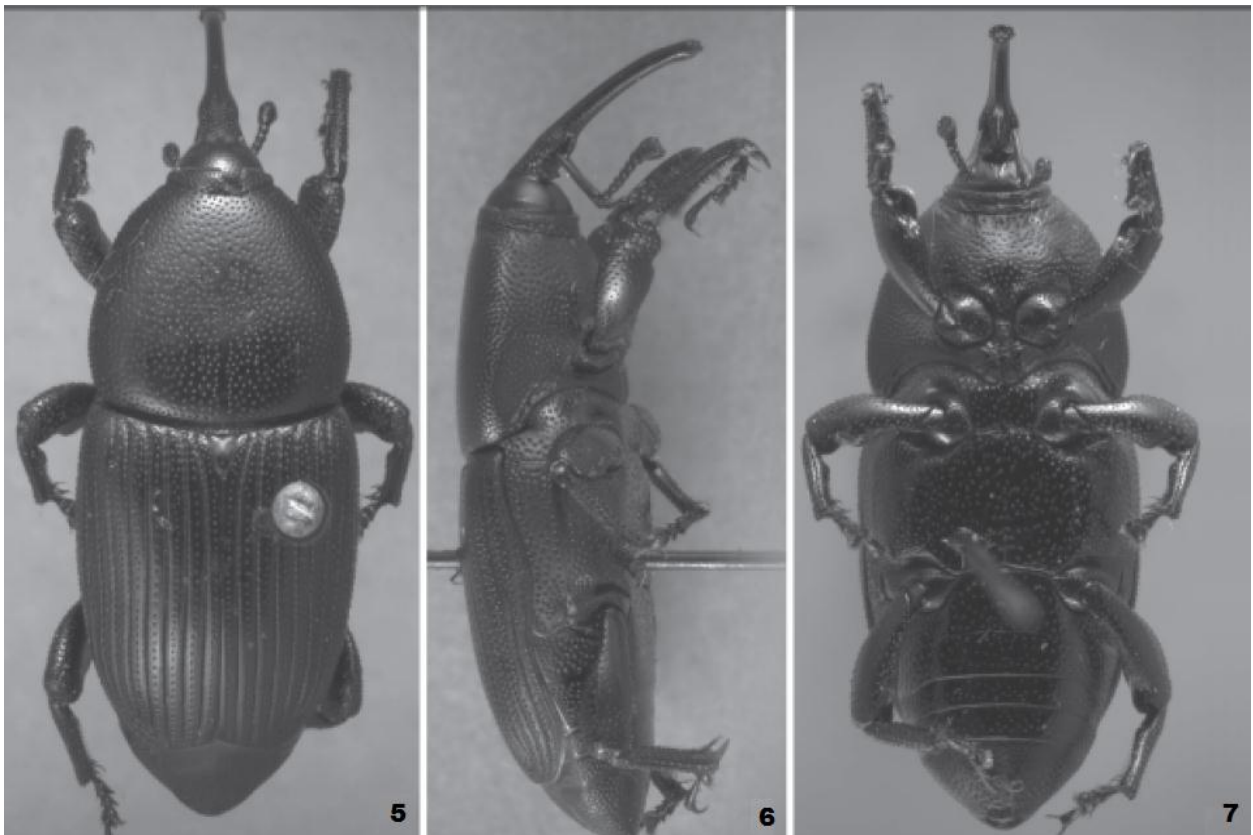


Fig. 5-7. *Scyphophorus yuccae*, 5, vista dorsal; 6, vista lateral; 7, vista ventral.

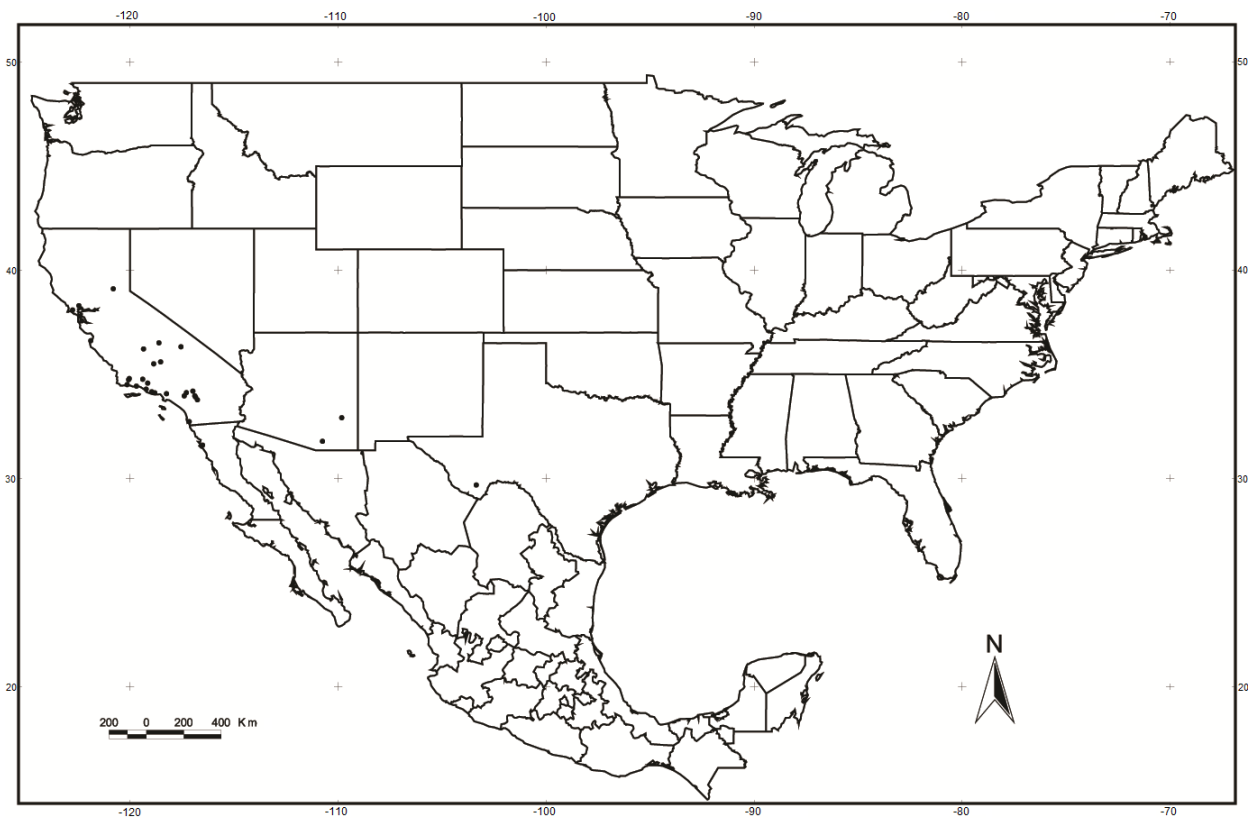


Fig. 8. Mapa de distribución de *Scyphophorus yuccae*.

***Cactophagus spinolae* (Gyllenhal, 1838)**

Familia Curculionidae

Subfamilia Dryophthorinae

Tribu Rhynchophorini

Subtribu Sphenophorina

Sinonimias: *Sphenophorus spinolae* Gyllenhal, 1838: 883.

Sphenophorus procerus LeConte, 1858: 80.

Sphenophorus validus LeConte, 1858: 80.

Cactophagus procerus; LeConte, 1876: 332.

Cactophagus validus; LeConte, 1876: 332.

Cactophagus obliquefasciatus Chevrolat, 1883: 580.

Cactophagus subnitens Casey, 1892: 685.

Cactophagus spinolae; Champion, 1910: 84.

Cactophagus rubronigrum Fischer, 1927: 217.

Metamasius procerus; Vaurie, 1966: 230.

Metamasius spinolae; Vaurie, 1966: 230.

Metamasius subnitens; Vaurie, 1966: 230.

Metamasius validus; Vaurie, 1966: 230.

Cactophagus spinolae validus; Kuschel, 1986: 374, **syn. nov.**

Diagnosis. Longitud del cuerpo de 15 a 25 mm; color negro, cuerpo robusto; con dos franjas transversales de color roja anaranjado en los élitros; **mandíbulas:** con tres dientes, endodontas; **rostro:** ancho, largo, medianamente curvado, escapo insertado en mitad de la escroba, escroba corta situada en base del pico no extendida hacia la superficie ventral; **antena:** insertada en la base del rostro geniculada con clava comprimida, funículo de 6 antenómeros donde el segundo antenómero es de igual tamaño que el tercero, clava antenal con ápice esponjoso cónico, escapo largo casi de la mitad de la antena, del mismo tamaño del funículo y clava; **ojos:** laterales alargados, (elípticos, longitudinalmente ovals), grandes, separados ventralmente; **pronoto:** subtriangular, reducido al frente, presenta dos manchas de color roja-anaranjada, superficie casi lisa, escasas punteaduras muy finas; **escutelo:** grande, triangular más largo que ancho; **coxas:** anteriores subcontiguas; **fémur:** delgados de la base y anchos hacia el ápice; **tibias:** ápice con unco y diente con setas largas. Tibia anterior: con un peine setas largas ventrales y un peine de setas cortas ventrales, abarcando casi toda la tibia. Tibia media y posterior con un par de peines ventrales de setas cortas abarcando casi toda la tibia; **tarso:** primer tarsómero largo, no excavado, con sedas apicales ventrales. Segundo tarsómero corto, no excavado, con sedas apicales ventrales. Tercer tarsómero bilobulado con pelos ventrales abundantes en todo el tarso. Quinto tarsómero largo, lóbulos dermales no desarrollados (ausentes), un par de uñas simples libres; **élitros:** con base emarginada, presenta dos franjas de color rojo-anaranjado en cada élitro en posición transversal, sin escamas, presenta 10 estrías y 11 interestrías, estrías unidas hacia el ápice (3-8, 4-7 y 5-6), estrías unidas hacia la base (7-8 y en ocasiones 1-2); **pigidio:** expuesto detrás de los élitros (Fig. 9-11).

Distribución. Sur de los Estados Unidos de America (California y Colorado) norte de México hasta el sur en Oaxaca (Vaurie, 1967) (Fig. 12).

Plantas huéspedes. *Hylocereus* spp., *Opuntia* spp. y *Agave* spp. (Ramírez et al., 2011; Vaurie, 1967).

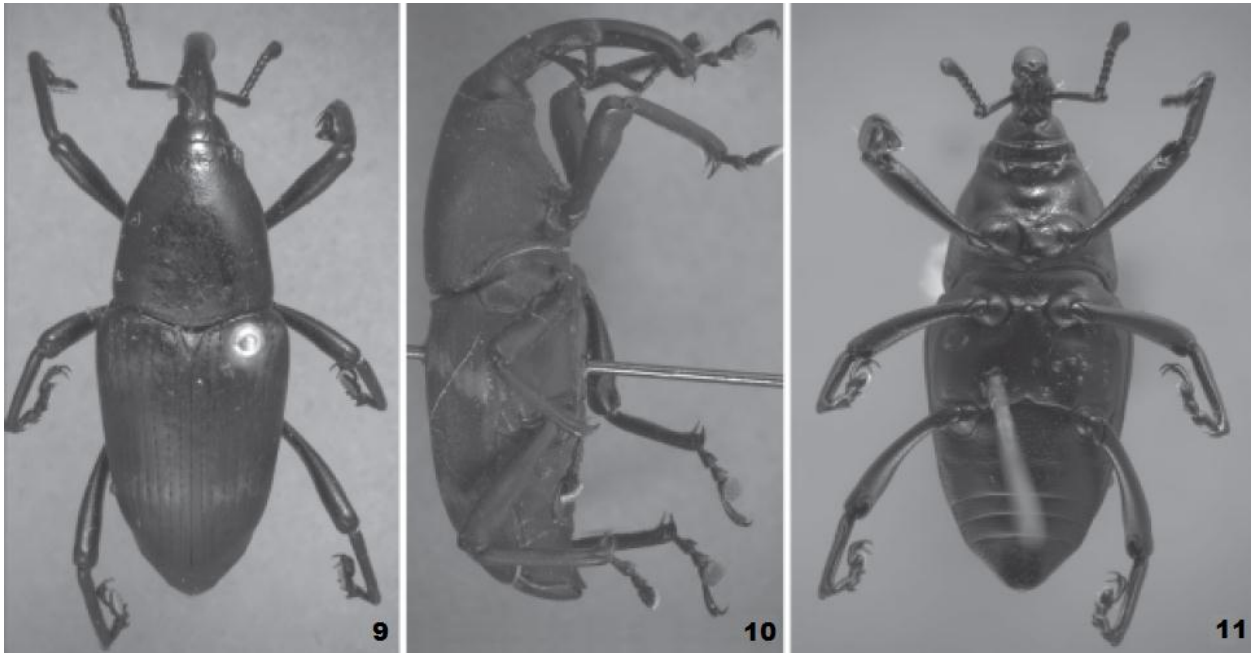


Fig. 9-11. *Cactophagus spinolae*: 9, vista dorsal; 10, vista lateral; 11, vista ventral.

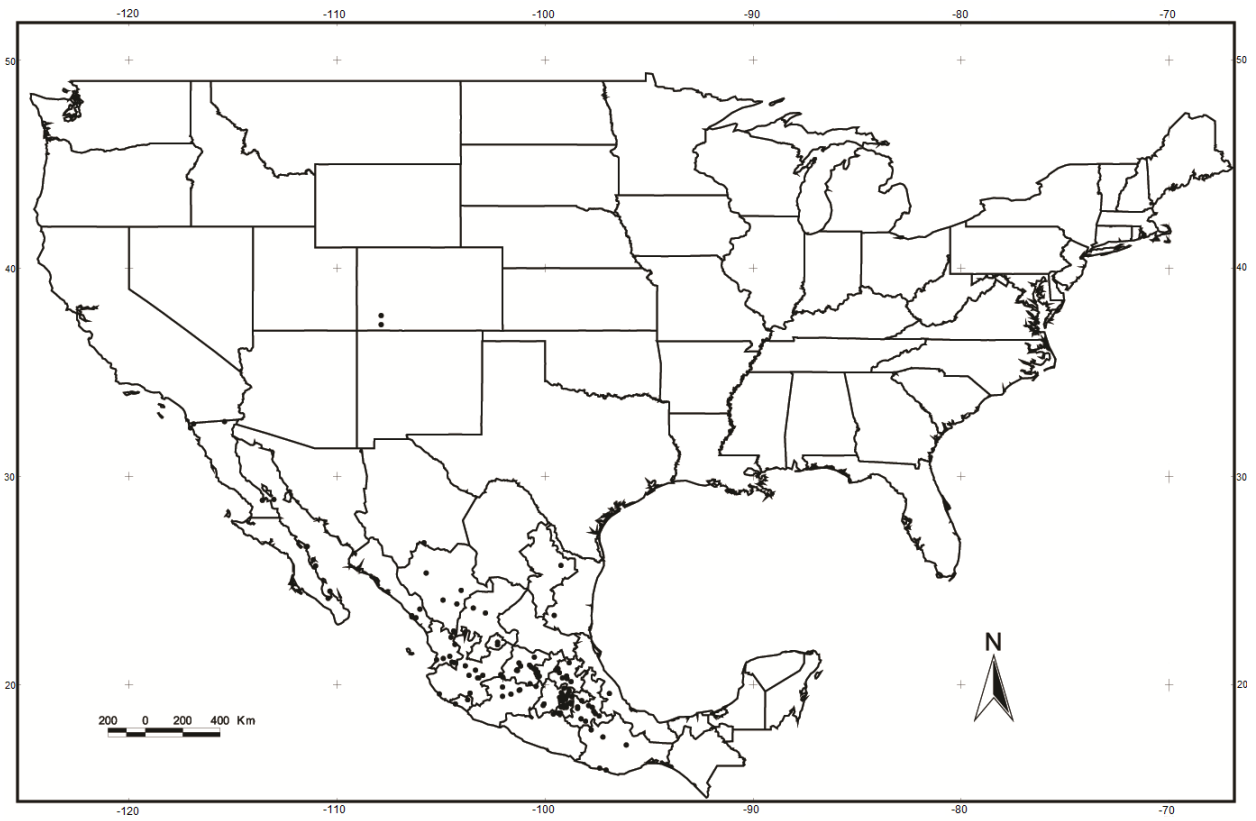


Fig. 12. Mapa de distribución de *Cactophagus spinolae*.

***Rhinostomus frontalis* (LeConte, 1874)**

Familia Curculionidae

Subfamilia Dryophthorinae

Tribu Orthognathini

Subtribu Rhinostomina

Sinonimias: *Rhina frontalis* LeConte, 1874: 70.

Yuccaborus frontalis; Casey, 1892: 688.

Yuccaborus sharpi Casey, 1892: 688.

Yuccaborus grossus Casey, 1892: 689.

Yuccaborus lentiginosus Casey, 1904: 324.

Yuccaborus frontalis sharpi; Vaurie, 1970: 49.

Rhinostomus frontalis; Morrone & Cuevas, 2002: 379.

DIAGNOSIS. Longitud del cuerpo de 10 a 18 mm, cuerpo alargado color negro con una puntuación muy profunda en todo el cuerpo; **mandíbulas:** con 3 dientes, curvadas hacia afuera (exodontas); **rostró:** mediano, grueso, recto, escapo insertado en mitad de la escroba, escroba corta insertada en mitad del pico, no extendida hacia la superficie ventral; **antena:** insertada en la mitad del rostro, geniculada con clava comprimida, funículo de 6 antenómeros donde el segundo antenómero es de igual tamaño que el tercero, clava antenal con ápice esponjoso alargado, escapo largo casi del mismo tamaño del funículo; **ojos:** laterales, ovales, contiguos ventralmente; **pronoto:** subcilíndrico, con la superficie muy profundamente punteada; **escutelo:** pequeño, triangular, ligeramente alargado, delgado; **coxas:** anteriores subcontiguas; **fémur:** largo y delgado; **tibias:** ápice con unco. Tibia anterior: con hilera de dientes ventrales pequeños separados. Tibia media con 3 sedas escamiformes en cara externa del ápice tibial y setas apicales largas. Tibia posterior con sedas apicales largas; **tarso:** primer tarsómero largo, no excavado, con un par de peines ventrales. Segundo tarsómero largo, no excavado, con un par de peines ventrales. Tercer tarsómero fuertemente bilobulado, con pelos ventrales abundantes en forma de círculo en cada lóbulo. Quinto tarsómero largo, con lóbulos dermales bien desarrollados con un par de uñas simples; **élitros:** base casi recta, sin escamas, con 10 estrías y 11 interestrías, intervalos muy profundamente punteados en posición irregular, estrías unidas hacia el ápice (1-10, 2- 9, 3- 8 y 4-5 ó 5-7, 6-7 ó 5-6); **pigidio:** levemente expuesto detrás de los élitros (Fig. 13-15).

Distribución. Sur de los Estados Unidos de América (Arizona, California, sur de Nevada, Nuevo Mexico y Texas) norte de México hasta el sur en Oaxaca (Vaurie, 1970) (Fig. 16).

Plantas huéspedes. *Agave* spp., *Yucca valida* y *Yucca* spp. (Vaurie, 1970).

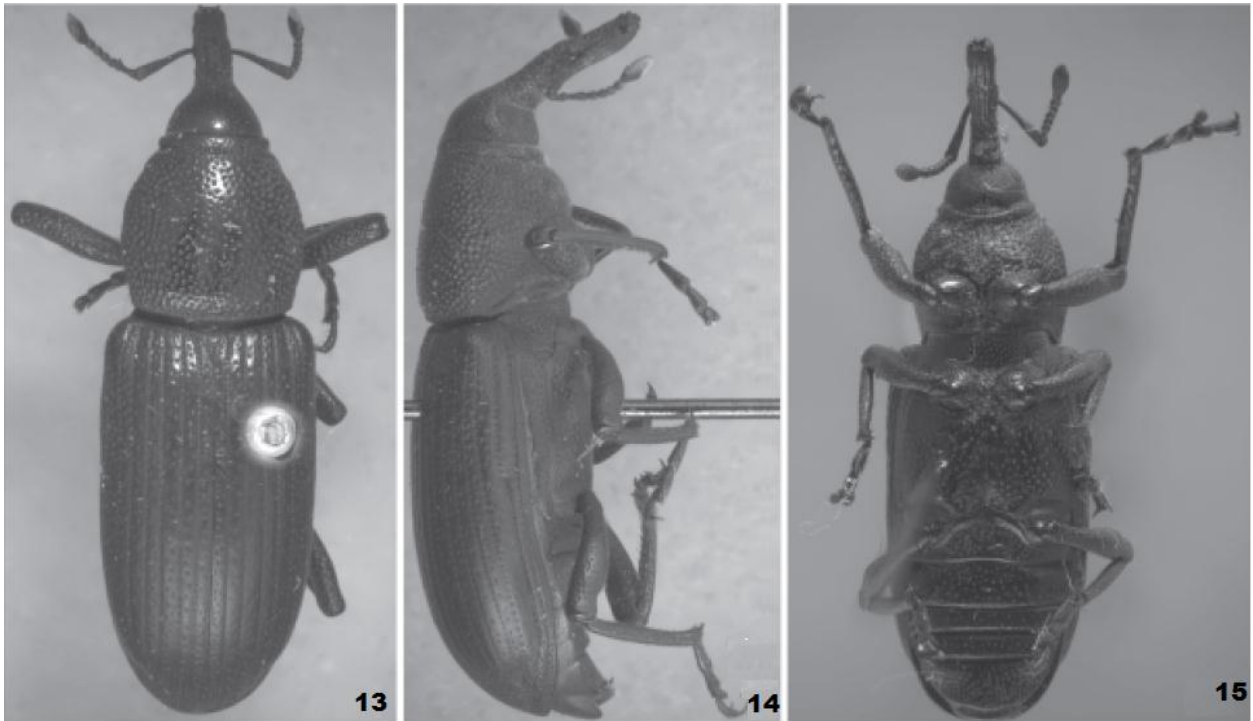


Fig. 13-15. *Rhinostomus frontalis*, 13, vista dorsal; 14, vista lateral; 15, vista ventral.

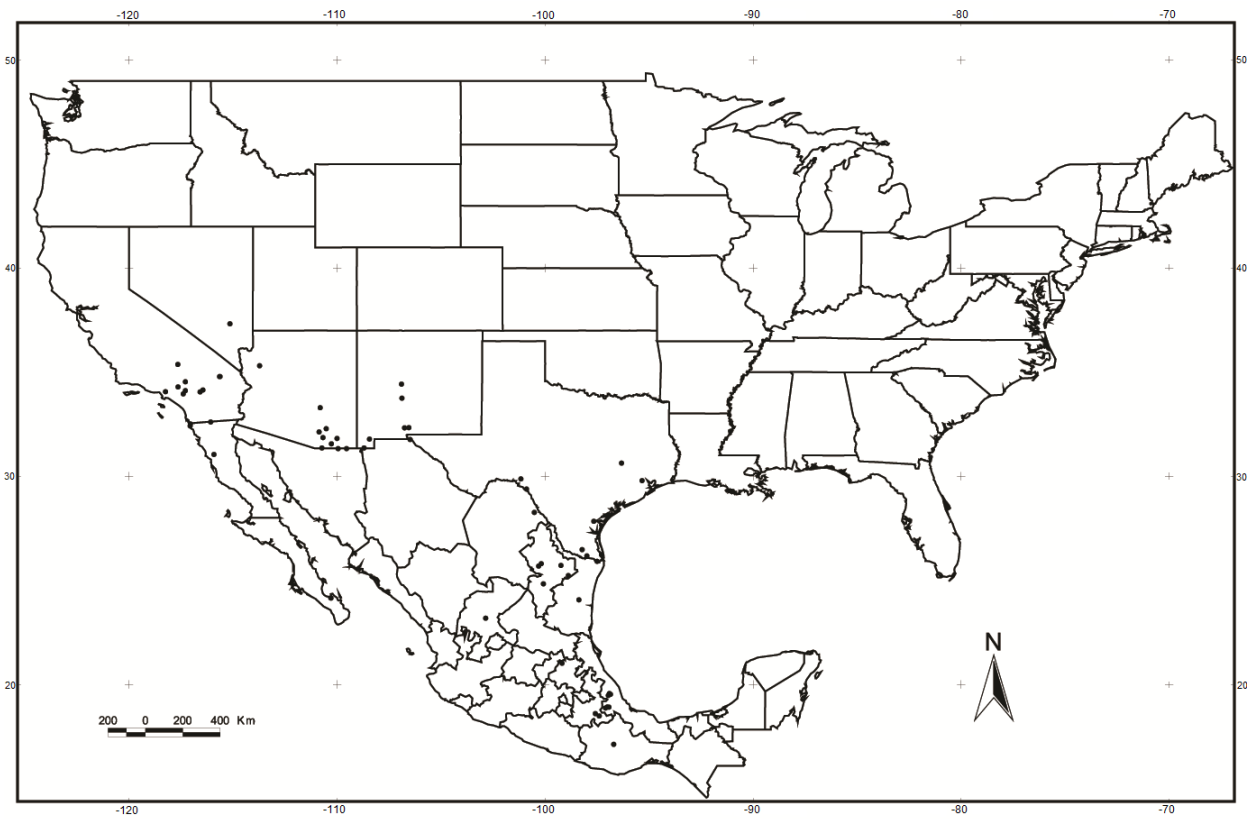


Fig. 16. Mapa de distribución de *Rhinostomus frontalis*.

***Peltophorus polymitus* Boheman, 1845**

Familia Curculionidae

Subfamilia Baridinae

Tribu Conoderini

Sinonimias:

Peltophorus leucomelas Lacordaire, 1866: 152 (nom. nud.).

Zygops polymitus seminiveus LeConte, 1884: 31, **syn. nov.**

Zygops polymitus leopardinus Desbrochers, 1891: 40, **syn. nov.**

Zygops polymitus suffusus Casey, 1892: 459, **syn. nov.**

Peltophorus polymitis Hustache, 1934: 28 (lapsus).

DIAGNOSIS . Longitud del cuerpo de 6 a 10 mm, color negro con escamas blancas en todo el cuerpo, presenta canal prosternal; **mandíbulas**: sin dientes (superficie externa lisa); **rostro**: levemente comprimido dorso-ventralmente, escapo insertado en parte inferior de la escroba, escroba insertada en base del pico no extendida hacia la superficie ventral; **antena**: insertada en la base del rostro, geniculada con clava compacta, funículo de 7 antenómeros, antenómero 1, 2 y 3 de igual tamaño y más grandes que el 4, escapo muy corto; **ojos**: muy grandes (ocupan gran parte de la cabeza), dorsalmente contiguos; **pronoto**: subtrapezoidal, más ancho que largo, con escamas blancas; **escutelo**: trapezoidal; **coxas**: anteriores separadas por canal prosternal; **fémur**: anterior y medio con diente pequeño, posterior con diente grande; **tibias**: ápice con unco y diente. Tibia anterior, peine apical con setas cortas en cara interna, setas apicales alargadas y engrosadas. Tibia media: peine exterior de setas largas abarcando un tercio de la tibia, peine ventral de setas cortas abarcando un tercio de la tibia, setas apicales. Tibia posterior: peine ventral de setas largas abarcando la mitad de la tibia, peine exterior de setas largas abarcando casi un tercio de la tibia, setas apicales; **tarso**: primer tarsómero largo, no excavado, con pelos ventrales abundantes. Segundo tarsómero corto, no excavado, con pelos ventrales abundantes. Tercer tarsómero fuertemente bilobulado, con pelos ventrales abundantes en todo el tarso. Quinto tarsómero corto, sin lóbulos dermales con un par de uñas unidas en la base; **élitros**: base fuertemente emarginada, con escamas de color blanco, presenta 10 estrías y 11 interestrías, estrías unida hacia el ápice (2- 9, 3- 8, 4- 5 y 6- 7); **pigidio**: expuesto detrás de los élitros (Fig. 17-19).

Distribución. Sur de los Estados Unidos de América (Arizona, Nuevo Mexico y Texas) y México en Edo.Mex., D. F., Durango, Hidalgo, Tlaxcala y Querétaro (Fig. 20).

Plantas huéspedes. *Agave durangensis*, *A. palmeri* y *Agave* spp. (González, *et al.*, 2011; Sleeper, 1963).

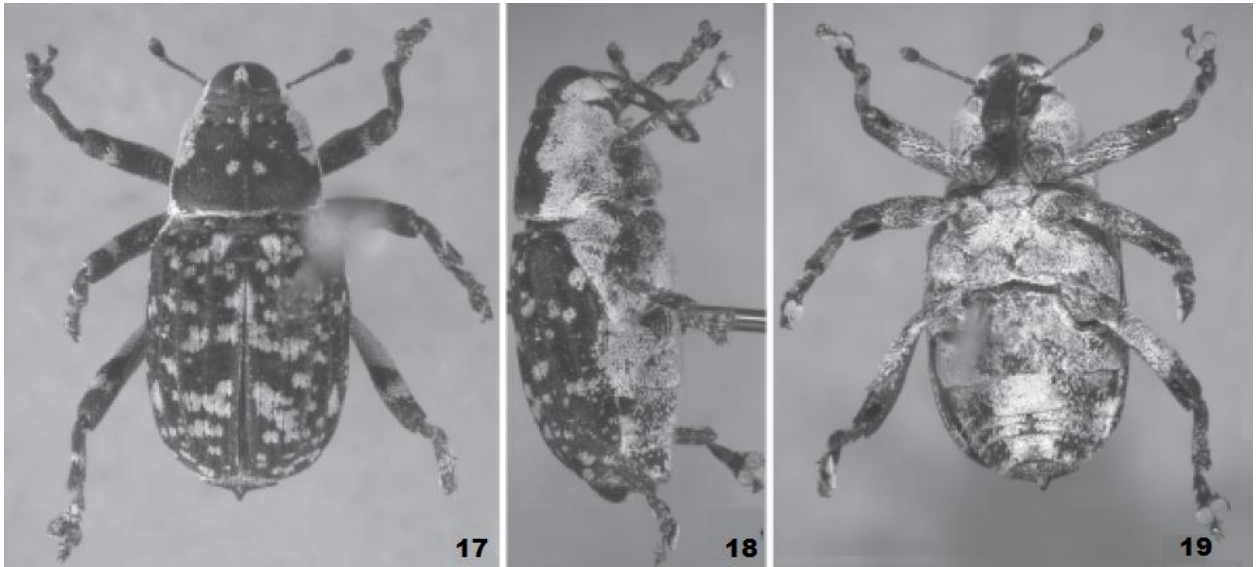


Fig. 17-19, *Peltophorus polymitus*: 17, vista dorsal; 18, vista lateral; 19, vista ventral.

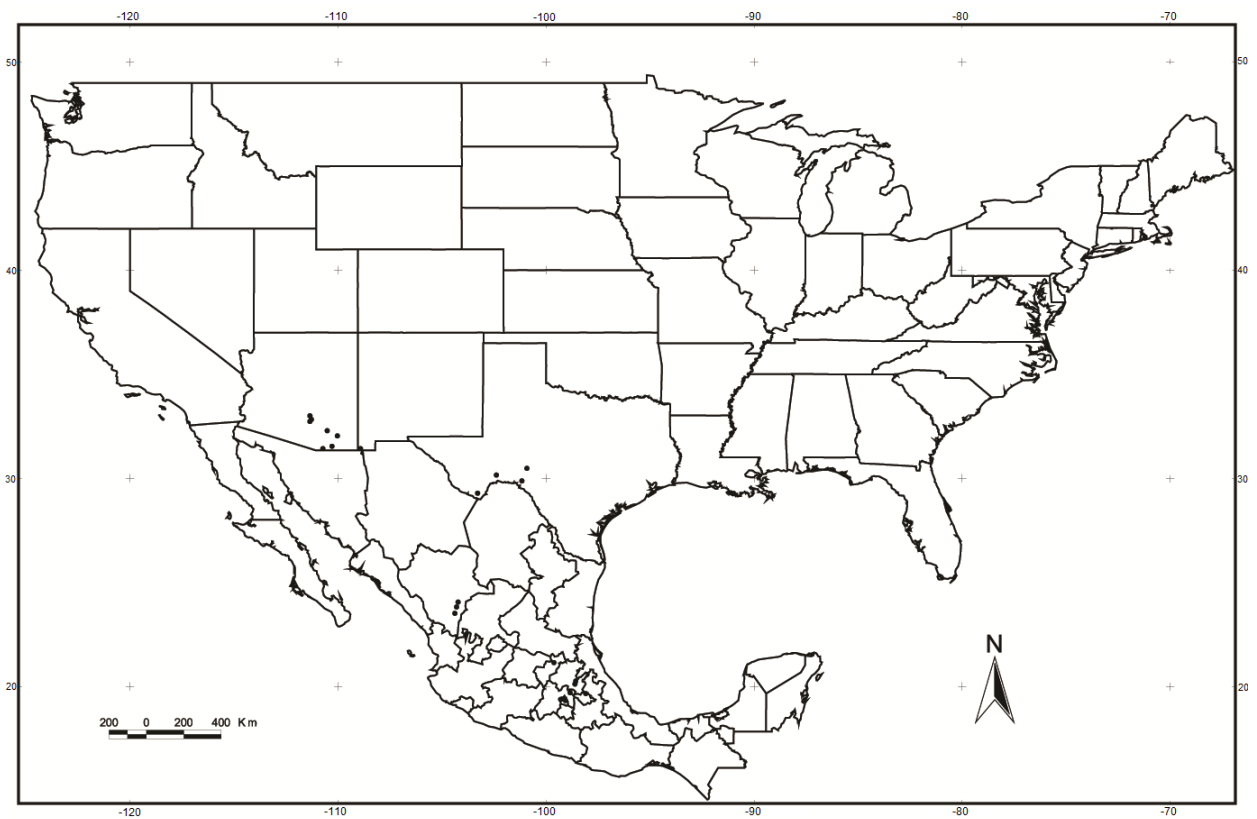


Fig. 20. Mapa de distribución de *Peltophorus polymitus*.

MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

Como resultado de la información recopilada de los registros bibliográficos, localidades de los ejemplares depositados en las colecciones y de la consulta de bases de datos se creó una tabla con el número de registros totales obtenidos para cada especie (Tabla 2).

Especie	# de registros obtenidos
<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	132
<i>Scyphophorus yuccae</i>	19
<i>Cactophagus spinolae</i>	136
<i>Rhinostomus frontalis</i>	56
<i>Peltophorus polymitus</i>	24

Tabla 2. Registros obtenidos por especie.

Scyphophorus acupunctatus

Su distribución abarca gran parte del territorio mexicano, se encuentra presente en 23 estados con al menos con un registro, extendiéndose hasta el sur de los Estados Unidos de América, estando presente en 7 estados.

MÉXICO: Baja California Sur (2); Chiapas (2); Chihuahua (4); Colima (1); Coahuila (2); D.F. (7); Durango (4); Edo. Mex. (9); Guanajuato (2); Guerrero (2); Hidalgo (7); Jalisco (5); Michoacán (1); Morelos (8); Oaxaca (7); Puebla (2); Querétaro (10); San Luis Potosí (2); Sonora (2); Tamaulipas (4); Tlaxcala (1); Veracruz (8); Yucatán (27). **USA:** Arizona (2); Arkansas (1); California (4); Florida (2); Georgia (1); Kansas (1); Texas (1).

La mayor concentración de registros se presenta en los estados de: D.F., Edo. Mex., Hidalgo, Jalisco, Morelos, Oaxaca, Querétaro, Veracruz y Yucatán. El modelo de distribución potencial de *S. acupunctatus* predice que ésta especie podría encontrarse en siete estados donde nunca ha sido reportado: Aguascalientes, Baja California, Campeche, Nuevo León, Sinaloa, Quintana Roo y Zacatecas. Además hay una predicción de área de distribución mayor a la conocida en 18 estados (Baja California Sur, Chiapas, D.F., Edo. Mex., Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán) de los 23 previamente registrados, abarcando casi la totalidad de algunos de estos. Para EUA hay una predicción de área de distribución mayor a la conocida solo en dos estados (California y Florida) de los siete registrados.

Al analizar la distribución potencial de *S. acupunctatus* se observa que en algunos estados, el aumento en el área de distribución concuerda con registros de sus huéspedes (Tabla 3).

País	Estado	Huésped registrado
México	Campeche	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. fourcroydes</i> y <i>P. tuberosa</i>
	Chiapas	<i>Agave angustifolia</i> y <i>A. sisalana</i>
	D. F.	<i>A. salmiana</i> , <i>Polianthes tuberosa</i> y <i>Yucca elephantipes</i>
	Edo. Mex.	<i>A. attenuata</i> , <i>A. lechuguilla</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Guanajuato	<i>A. angustifolia</i>
	Guerrero	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. attenuata</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Hidalgo	<i>A. americana</i> , <i>A. atrovirens</i> , <i>A. lechuguilla</i> y <i>A. salmiana</i>
	Jalisco	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. attenuata</i> , <i>A. tequilana</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Michoacán	<i>A. attenuata</i> y <i>A. salmiana</i>
	Morelos	<i>A. agustifolia</i> , <i>P. tuberosa</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Nuevo León	<i>A. americana</i>
	Oaxaca	<i>A. americana</i> , <i>A. angustifolia</i> , <i>A. atrovirens</i> , <i>A. karwinskii</i> , <i>A. potatorum</i> , <i>A. salmiana</i> , <i>A. tequilana</i> , <i>P. tuberosa</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Puebla	<i>A. americana</i> , <i>A. agustifolia</i> , <i>A. karwinskii</i> , <i>A. potatorum</i> , <i>A. salmiana</i> , y <i>Y. elephantipes</i>
	Querétaro	<i>A. americana</i> , <i>A. angustifolia</i> , <i>A. lechuguilla</i> y <i>A. salmiana</i>
	Quintana Roo	<i>A. angustifolia</i>
	San Luis Potosí	<i>A. americana</i> , <i>A. lechuguilla</i> , <i>A. salmiana</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Tamaulipas	<i>A. americana</i> y <i>A. lechuguilla</i>
	Tlaxcala	<i>A. agustifolia</i>
	Veracruz	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. atrovirens</i> , <i>P. tuberosa</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Yucatán	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. fourcroydes</i> , <i>A. sisalana</i> , <i>P. tuberosa</i> , <i>Y. aloifolia</i> y <i>Y. elephantipes</i>
Zacatecas	<i>A. salmiana</i>	
EUA	California	<i>A. americana</i> y <i>Y. elephantipes</i>
	Florida	<i>A. americana</i> y <i>Y. aloifolia</i>

Tabla 3. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de *S. acupunctatus*.

Mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* (Fig. 21).

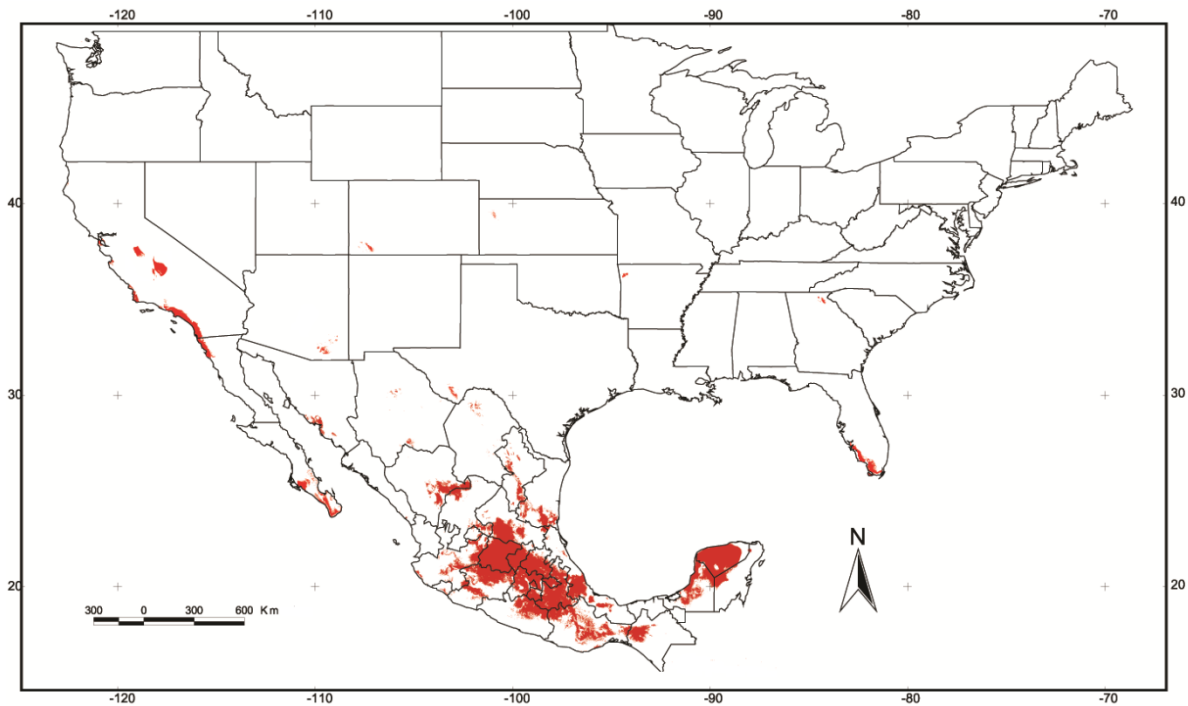


Fig. 21. Mapa de distribución potencial de *Scyphophorus acupunctatus*

Valor de área bajo la curva para el modelo de *S. acupunctatus* = 0.985 (Fig. 22).

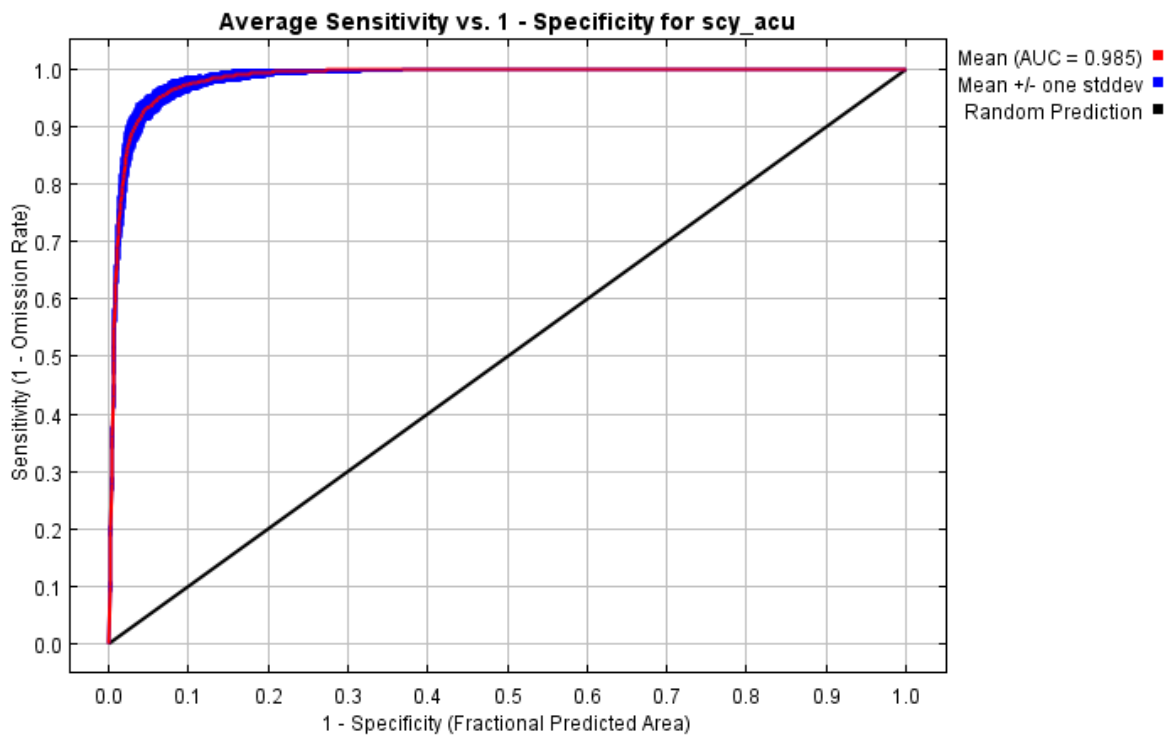


Fig. 22. Curva ROC para el modelo de *Scyphophotus acupunctatus*

Scyphophorus yuccae

Su distribución es restringida, solo se encuentra en un estado al noroeste de México y en 3 estados al sur y suroeste de los Estados Unidos de América.

MÉXICO: Baja California (1). **USA:** Arizona (2); California (15); Texas (1).

La mayoría de sus registros se encuentran restringidos al estado de California en EUA. La distribución potencial de *S. yuccae* predice que esta especie podría encontrarse en dos estados donde nunca ha sido reportado: Oregon y Washington (EUA). Además hay una predicción de área de distribución mayor a la conocida en el estado de California (EUA) extendiéndose en más de la mitad de su territorio y en el estado de Baja California (México) del noroeste al sureste del estado.

Al analizar la distribución potencial de *S. yuccae* se observa que en los estados de California (EUA) y Baja California (México) el aumento en el área de distribución concuerda con registros de sus huéspedes (Tabla 4).

País	Estado	Huésped registrado
México	Baja California	<i>Hesperoyucca whipplei</i>
EUA	California	<i>Hesperoyucca whipplei</i>

Tabla 4. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de *S. yuccae*.

Mapa de distribución potencial de *S. yuccae* (Fig. 23).

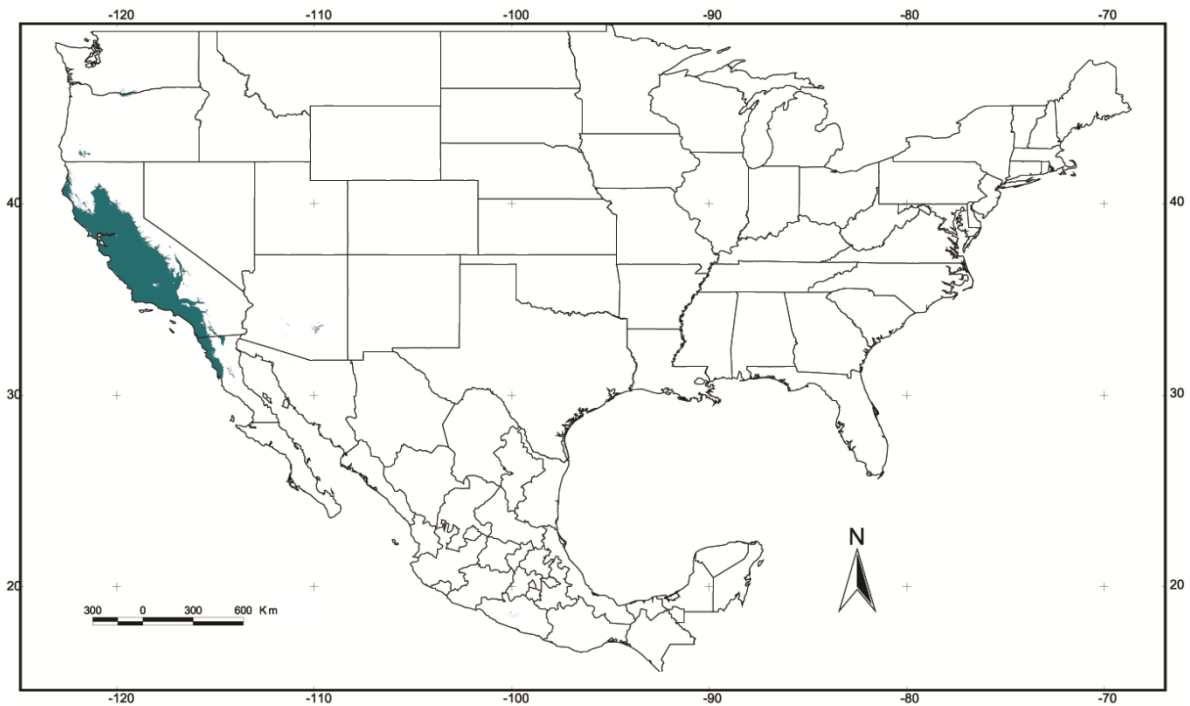


Fig. 23. Mapa de distribución potencial de *Scyphophorus yuccae*

Valor de área bajo la curva para el modelo de *S. yuccae* = 0.992 (Fig. 24).

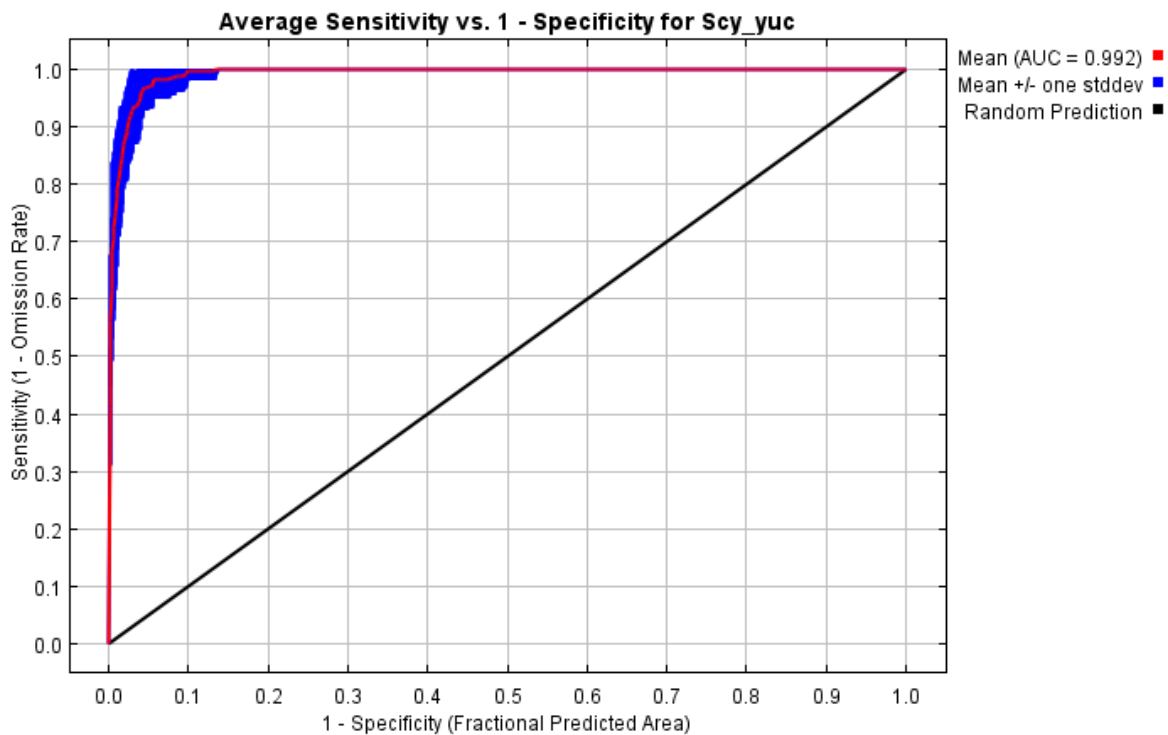


Fig. 24. Curva ROC para el modelo de *Scyphophorus yuccae*

Cactophagus spinolae

Su distribución abarca gran parte del territorio mexicano, se encuentra presente con al menos con un registro en 23 estados, extendiéndose a Estados Unidos de América, presente únicamente en dos estados.

MÉXICO: Aguascalientes (2); Baja California (10); Chihuahua (1); Colima (3); D.F. (18); Durango (7); Edo. Mex. (11); Guanajuato (7); Guerrero (1); Hidalgo (7); Jalisco (8); Michoacán (7); Morelos (10); Nayarit (7); Nuevo León (1); Oaxaca (5); Puebla (9); Querétaro (10); Sinaloa (4); Tamaulipas (1); Tlaxcala (1); Veracruz (1); Zacatecas (2).
USA: California (1); Colorado (2).

La mayor concentración de registros se presenta en los estados de: D.F., Durango, Edo. Mex., Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla y Querétaro (México). El modelo de distribución potencial de *C. spinolae* predice que esta especie podría encontrarse en dos estados donde nunca ha sido reportado: Chiapas y San Luis Potosí. Además hay una predicción de área de distribución mayor a la conocida en 18 estados: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, D.F., Edo. Mex., Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Tamaulipas y Tlaxcala (México), California y Colorado (USA) de los 25 previamente registrados.

Mapa de distribución potencial de *C. spinolae* (Fig. 25).

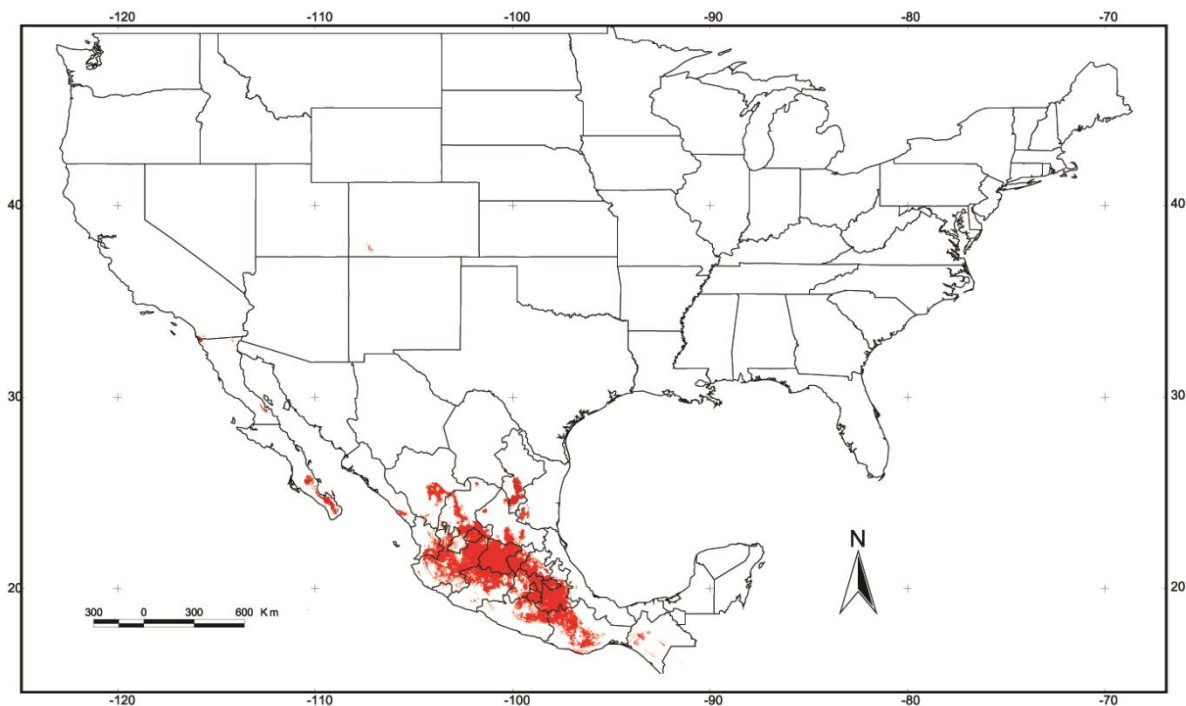


Fig. 25. Mapa de distribución potencial de *Cactophagus spinolae*

Valor de área bajo la curva para el modelo de *C. spinolae*= 0.989 (Fig. 26).

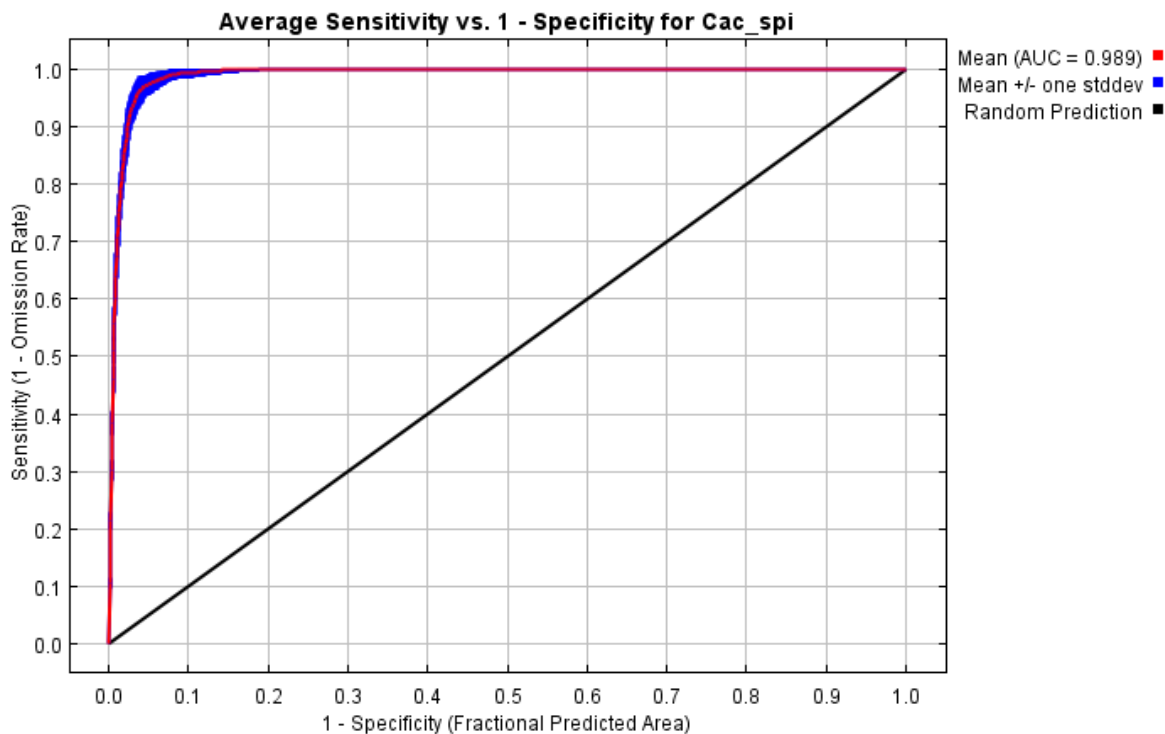


Fig. 26. Curva ROC para el modelo de *Cactophagus spinolae*

Rhinostomus frontalis

Su distribución abarca 11 estados del territorio mexicano, extendiéndose hasta el sur de los Estados Unidos de América, estando presente en 5 estados.

MÉXICO: Baja California (4); Baja California Sur (2); Coahuila (1); Hidalgo (1); Nuevo León (5); Oaxaca (1); Puebla (2); Sonora (2); Tamaulipas (1); Veracruz (6); Zacatecas (1).
USA: Arizona (8); California (7); Nevada (1); Nuevo Mexico (5); Texas (9).

La mayor concentración de registros se presenta en los estados de: Baja California, Nuevo León, Veracruz (México), Arizona, California, Nuevo Mexico y Texas (EUA). El modelo de distribución potencial de *R. frontalis* predice que esta especie podría encontrarse en 16 estados donde nunca ha sido reportado: Chiapas, Chihuahua, Durango, Edo. Mex., Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Yucatán (México), Florida, Oregon y Washington (EUA). Además hay una predicción de área de distribución mayor a la conocida en trece estados: Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca,, Tamaulipas,

Veracruz, Zacatecas (México), Arizona, California, Nuevo México y Texas (EUA) de los 16 previamente registrados, abarcando casi la totalidad de algunos.

Al analizar la distribución potencial de *R. frontalis* se observa que solo en dos estados, Baja California, Baja California Sur (México) el aumento en el área de distribución concuerda con registros de sus huéspedes (Tabla 5).

País	Estado	Huésped registrado
México	Baja California	<i>Yucca valida</i>
	Baja California Sur	<i>Yucca valida</i>

Tabla 5. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de *R. frontalis*.

Mapa de distribución potencial de *R. frontalis* (Fig. 27).

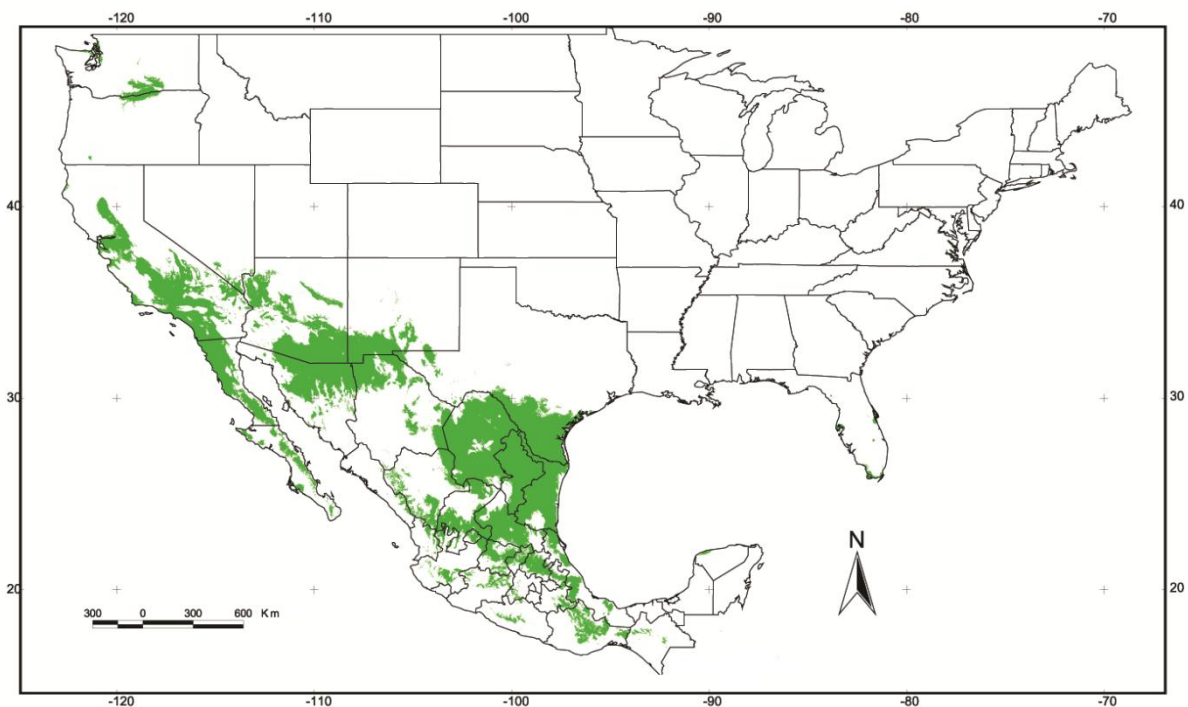


Fig. 27. Mapa de distribución potencial de *Rhinostomus frontalis*

Valor de área bajo la curva para el modelo de *R. frontalis*= 0.97 (Fig. 28).

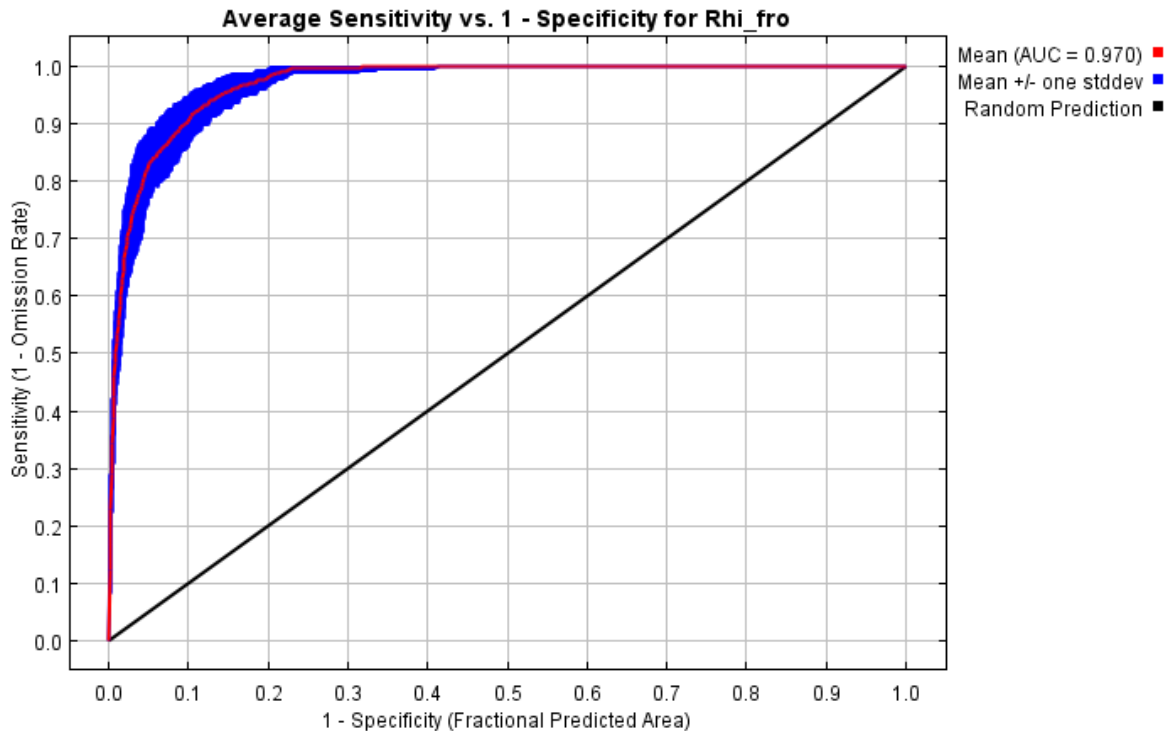


Fig. 28. Curva ROC para el modelo de *Rhinostomus frontalis*

Peltophorus polymitus

Su distribución incluye solo una parte del territorio mexicano, se encuentra presente en solo seis estados, y llega hasta el sur de los Estados Unidos de América, estando presente en 3 estados.

MÉXICO: Edo. Mex. (1); D.F. (3); Durango (3); Hidalgo (3); Tlaxcala (1); Querétaro (1).
USA: Arizona (7); Nuevo Mexico (1); Texas (4).

La mayor concentración de registros se presenta en los estados de: D.F., Durango, Hidalgo (México), Arizona y Texas (EUA). El modelo de distribución potencial de *P. polymitus* predice que esta especie podría encontrarse en doce estados donde nunca ha sido reportado: Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas. Además hay una predicción de área de distribución mayor a la conocida en ocho estados: D.F., Durango, Edo. Mex., Hidalgo, Querétaro, Tlaxcala (México), Arizona y Texas (EUA), de los 9 previamente registrados.

Al analizar la distribución potencial de *P. polymitus* se observa que en algunos estados el aumento en el área de distribución concuerda con registros de sus huéspedes (Tabla 6).

País	Estado	Huésped registrado
México	Sonora	<i>Agave palmeri</i>
	Zacatecas	<i>Agave durangensis</i>
EUA	Arizona	<i>Agave palmeri</i>

Tabla 6. Confluencia de áreas por estado predichas por modelo y registro de huéspedes de *P. polymitus*.

Mapa de distribución potencial de *P. polymitus* (Fig. 29).

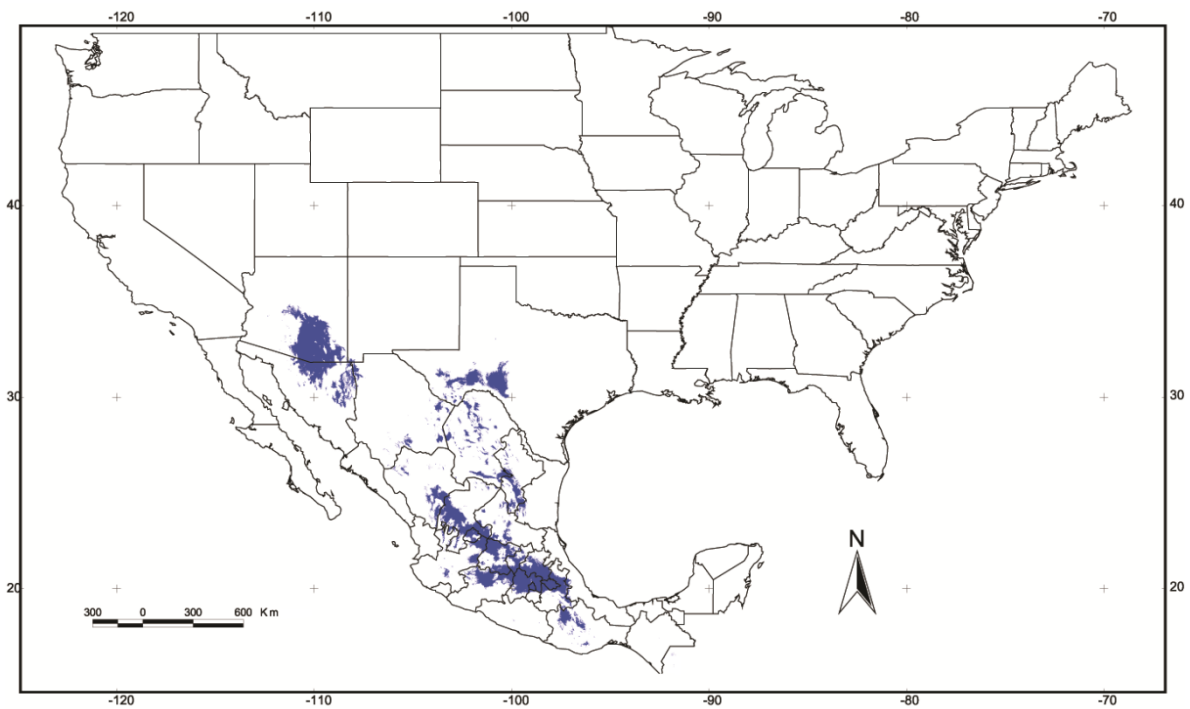


Fig. 29. Mapa de distribución potencial de *Peltophorus polymitus*

Valor de área bajo la curva para el modelo de *P. polymitus*= 0.991 (Fig. 30).

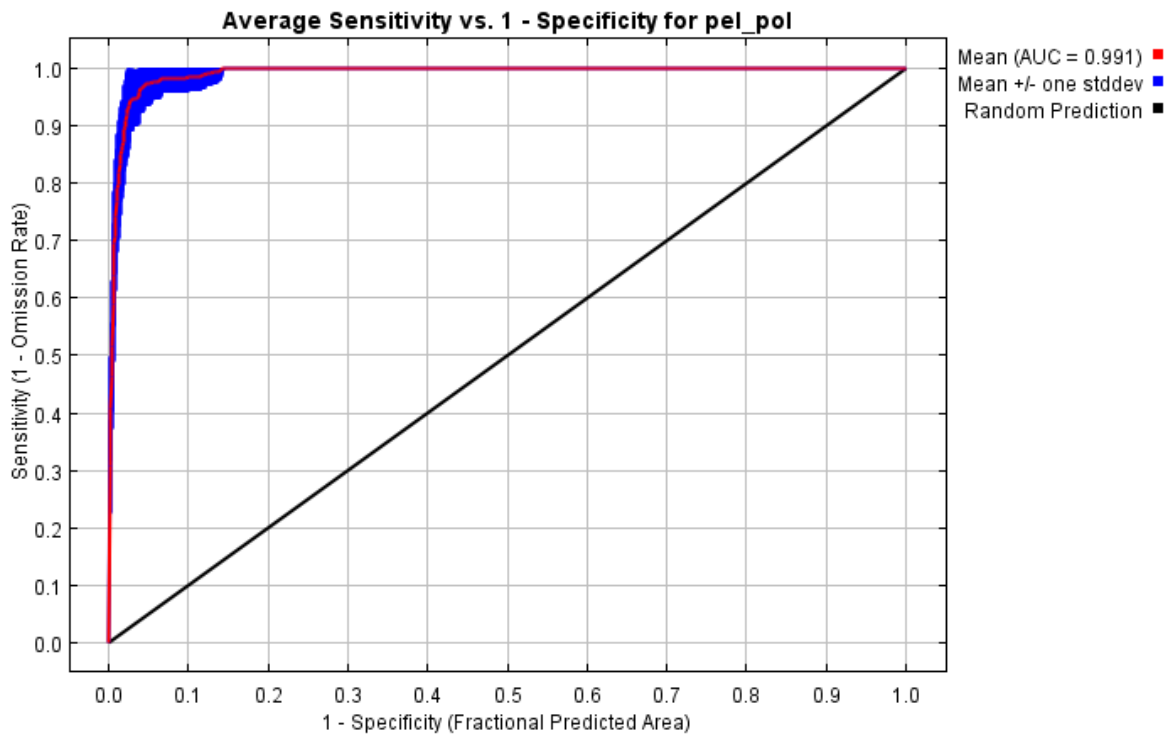


Fig. 28. Curva ROC para el modelo de *Peltophorus polymitus*

DISCUSIÓN

En México existe una gran variedad de especies de agaves, de las cuales se cultivan el agave mezcalero (*Agave angustifolia*), el pulquero (*A. salmiana* y *A. atrovirens*), el tequilero (*A. tequilana*) y el henequén (*A. fourcroydes*) y *A. sisalana* que también es utilizado para producción de fibras. Diferentes enfermedades y plagas provocan daños a estas plantas, principalmente insectos barrenadores entre los que se encuentran los picudos o gorgojos (Coleoptera: Curculionidae), responsables de causar el mayor daño a la planta y provocar pérdidas económicas. Hasta el momento se han registrado cinco especies asociada con agaves, pertenecientes a las subfamilias Dryophthorinae (*Cactophagus spinolae*, *Scyphophorus acupunctatus*, *S. yuccae* y *Rhinostomus frontalis*) y Baridinae (*Peltophorus polymitus*).

Las diagnosis y la clave de identificación se basan en caracteres morfológicos externos de fácil observación con el uso de un microscopio estereoscópico. Ellas deberían permitir la identificación correcta y sencilla de las especies asociadas con las especies de la subfamilia Agavoideae, lo que resulta importante desde el punto de vista agrícola ya que la identificación precisa del insecto resulta paso obligado y fundamental previo a cualquier toma de decisiones.

Scyphophorus acupunctatus es considerado como la principal plaga, ya que se encuentra asociada con 23 especies de la subfamilia Agavoideae, varias de ellas de importancia económica. Su distribución es amplia, ya que se encuentra presente en 23 estados del territorio mexicano y siete estados de los Estados Unidos.

Scyphophorus yuccae ataca a *Agave amaniensis*, *Hesperoyucca whipplei* y *Yucca gloriosa*. Es muy similar a *S. acupunctatus*, por lo que pueden llegar a ser confundidas. Su distribución se restringe al norte de México en Baja California y el sur de los Estados Unidos en California.

Rhinostomus frontalis ha sido reportado sobre *Agave* spp., *Yucca valida* y *Yucca* spp. Se distribuye en los estados de Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas y sur de los Estados Unidos.

Cactophagus spinolae ha sido asociado con *Agave* spp. Si bien no se reporta una planta huésped específica, debería dársele especial importancia, ya que tiene una amplia distribución en México y el sur de los Estados Unidos.

Peltophorus polymitus se reporta para *Agave durangensis*, *A. palmeri* y *Agave* spp. Su distribución se restringe al centro de México en el estado de México, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro y el sur de los Estados Unidos.

En el caso de *Scyphophorus acupunctatus*, al ser una especie de importancia económica, se observa un mayor interés en su conocimiento, por lo que se han llevado a cabo un gran número de estudios sobre aspectos de control de plagas, a pesar de esto existen muy pocos trabajos sobre la taxonomía de estas especies.

La mayoría de los modelos utilizan información principalmente de condiciones ambientales y algunos utilizan también información adicional, como uso de tierra y cobertura vegetal (Peterson & Robins, 2003). Estos modelos ignoran la importancia de los procesos biológicos tales como competencia, depredación y mutualismo. Por esta razón resulta interesante hacer una comparación entre las áreas predichas por el modelo y registros de sus huéspedes para visualizar si hay coincidencia entre estas áreas.

En el modelo de *Scyphophorus acupunctatus* la capacidad de predicción para los datos de prueba generó un AUC de 0.985, lo que indica que las predicciones del modelo para clasificar las presencias fue bueno. Al hacer la comparación de la distribución potencial con registros de sus huéspedes se observa que ciertos estados deben considerarse como áreas con grandes posibilidades para encontrar a *S. acupunctatus* ya que este aumento en el área de distribución queda sustentado con registros de presencia de sus huéspedes. En el caso de Aguascalientes, Baja California y Sinaloa no se tiene registro de ningún huésped de *S. acupunctatus* por lo que debe considerarse como un área con muy baja probabilidad para que la especie esté presente.

En el modelo de *Scyphophorus yuccae* la capacidad de predicción para los datos de prueba generó un AUC de 0.992, lo que indica que las predicciones del modelo para clasificar las presencias fue bueno. Al hacer la comparación de la distribución potencial con registros de sus huéspedes se observa que en los estados de California (EUA) y Baja California (México) concuerdan con la distribución de *Hesperoyucca whipplei*, lo que sugiere que es evidente que estos estados deben considerarse como áreas con grandes posibilidades para encontrar a *S. yuccae*. ya que este aumento en el área de distribución queda sustentado con registros de presencia de sus huéspedes. Además podemos descartar que la predicción de su distribución se extienda hacia los dos nuevos estados (Oregon y Washington) que genera el programa ya que ninguno de sus huéspedes se distribuye en esas regiones.

En el modelo de *Cactophagus spinolae* la capacidad de predicción para los datos de prueba generó un AUC de 0.989, lo que indica que las predicciones del modelo para clasificar las presencias fue bueno. Ya que *C. spinolae* no está registrado con un huésped específico, no se puede comparar la predicción de su distribución con registros de especies de agaves.

En el modelo de *Rhinostomus frontalis* la capacidad de predicción para los datos de prueba generó un AUC de 0.97, lo que indica que las predicciones del modelo para clasificar las presencias fue bueno. Ya que *R. frontalis* solo se tiene registrado con un huésped específico, *Yucca valida*, solo se pudieron analizar los resultados obtenidos comparando los mapas de distribución potencial con registros de *Yucca valida*. Se

observa que la predicción de un área de distribución mayor en los estados de Baja California y Baja California Sur (México) concuerda con la distribución de *Yucca valida*, lo que sugiere que estos estados deben considerarse como áreas con grandes posibilidades para encontrar a *R. frontalis*

En el modelo de *Peltophorus polymitus* la capacidad de predicción para los datos de prueba generó un AUC de 0.991, lo que indica que las predicciones del modelo para clasificar las presencias fue bueno. Al analizar los resultados obtenidos de *P. polymitus* se observa que la predicción de distribución para los estados de Sonora, Zacatecas (México) y Arizona (EUA) concuerdan con registros de sus huéspedes. Esto sugiere que estos estados deben considerarse como áreas con grandes posibilidades para encontrar a *P. polymitus*.

Los resultados de este trabajo del modelo de distribución de especies pueden ser una herramienta útil, ya que podemos inferir la distribución potencial de las especies y esto nos puede ayudar a la toma de decisiones, por ejemplo, prevención de plagas y así poder evitar futuros daños y pérdidas económicas, también nos puede ayudar a dirigir esfuerzos para el manejo y control de una plaga en un área definida, conocer los sitios más adecuados para la plantación de los cultivos.

CONCLUSIONES

En México existen cinco especies pertenecientes a la familia Curculionidae asociadas con agaves, siendo la más importante *Scyphophorus acupunctatus* por el daño que provoca a las plantas huéspedes lo que se refleja en pérdidas económicas, además presenta una amplia distribución en territorio mexicano. Debido a la amplia distribución de *Cactophagus spinolae*, merece especial atención, ya que puede llegar a alimentarse de cultivos de agaves de importancia económica. Para *Peltophorus polymitus*, *Scyphophorus yuccae* y *Rhinostomus frontalis* es necesario llevar a cabo estudios más detallados acerca de su ecología y biogeografía para poder realizar posteriormente trabajos de distribución que incluyan una mayor cantidad de datos de distribución y relaciones simbióticas lo que le generará análisis de mejor calidad

Las zonas que el modelo predijo como más probables para la distribución están asociadas con la presencia de sus huéspedes. Los modelos de distribución únicamente reflejan las condiciones ambientales similares a donde las especies fueron registradas, ya que solo se utilizaron variables ambientales. Los modelos obtenidos con MaxEnt se consideraron adecuados de acuerdo a los valores de las curvas ROC.

La relevancia de este trabajo es enfatizar la necesidad de actualizar el conocimiento taxonómico básico de estos insectos, imprescindible para llevar a cabo análisis sobre su ecología y factores que intervienen en su dinámica poblacional, y con ello tomar las medidas adecuadas para su manejo como plagas.

BIBLIOGRAFÍA

ArcView 3.2 SIG con licencia educativa (<http://www.esri.com/>)

Aguado, O. 2010. Distribución potencial de los bosques templados de Coahuila para los años 2030 y 2050, bajo los escenarios A2 y B2 generados por ECHAM5 y HADGEM1. Tesis de licenciatura. UNAM.

Alonso Zarazaga, M.A. & C.H.C. Lyal. 1999. A world catalogue of families and genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (excepting Scolytidae and Platypodidae). Entomopraxis, Barcelona.

Anderson, R. S. 2002. The Dryophthoridae of Costa Rica and Panama: Checklist with keys, new synonymy and descriptions of new species of *Cactophagus*, *Mesocordylus*, *Metamasius* and *Rhodobaenus* (Coleoptera; Curculionoidea). Zootaxa, 80, 1–94.

Anderson, R. P., A. T. Peterson & M. L. Gómez. 2002. Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. Oikos 98, 3–16.

Aquino B. T., C. M. Iparraguirre & V. J. Ruíz. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (= *interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. Agrícola 7 (1): 175-180.

Aquino B. T., J. Ruiz & D. Martínez. 2010. Ecología y biología de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), plaga del agave mezcalero en los Valles Centrales de Oaxaca. Naturaleza y Desarrollo 8(6): 62-71

Borror, D., C. Triplehorn & N. Johnson. 1989. An introduction to the study of insects. 6a. Edición. Saunders College Publishing. EE.UU.

Busby, J. R. 1991. BIOCLIM – a bioclimate analysis and prediction system. En Margules, C.R., y Austin, M.P., (Eds.), Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis.

Briones, M., M. Lavariega & I. Lira. 2012. Distribución actual y potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 246-257.

Camino, L. M., V. Castrejon, R. Figueroa, L. Aldana & M. Valdez. 2002. *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) Attacking *Polianthes Tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in Morelos, Mexico. Florida Entomologist 85(2): 392-393.

- Carpenter, G., A. N. Gillson & J. Winter. 1993. DOMAIN: a flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
- Chávez, C. & H. Zarza. 2009. distribución potencial del hábitat del jaguar y áreas de conflicto humano-jaguar en la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología* 13:46-62.
- Costa, C. 2000. Estado del conocimiento de los Coleoptera neotropicales. En: Piera, F., J. J. Morrone y A. Melic. (Eds). Pribes. Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica. Sociedad Entomológica Aragonesa. España.
- CONABIO, 2005. Mapa Mezcales y Diversidad. © Conabio, México.
- Cronquist, A. 1991. Introducción a la botánica. Harper & Row Publishers, Inc., México.
- Cuevas, P. 2003. Revisión genérica de la familia Dryophthoridae (Coleoptera: Curculionidae) para México. Tesis de licenciatura. UNAM.
- Cuevas, P. 2006. Estudio panbiogeográfico de la familia Dryophthoridae en México. Tesis de maestría. UNAM.
- Elith, J., 2002. Quantitative methods for modeling species habitat: comparative performance and an application to Australian plants. In: Ferson, S., Burgman, M. (Eds.), *Quantitative Methods for Conservation Biology*. Springer-Verlag, 39–58.
- Elith, J. et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Ferrier, S. & A. Guisan. 2006. Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology* 43(3): 393-404.
- García-Mendoza, A. 2002. Distribution of Agave (Agavaceae) in Mexico. *Cactus and Succulent Journal* 74: 177- 187.
- Gentry, H. S. 1982. *Agaves of continental North America*. The University of Arizona Press, Tucson.
- Granados S. D. 1993. *Los agaves en México*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

- González-Castillo, M., M. Quintos & G. Castaño-Meneses. 2011. Arthropods in Natural Communities in Mescal Agave (*Agave durangensis* Gentry) in an Arid Zone. *American Journal of Applied Sciences* 8 (10): 933-944.
- Gonzatti, C. 1981. Flora Taxonómica Mexicana II. Cenetci; Guadalajara, México. pp. 87-88.
- Guillot, C. 1995. Entomology. Segunda edición. Plenum Press. EE.UU.
- Guisan, A. & N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Guisan, A., T. C. Edwards & T. Hastie. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157, 89-100.
- Guisan, A., O. Broennimann, R. Engler, M. Vust, N. Yoccoz, A. Lehmann, & N. Zimmermann. 2006. Using Niche-Based Models to Improve the Sampling of Rare Species. *Conservation Biology* 20: 501-511.
- Hanley, J.A. & B. J. McNeil. 1982. The meaning and use of the area under a Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve. *Radiology* 143(1): 29-36.
- Hernández M., M. Gutiérrez, L. Aldana & E. Valdés. 2006. Fecundity of the Sisal Weevil, *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae), on *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae). *The Florida Entomologist* 89 (4): 518-520.
- Huntchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor Simposia on Quantitative Biology 22:415-427.
- Huxman, T. E., K. A. Huxman & M. R. Stamer. 1997. Dispersal characteristics of the yucca weevil (*Scyphophorus yuccae*) in a flowering field of *Yucca whipplei*. *Great Basin Naturalist* 57: 38-43.
- Ibarra, J., G. Rangel, F. González, J. De Anda, E. Martínez & H. Macias. 2010a. Uso del modelado de nicho ecológico como una herramienta para predecir la distribución potencial de *Microcystis sp* (cianobacteria) en la Presa Hidroeléctrica de Aguamilpa, Nayarit, México. *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 7 (1): 218-234.
- Ibarra, J., G. Rangel, F. González, J. De Anda, M. Zamudio, E. Martínez & H. Macias. 2010b. Modelo de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de fitoplacton en la Presa Hidroeléctrica Aguamilpa, Nayarit, México. *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 5 (3): 60-75.

- Illsley, C. G. et al. 2004. Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros. Grupo de Estudios Ambientales A.C., CONABIO. Rainforest Alliance. Fundación Ford. SSS Sanzekan Tinemi. CONABIO, 2005. Mapa Mezcales y Diversidad. © Conabio, México.
- Irish, G. & M. Irish. 2000. *Agaves, Yuccas, and Related Plants: a Gardener's Guide*. Timber Press. Oregon. USA.
- Jones, R. W. & J. Luna. 2007. Lista de especies de Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) del estado de Querétaro, México. *Acta Zoológica Mexicana* 23: 59-77.
- Kojima, H. & Ch. H. Lyal. 2002. New Oriental and Australian Conoderinae, with taxonomic notes on the tribe Othippiini (Coleoptera: Curculionidae). *ESAKIA*, 42:161-174.
- Lacordaire, T. 1866. *Histoire naturelle des Insectes. Genera des Coléopteres on exposé méthodique et critique de tous les genres proposés jusqu'ici dans cet ordre d'insectes*. Vol. 7. Paris, Roret. 620 pp.
- Lobo, J. M., I. Castro & J. Moreno. 2001. Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Biological Journal of the Linnean Society* 73: 233–253.
- Maddison, P. A. & T. K. Crosby. 2009. Summary of plant-animal associations from "Maddison (1993) Pests and other fauna associated with plants, with botanical accounts of plants. Technical report. UNDP/FAO-SPEC Survey of Agricultural Pests and Diseases in the South Pacific, vol. 3. Auckland : Manaaki Whenua B Landcare Research". <http://nzac.landcareresearch.co.nz/>.
- Manel, S., J. M. Dias & S. J. Ormerod. 1999. Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species' distributions: a case study with Himalayan river bird. *Ecological Modelling* 120, pp. 337-347.
- Morrone, J. J. 1997. Argentinian weevils (Coleoptera: Curculionidae): Preliminary overview, with nomenclatural and distributional notes. *Physis (Buenos Aires) Secc C* 53 (124-125): 1-17.
- Morrone, J. J. 2000. Mexican weevils (Coleoptera:Curculionoidea): A preliminary key to families and subfamilies. *Acta Zoológica Mexicana* 80: 131-141.
- Morrone, J. J. 2001. Sistemática, biogeografía, evolución; los patrones de la biodiversidad en tiempo y espacio. Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

- Morrone, J. J. & P. Cuevas. 2002. Cladistics of the pantropical genus *Rhinostomus* (Coleoptera: Curculionoidea: Dryophthoridae), with nomenclatural notes. *Journal of the New York Entomological Society*, 110, 376–388.
- Morrone, J. J. & P. Cuevas. 2004. Dryophthoridae (Coleoptera). Pp. 705–712. In: Llorente, J., J. J. Morrone, O. Yáñez & I. Vargas (Eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*, Vol. IV, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mexico, D.F.
- Morrone, J. J. & P. Cuevas. 2009. On the status of the tribes Orthognathini and Rhinostomini (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthorinae). *Zootaxa* 2216, 57-63.
- Oberprieler, R., A. Marvaldi & R. Anderson. 2007. Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa* 1668: 491–520.
- Peterson, A.T. & C. R. Robins. 2003. Using ecological-niche modeling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology*. 17, 1161– 1165.
- Peterson, A. T., J. Soberón & V. Sánchez. 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285: 1265-1267.
- Phillips, S. J. & M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Phillips, S. J., R.P. Anderson & R.E. Schapire. 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190, pp. 231-259.
- Pott, J. N. 1975. A yucca borer *Scyphophorus acupunctatus* in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 88: 414-416.
- Ramírez, J. L. 1993. Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* bioecología y control. Serie Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP–SARH. Mérida, Yucatán, México.
- Ramírez D. J., E. Rodríguez, M. Liver, A. Pedroza, N. Bautista & C. Nava. 2011. Primer informe de *Cactophagus spinolae* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) en tres especies de *Hylocereus* (Cactaceae) en Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 27:863-866.
- Rendón, L.A., A. Magdub., L. Hernández & A. Larque. 2007. El jarabe de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) *Revista fitotecnia mexicana* Vol 30 (4). 463-467.

- Rzedowski J. 1981. Vegetación de México. Limusa, México D.F.
- Salas, M. D., C. W. O'Brien & J. Romero. 2001. Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) from the state of Guanajuato, Mexico. *Insecta Mundi* 15: 44-58.
- Servín R., A. Tejas, M. Montoya & M. Robert. 2006. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) como potencial insecto-plaga de *Yucca valida* Brandegees en Baja California Sur, México. *Folia Entomológica Mexicana* 45 (1): 1-7.
- Sleeper, E. L. 1963. A study of the Zygopinae (Coleoptera: Curculionidae) of America north of Mexico, I. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 62:209–220.
- Soberón, J., 1999. Linking biodiversity information sources. *Trends in Ecology & Evolution* 14, 291.
- Solís A. J. F., H. González, J. L. Leyva, A. Equihua, F. J. Flores & A. Martínez. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, Plaga del Agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663-670.
- Stockwell, D. & D. Peters. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Systems* 13, pp. 143-158.
- Thompson, R. T. 1992. Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera: Curculionoidea) with a key to the major groups. *Journal of Natural History*, 26, 835–891.
- Townsend, P. & D. A. Klusa. 2003. New distributional modeling approaches for gap analysis. *Animal Conservation*. The Zoological Society of London 6:47-54.
- Trotta, N., J. Lobo & F. Cabrero. 2008. distribución conocida y potencial de las especies de Geotrupinae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en México. *Acta Zoológica Mexicana* 24 (2): 39-65.
- Valdés M. E., E. Aldana, R. Figueroa, M. Gutiérrez, M. Hernández & T. Chavelas. 2005. Trapping of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) with two natural baits in a field of *Polianthe tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in the State of Morelos, México. *Florida Entomologist* 88(3): 338-340.
- Vaurie, P. 1967. A revision of the Neotropical genus *Metamasius* (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 136: 177-268.

- Vaurie, P. 1970. Weevils of the tribe Sipalini (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae) Part 1. The genera *Rhinostomus* and *Yuccaborus*. American Museum Novitates 2419, 1–57.
- Vaurie P. 1971. Review of *Scyphophorus* (Curculionidae: Rhynchophorinae). Coleopterists Bulletin 25(1):1-8.
- Waring, G. & R. Smith. 1986. Natural History and Ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and Its Associated Microbes in Cultivated and Native Agaves. Annals of the Entomological Society of America, 79(2): 334-340.
- Watson, L. & M. J. Dallwitz. 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. [Online] Available: <http://biodiversity.uno.edu/delta/> (4 November 2000).
- Woodruff, R.E. & W. H. Pierce. 1973. *Scyphophorus acupunctatus*, a weevil pest of *Yucca* and *Agave* in Florida (Coleoptera: Curculionidae). Entomology Circular No. 135.
- Zherikhin, V. V. & V. G. Gratshev. 1995. A comparative study of the hind wing venation of the superfamily Curculionoidea with phylogenetic implications. In: Pakaluk, J. & Slipinski, S.A., eds, *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera*. Papers celebrating 80th Birthday of Roy A. Crowson. Vol. 2. Warszawa: Muzeum i Instytut Zoologii PAN, 634–777.

APÉNDICE

Scyphophorus acupunctatus (Gyllenhal)

Material examinado. MÉXICO. Baja California Sur: Comitán, 30-XI-2010, 2 (UABC). **Chiapas:** Comitán, IV-1950, 4 (IBUNAM). **Chihuahua:** La Sauceda, 21-VII-1947, 1 (AMNH). **D.F.:** Contreras, 10-VIII-1980, 2 (IBUNAM); Cuajimalpa, 6-II-1949, 1 (IBUNAM), 30-X-1971, 2 (IBUNAM); La Venta, 16-IX-1959, 1 (IBUNAM); San Bartolo, 8-III-1947, 1 (IBUNAM); S Guadalupe, 4-VI-1960, 1 (IBUNAM). **Estado de México:** Chiconautla, 21-I-1961, 1 (IBUNAM); Santiago Tilapa, 30-VIII-1979, 1 (IBUNAM); Temascalpetec, 1931, 1 (IBUNAM); Tepotzotlán, 30-VI-1957, 1 (IBUNAM); Zumpango, 23-VIII-1947, 1 (IBUNAM). **Hidalgo:** Almoloya, 27-III-1983, 6 (UNAM); Epazoyucan, 30-X-2002, 1 (UNAM), 30-X-2002, 2 (UAEH); Mineral de la Reforma, 15-VI-2003, 1 (UAEH); Singuilucan, 22-X-2002, 2 (UAEH); Taxquillo, 5-II-1987, 1 (IBUNAM), 31-IX-2005, 4 (UAEH); Zempoala, 19-IX-2002, 5 (UAEH). **Jalisco:** Ajijic, 20-III-1948, 2 (IBUNAM). **Michoacán:** Pátzcuaro, 21-IX-2001, 3 (UAEH). **Morelos:** Amacozac, 21-VI-1979, 1 (IBUNAM). **Oaxaca:** Tehuantepec, 2-V-1981, 1 (IBUNAM). **San Luis Potosí:** Huehuetlán, 29-XII-2003, 1 (IBUNAM). **Tamaulipas:** El Pachón, 13-V-1950, 1 (IBUNAM). **Veracruz:** Coatepec, 30-III-1990, 1 (UNAM); Las Vigas, 19-XI-1998, 1 (UAEH); Xalapa, 29-IV-1994, 1 (UNAM), 1 (AMNH). **USA. Arizona:** Portal, Cochise, 8-VI-1955, 1 (AMNH), 4-VIII-1959, 2 (AMNH).

Scyphophorus yuccae (Horn)

Material examinado. USA. California: Arroyo Seco, V-1959, 1 (AMNH); Cajon Pass, 14-V-1960, 1 (AMNH); Valle Vista, 30-IV-1961, 2 (AMNH).

Rhinostomus frontalis (LeConte)

Material examinado. MÉXICO. Veracruz: Xalapa, 1 (AMNH). **Zacatecas:** Fresnillo, 15-VIII-1947, 2 (AMNH). **USA. Arizona:** Portal, Cochise, 3-VIII-1956, 1 (AMNH), 17-VII-1963, 1 (AMNH). **California:** Joshua Tree, 28-VIII-1965, 1 (AMNH).

Cactophagus spinolae (Gyllenhal)

Material examinado. MÉXICO. D.F.: Milpa Alta, 2-VII-1981, 1 (IBUNAM); Mixcoac, 15-VII-1952, 1 (IBUNAM); San Ángel, VI-1939, 1 (IBUNAM); San Jerónimo, 1974, 1 (IBUNAM); Xochimilco San Mateo Xalpa, 29-VI-1975, 1 (IBUNAM). **Durango:** Palos Colorados, 5-VIII-1947, 1 (AMNH). **Estado de México:** Ameca-Meca, 27 -VIII-1978, 1 (IBUNAM); Temascalpetec, 1931, 1 (IBUNAM); Tepotzotlán, 30-VI-1957, 1 (IBUNAM); Zoquiapan, 10-VIII-1958, 1 (IBUNAM). **Guerrero:** Chilpancingo, 28-V-1986, 2 (IBUNAM). **Hidalgo:** Zimapan El Tablón, 7-IV-2006, 1 (UAEH). **Jalisco:** Ajijic, 21-V-1947, 2 (IBUNAM), 7-IV-1950, 1 (IBUNAM); Zacoalco Lago Villa Corona, 13-VII-1953, 1 (AMNH); Zapopan, Agua Prieta, 900 m, 8-VI-1996, 6 (CZUG). **Michoacán:** Acámbaro, X-1916, 1 (IBUNAM); Maravatio, El Oro, km 62, 2-VII-1983, 1 (IBUNAM). **Morelos:** Cocoyoc, 6-VII-1999, 1 (IBUNAM); Jonatepec, 19-IX-1984, 1 (IBUNAM); Laguna de Rodeo, 10-VII-1955,

1 (IBUNAM); Palmira, 22-VI-1947, 1 (IBUNAM); Tequesquitengo, 2-XI-1952, 1 (IBUNAM); Tlayacapan, 24-X-1948, 1 (IBUNAM). **Oaxaca:** Ojo de Agua, 12-VII-1973, 1 (IBUNAM); Huajuapán de León, IX-1937, 1 (IBUNAM). **Zacatecas:** Canutillo, 14-VIII-1947, 1 (AMNH).

Peltophorus polymitus (Boheman)

Material examinado. MÉXICO. D.F.: Cañada, 1 (IBUNAM); Cuajimalpa, 30-X-1971, 1, (IBUNAM), 17-VI-1972, 1 (IBUNAM); S Guadalupe, 4-VI-1960, 1 (IBUNAM). **Hidalgo:** Teotihuacán, 1 (IBUNAM), 30-X-2002, 1 (AMNH), 30-X-2002, 1 (UNAM), 16-VII-2010, 1 (UAEH). **Tlaxcala:** Tlaxco, 10-X-2006, 1 (UNEH).