



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

ÁREA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE *DIABROTICA*
UNDECIMPUNCTATA MANNERHEIM EN MÉXICO
(CHRYSOMELIDAE: GALERUCINAE)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A

PAOLA ELIZABETH DÍAZ ESPINOSA

DIRECTORA DE TESIS: BIÓL. MA. MAGDALENA ORDÓÑEZ RESÉNDIZ

ABRIL 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

El amor por todas las criaturas vivientes es el más noble atributo del hombre.
(Charles Darwin)

A mi madre Gloria Espinosa Valtierra.

Gracias por haberme obsequiado la vida. Añoro y recuerdo con gran alegría los momentos que compartimos en este mundo, aprendí de ti a hacer lo que se ama y luchar por ello, a superar los retos y a levantarme cada vez que caiga. Honro tu memoria alcanzando mis metas y disfrutando cada segundo que me has regalado en esta tierra, te dedico este trabajo así como mis alegrías y tristezas, triunfos y derrotas.

A mi abuela Soledad Estévez Romero.

Mamá te dedico este trabajo con mucho amor cariño, respeto y admiración a tu coraje, valentía, dedicación en cuerpo y alma a la familia y sobre todo a tu gran fuerza como mujer. Agradezco infinitamente que me hayas cuidado incondicionalmente, gracias a todo tu apoyo ahora me encuentro cerrando un ciclo en mi vida.

A mi padre Alejandro Díaz Estévez.

Papá este trabajo es tanto tuyo como mío. Aunque no existen palabras para describir cuanto te quiero lo intentaré diciendo cuanto admiro tu tranquilidad, paciencia, sed por el conocimiento y amor por las letras. Te doy gracias por escucharme, aconsejarme, estar con migo en todo momento y apoyar cada decisión que he tomado.

Recuerdo con mucho cariño los viajes que relajábamos, los cuales contribuyeron enormemente a enamorarme de la madre naturaleza. Gracias a tu dedicación como padre este trabajo existe.

A mis hermanos Alejandro y Santiago

Nosotros fuimos cómplices de travesuras y compañeros de juego, hemos compartido momentos alegres y situaciones difíciles, gracias a esto nos hemos unido cada vez más y aunque hemos tomado caminos distintos siempre serán mis hermanitos los que me han procurado, cuidado, amado y apoyado. Por lo que con mucho cariño les dedico este trabajo.

Agradecimientos

A mi directora de tesis, amiga y maestra M. Magdalena Ordoñez Reséndiz, por haber creído en mí dándome la oportunidad de desarrollar este trabajo, por haberme apoyado en el camino académico y personal, y sobre todo por su inmensa paciencia para conmigo.

Al M. en C. Genaro Montaña Arias por su gran dedicación como revisor en este escrito, por sus contribuciones, disposición, ética y compromiso académico para que este trabajo fuera cada vez mejor.

Al Dr. David Nahúm Espinosa Organista por las observaciones tan importantes para este proyecto.

A mis revisoras M. del Carmen Salgado Merediz y Marisela Valdes Ruiz, por revisar con detenimiento y detalle este trabajo.

A los curadores de las colecciones entomológicas CIBUNAM, Dr. Santiago Zaragoza Caballero; MHNCM, Biól. María Eugenia Díaz Batres; CIB UAEH, Juan Márquez Luna y LEMA, Dr Juan Jose Morrone permitirme llevar a cabo la consulta de sus ejemplares.

Un agradecimiento especial a la M. en C. Rebeca Álvarez Zagoya del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, por facilitarme la información derivada de sus proyectos: “Estudio de la subtribu Diabroticina (Coleoptera: Chrysomelidae) en áreas de cultivo, en algunos municipios de los estados de Durango, Zacatecas y Coahuila”. Enero a Diciembre, 2007. Proyecto IPN, SIP: 20070933, “Estudio de la subtribu Diabroticina (Coleoptera: Chrysomelidae) en áreas de cultivo en algunos municipios de los estados de Durango, Zacatecas y Coahuila”. Enero a Diciembre, 2008. Proyecto IPN, SIP: 20080412., “Localización y evaluación de la variabilidad genética de especies de la subtribu Diabroticina (Coleoptera: Chrysomelidae)”. Enero a Diciembre 2010. Proyecto IPN, SIP: 20101076.

A mis compañeros de batalla Paulina Guarneros, Yadira López, Erick Cervantes, Cesar Coronel, Jorge Cadena y Cesar Zavala, que con el tiempo se convirtieron en amigos incondicionales, con los que viví y seguiré viviendo miles de aventuras, alegrías, tristezas y sobre todo esas pláticas interminables.

A mis hermanitas Cristina, Martha, Gisela, Cinthya y Bibis, con las que compartí la infancia, adolescencia, juventud y ahora la madurez de nuestras vidas, y aunque ya no nos encontramos juntas nunca nos hemos alejado.

A todas las personas que se han cruzado en mi camino ya que de una manera u otra he aprendido de ellas.

CONTENIDO
Página

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iv
Índice de Cuadros	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen	1
Introducción	2
Marco Teórico	5
Biogeografía	5
Distribución Geográfica	6
Área de distribución	6
Modelos de nicho ecológico y distribución potencial de las especies	9
Características de <i>Diabrotica undecimpunctata</i>	11
Antecedentes	14
Objetivos	15
Método	16
Base de datos de distribución de <i>Diabrotica undecimpunctata</i> en México	16
Área de distribución actual de <i>D. undecimpunctata</i> en México	17
Predicción del actual de distribución potencial de <i>D. undecimpunctata</i>	18
Resultados	21
Base de datos de distribución de <i>Diabrotica undecimpunctata</i> en México	21
Área de distribución real de <i>D. undecimpunctata</i> en México	22
Variables ambientales obtenidas	26
Distribución potencial de <i>D. undecimpunctata</i>	26
Validación del modelo	37
Análisis y discusión	38
Área de distribución actual de <i>Diabrotica undecimpunctata</i>	38
Distribución potencial de <i>D. undecimpunctata</i>	41
Conclusiones	43
Recomendaciones	44
Literatura citada	45

Índice de Cuadros

Cuadro		Página
1	Parámetros usados para generar los modelos de distribución en el programa GARP	19
2	Colecciones entomológicas y ejemplares de <i>D. undecimpunctata</i>	21
3	Matriz de confusión	37
4	Ecosistemas del Altiplano mexicano	38

Índice de figuras

Figura		Página
1	Representación gráfica del método Cartográfico	8
2	Representación gráfica del método Areográfico	8
3	Representación gráfica del método Panbiogeográfico	9
4	Proceso de construcción de los modelos de distribución potencial de las especies	10
5	<i>Diabrotica undecimpunctata</i>	11
6	Ciclo de vida de <i>Diabrotica undecimpunctata</i>	13
7	Presencia de <i>D. undecimpunctata</i> en México	22
8	Trazo individual de <i>D. undecimpunctata</i>	23
9	a) Área de distribución actual de <i>D. undecimpunctata</i> . en los estados de la República Mexicana; b) Área de distribución actual de <i>D. undecimpunctata</i> en las Provincias Bióticas de México	25
10	Tipos de clima donde habita <i>D. undecimpunctata</i> a) Mapa, b) Histograma	26
11	Tipos de suelo donde habita <i>D. undecimpunctata</i> a) Mapa, b) Histograma, c) Textura del suelo	28
12	Rangos de humedad donde habita <i>D. undecimpunctata</i> a) Mapa, b) Histograma	29
13	Regímenes de humedad del suelo donde habita <i>D. undecimpunctata</i> a) Mapa, b) Histograma	30
14	Precipitación media anual donde habita <i>D. undecimpunctata</i> a) Mapa, b) Histograma	31
15	Precipitación total anual donde habita <i>D. undecimpunctata</i> . a) Mapa, b) Histograma	32
16	Temperatura media anual donde habita <i>D. undecimpunctata</i> . a) Mapa, b) Histograma	34
17	Uso de suelo y vegetación donde habita <i>D. undecimpunctata</i> a) Mapa, b) Histograma	35
18	Distribución potencial de <i>D. undecimpunctata</i> en México	36
19	Distribución de <i>D. undecimpunctata</i> sobre la hidrografía de México	39
20	Mapa de distribución potencial generado con el programa Maxent	42
21	Predicción potencial y trazo individual de <i>D. undecimpunctata</i>	42

RESUMEN

Este trabajo de tesis es una contribución al estudio de los insectos plaga que habitan en México, específicamente de *Diabrotica undecimpunctata* (Chrysomelidae: Galerucinae), especie asociada a diversos cultivos como la alfalfa, linaza, acelga, calabaza, chile, jitomate, papa y sandía, entre otros.

A partir de datos de distribución de las etiquetas de ejemplares de colecciones entomológicas y los obtenidos de literatura especializada, se determinó el área de distribución que actualmente ocupa la especie, mediante los métodos panbiogeográfico y cartográfico, con ayuda del programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999). Posteriormente, se identificaron las características ambientales relevantes para la especie, de acuerdo a la cartografía disponible en el portal de geoinformación de CONABIO y mediante el programa DesktopGARP se modeló el nicho ecológico de la especie para determinar su área de distribución potencial.

El área ocupada actualmente por *Diabrotica undecimpunctata* abarca las provincias biogeográficas del Altiplano (norte y sur), Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico, sur de Sierra Madre Oriental y norte de Oaxaca, en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas. Potencialmente, su área de distribución puede extenderse hacia los estados de Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas y Tlaxcala, en la medida en que los ecosistemas naturales de la región centro-sur del país sean sustituidos por sistemas agrícolas.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Cervantes *et al.* (2003), el término **plaga** es un concepto creado por el hombre para referirse a cualquier organismo que perjudica su economía, en particular su alimento, vivienda, vestido y salud. El hombre designa como **plaga** a diversos organismos que presentan un aumento exponencial en su población, provocando un desequilibrio ecológico y diezmando la producción de recursos pecuarios, agrícolas, forestales o ganaderos. Grupos de insectos, malezas, ácaros, babosas, nematodos y roedores, entre otros, reducen la calidad y el valor de los productos en el mercado y en ocasiones originan la destrucción total de los bienes naturales que la especie humana considera como propios (Coto y Saunders, 2004; Bahena, 2008).

Los insectos se encuentran entre las plagas que tiene mayor influencia en los agroecosistemas, debido a que se pueden presentar en todas las etapas de desarrollo de la planta (desde la semilla hasta su estado maduro). Rodríguez del Bosque y Morón (2010) reportan que entre 1981 y 2006, la producción agrícola en México se redujo en 33,878 kg/ha debido a plagas de insectos. En particular, los coleópteros plaga son los que provocan mayor impacto en los cultivos, ya que pueden alimentarse de semillas, raíces, cortezas, conos, brotes, yemas, hojas y flores (Cibrián *et al.*, 1995).

Dentro de la Familia Chrysomelidae existen especies que se comportan como plagas agrícolas y forestales, entre las que se encuentran: *Acalymma vittatum* (Fabricius, 1775), *Calyptocephala marginipennis* Boheman, 1850, *Cerotoma ruficornis* (Oliver, 1791), *Colaspis hypochlora* Lefevre, 1878, *Chrysomela scripta* Fabricius, 1801, *Diabrotica adelpha* Harold, 1875, *D. balteata* J. L. LeConte, 1865, *D. longicornis* (Say, 1824), *D. undecimpunctata* Mannerheim, 1843, *D. virgifera zea* (Krysan y R. Smith, 1980), *Eusattodera rugosa* (Jacoby, 1888) y *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Morón y Terrón, 1988; Cibrián *et al.*, 1995; Coto y Saunders, 2004; Bautista, 2006).

Las especies del género *Diabrotica* sobresalen por provocar un alto porcentaje de depredación en las zonas agrícolas de México (Bautista, 2006). Morón y Terrón (1988) reportan que en Jalisco, durante el año de 1977, hubo una pérdida de 24,585 ha de cultivo de maíz, ocasionada por *Diabrotica virgifera zae*, también conocida como doradilla.

La plaga *Diabrotica* spp. afecta generalmente a cultivos de alfalfa, frijol, linaza, maíz, pastos, soya, acelga, algodón, cacahuate, calabaza, caña de azúcar, cebada, col, chile, girasol, huauzontle, jitomate, melón, papa, pepino, sandía, sorgo, tomate de cascara y trigo (Clark *et al.*, 2004). Las especies responsables provocan daño a los cultivos desde su estadio larvario: las larvas que habitan en el suelo se alimentan de las raíces, hipocótilos y nódulos de su huésped; cuando el daño ocurre durante la germinación, las hojas cotiledonarias presentan perforaciones al abrirse, las plantas se atrofian y se retrasan en su crecimiento; cuando el daño ocurre después de la germinación, las hojas basales toman un color amarillo, se marchitan y las plantas se atrasan en su desarrollo (Bautista, 2006). Cuando estos crisomélidos llegan a su estado maduro modifican su morfología y así pueden colonizar las estructuras no edáficas de su hospedero, alimentándose del follaje, lo que provoca huecos grandes en las hojas y reduce la capacidad de llevar a cabo una fotosíntesis adecuada para un óptimo crecimiento. Estos organismos no solo dañan a los cultivos alimentándose de ellos, además son vectores de otros patógenos como el virus del “mosaico del enanismo enchinado del frijol” y del “mosaico suave del frijol” (Morón y Terrón, 1988), de igual manera provocan la marchitez a las cucurbitáceas. Los adultos también se alimentan de vainas y flores (Bautista, 2006).

En México se han registrado 27 especies del género *Diabrotica* (Ordoñez Reséndiz, 2008), de las cuales cinco tienen gran importancia en la industria agrícola: *D. adelpha* Harold, 1875, *D. balteata* J. L. LeConte, 1865, *D. longicornis* (Say, 1824), *D. undecimpunctata* Manneherheim, 1868 y *D. virgifera zae* (Krysan y R. Smith, 1980) (Coto y Saunders, 2004; Bautista, 2006). García y Marín (2010) señalan a *Diabrotica balteata*, *D. undecimpunctata* *duodecimnotata* Harold, 1875 y *D. virgifera zae* como las especies que originan mayor daño a la producción agrícola, ya que causan la pérdida parcial o total de los recursos.

Para poder monitorear el daño agrícola de *Diabrotica* spp. se han implementado métodos que determinan la distribución de las plagas y los daños potenciales que pueden causar. Estos estudios se han realizado únicamente para *D. virgifera virgifera* J. L. LeConte, 1868 en el estado de Guanajuato (Pérez *et al.*, 2010), por lo que en este trabajo de tesis se plantea determinar la distribución geográfica de *D. undecimpunctata* Mannerheim, 1868 en el territorio nacional, de acuerdo a las características de su nicho ecológico para predecir las áreas de impacto de esta especie, con el propósito de sentar las bases para el diseño de medidas de control de esta plaga y el desarrollo de estrategias para evitar epidemias agrícolas.

MARCO TEÓRICO

Biogeografía

El hombre por naturaleza siempre ha querido entender el medio que lo rodea, en este afán ha desarrollado diversas disciplinas científicas como la Biogeografía. Ésta se define como la ciencia que estudia las distribuciones geográficas de los seres vivos y sus cambios a través del tiempo (Espinosa y Llorente, 1993).

El punto de partida para llevar a cabo un análisis biogeográfico es la obtención de información sobre la distribución del o de los taxones que habitan el área de estudio, ya sea mediante la revisión de literatura o a través de la consulta de colecciones biológicas, seguido de un “trazo”, también conocido como árbol de tendido mínimo. Este “trazo” es una forma de representar la ubicación en el espacio geográfico de un taxón en particular, representa las coordenadas primarias del taxón en el espacio y es interpretado como un sector de la tierra o mar en donde se desarrolla un taxón (Morrone, 2000; Espinosa *et al.*, 2002). Este método de trazos o método panbiogeográfico, fue desarrollado por León Croizat a partir de la idea de que existe una estrecha relación entre la historia de la biota y la Tierra, lo que se resume en la idea “tierra y vida evolucionan juntas” (Morrone, 2000). Este método permite descubrir los patrones de la distribución de los organismos, ya sean plantas o animales, los que a su vez permitirán comprender conjuntamente su diferenciación morfológica y su traslación en el espacio (Llorente *et al.*, 2000).

Croizat suponía que la historia de cualquiera área biogeográfica está caracterizada por dos etapas que se suceden periódicamente: una etapa de movilidad, en la que los organismos y biotas expanden su área de distribución, debido a que no hay barreras a su distribución; una etapa de inmovilidad, en la que el área puede sufrir fragmentación por el surgimiento de barreras intermedias, provocando la separación de las poblaciones y la formación de nuevas especies (Morrone, 2000).

Aunque el método panbiogeográfico se han utilizado para determinar patrones a grandes escalas como en zonas continentales, también se puede usar en lugares de menor amplitud o para un solo taxón (Contreras Medina y Eliosa León, 2001).

A partir del concepto de trazo individual se generaron los términos de *distribución geográfica* y *área de distribución*. Éstos cuentan con diferentes definiciones, según el punto de vista de estudiosos de la Biogeografía.

Distribución geográfica

La distribución geográfica se refiere a la colección de localidades en las que un taxón se encuentre habitando. Lacoste y Salanon prefieren describirla como “la relación estática que guardan los organismos de una especie o taxón con el área que ocupan” (Espinosa y Llorente, 1993).

Área de distribución

Brown (1995) define el área de distribución como una expresión compleja de la ecología e historia evolutiva de un taxón; Rzendowski (1991) indica que la disposición geográfica de los organismos está ligada con la delimitación de las regiones naturales, definidas por condiciones fisiográficas, climáticas y edáficas que interactúan conjuntamente a diferentes escalas para delimitar el área de distribución de una especie; Zunino y Zullini (2003) consideran el área de distribución de una especie como “aquella fracción del espacio geográfico donde tal taxón está presente e interactúa en forma no efímera con el ecosistema”. Operativamente se le reconoce en el mapa como la superficie que encierra el conjunto de localidades donde la especie ha sido colectada (Espinosa y Llorente, 1993).

El área de distribución depende de condiciones abióticas y bióticas actuales y pasadas. Dentro de los parámetros abióticos destacan las características climáticas, edáficas y topográficas; entre los aspectos bióticos es determinante la capacidad de las poblaciones para adaptarse a nuevas condiciones y las interacciones con otras especies (Soberón y Peterson, 2005). Varios autores opinan que el clima es el principal factor que delimita el área de distribución, específicamente la temperatura (Zunino y Zullini, 2003; Nájera y Jackson, 2010).

Para determinar el área de distribución de una especie existen tres métodos:

1. Cartográfico. Consiste en cuadricular el mapa de la zona estudiada (Fig. 1), con un tamaño de cuadrícula adecuado, ya que si es muy grande el taxón aparecerá en casi toda o toda el área de estudio y si la grilla es muy fina, lo único que se obtendrá es remplazar los puntos o marcas de las localidades correspondientes a los hallazgos por cuadrados pequeños (Espinosa *et al.*, 2002; Rojas *et al.*, 2003). Después de elegir el tamaño correcto de cuadrícula se rellenan todas las celdas en donde se encuentra reportada la especie.

2. Areográfico. Este método consiste en la idea de compactar las localidades de acuerdo con círculos trazados a partir de ellas, tomando como radios distintas medidas de dispersión de los datos (Fig. 2), con el objetivo de determinar la forma, tamaño y distribución espacial de las áreas donde habitan los taxones. El método se desarrolla de acuerdo a los siguientes pasos (Espinosa *et al.*, 2002; Rapoport y Monjau, 2003):
 - a. Numerar en el mapa las localidades de colección de la especie.
 - b. Cuando hay un número elevado de localidades, sortear un número menor de ellas mediante tablas de números aleatorios o de algún algoritmo computarizado.
 - c. Medir la distancia que separa cada localidad de su vecino más cercano.
 - d. Ordenar los valores obtenidos en orden decreciente y buscar su valor medio.
 - e. Trazar un círculo alrededor de cada localidad, empleando el valor medio como radio.
 - f. Repetir el procedimiento, empleando como radio la desviación estándar.
 - g. Seleccionar la representación más apropiada.

3. Panbiogeográfico. Con este método se construye el trazo individual (Fig.3) que representa el área de distribución de una especie o taxón, se proyectan en un mapa las localidades donde se ha reportado al taxón y se unen bajo el criterio de distancia mínima (Espinosa *et al.*, 2002).

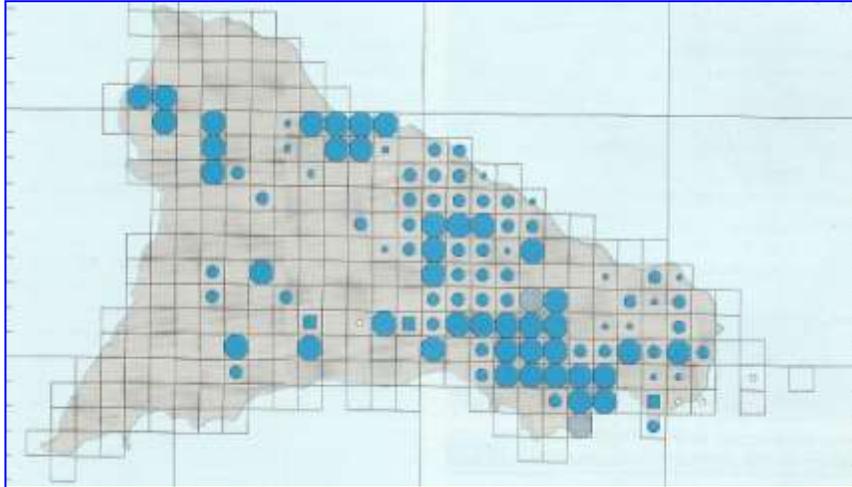


Fig. 1. Representación gráfica del método Cartográfico. Tomado de Zunino y Zullini, 2003.

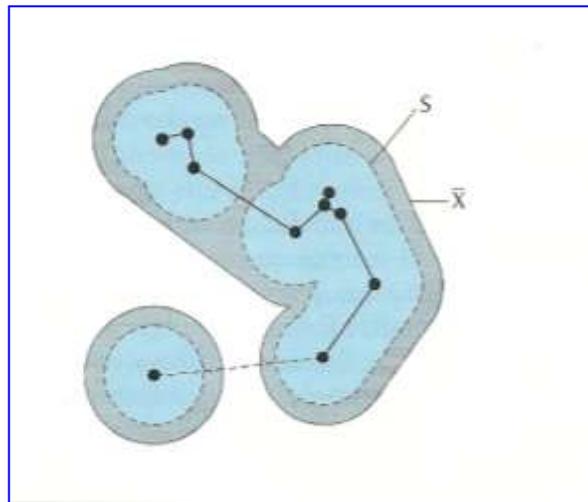


Fig. 2. Representación gráfica del método Areográfico. Tomado de Zunino y Zullini, 2003.

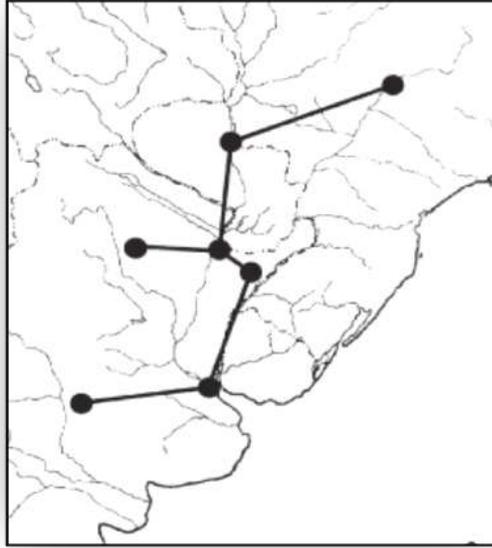


Fig.3. Representación gráfica del método Panbiogeográfico. Tomado de Morrone, 2004.

Modelos de nicho ecológico y distribución potencial de las especies

En las últimas dos décadas, el interés por los modelos de nicho ecológico ha crecido de manera espectacular, considerándose como una herramienta útil en diferentes disciplinas como biogeografía, ecología, evolución, conservación de especies y más recientemente en investigaciones relacionadas con salud pública, cambio climático y agronomía, entre otras (Anderson y Peterson, 2003; Guisan y Thuiller, 2005; Peterson *et al.*, 2005; Menon *et al.*, 2008; Ortega y Peterson, 2008). Estos modelos han sido de gran utilidad para identificar zonas climáticamente viables para la colonización de un taxón (Peterson y Holt, 2003), también se utilizan para registrar el desplazamiento de las especies y su dirección (Parra *et al.*, 2005); de igual manera sirven para ubicar áreas de distribución potencial donde las especies no han sido registradas (Villaseñor y Téllez, 2004).

El nicho ecológico es clave para entender la distribución geográfica y conocer los límites distribucionales de las especies, y aunque existe una amplia gama de elementos que

complementan la estructura del nicho, los factores abióticos son los que pueden ser mapeados en áreas geográficas específicas, razón por la cual son comúnmente usados para determinar la distribución de las especies (Carpenter *et al.*, 1993).

Para llevar a cabo el modelado del nicho ecológico se necesitan herramientas informáticas que se basan en algún algoritmo para predecir áreas similares a aquellas donde ocurre la especie (Fig. 4). Con el objetivo de crear modelos predictivos para la distribución de los taxones con base al nicho fundamental, estos algoritmos combinan dos tipos de datos: a) registros georreferenciados de la especie y b) variables ambientales óptimas para que el taxón pueda sobrevivir, reproducirse y mantenerse sin considerar las inmigraciones en la población (Martínez Meyer, 2005; Milesi y De Casenave, 2005; Peterson *et al.*, 2005; Soberón y Peterson, 2005). Los programas ubican áreas en la geografía donde dichas variables ambientales y datos de colecta estén presentes; una vez procesados estos datos, el programa proyecta un mapa donde se incluyen los sitios en los que se ha registrado la especie, así como las zonas en donde no se ha reportado pero las condiciones son viables para proporcionar un hábitat adecuado (Anderson *et al.*, 2003; Brotons *et al.*, 2004; Ortega y Peterson, 2008; Calixto, 2009).

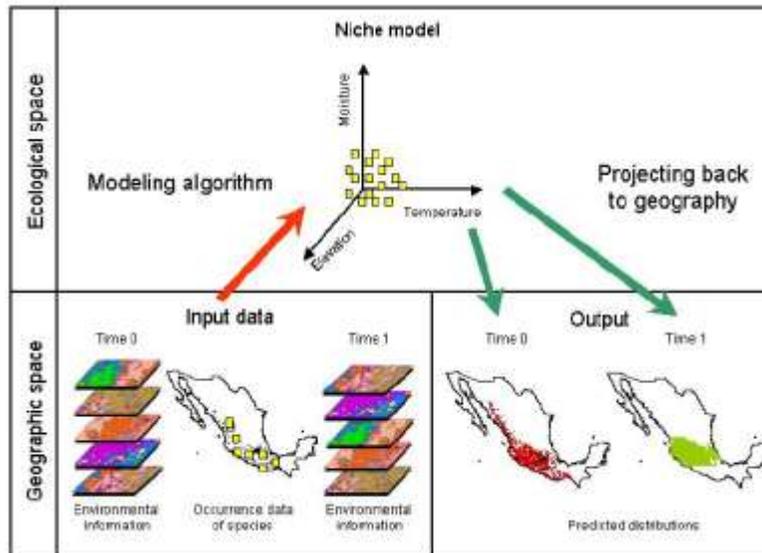


Fig. 4. Proceso de construcción de los modelos de distribución potencial de las especies. Tomado de

En estos programas, las variables ambientales son proyecciones digitales denominadas capas, las que contienen atributos o información generada a partir de valores de variables del ambiente físico, tomados con cierta periodicidad durante un periodo de tiempo determinado; un aspecto importante de los datos ambientales es que existen algunas variables más informativas que otras, que de manera directa o indirecta se asocian con la tolerancia fisiológica de la especie (Martínez Meyer 2005; Parra *et al.*, 2005; Calixto, 2009).

Se ha propuesto diferentes métodos para predecir distribuciones de taxones, Naoki y colaboradores (2006), Ortega y Peterson (2008) y Pliscoff y Fuentes (2011) mencionan que los modelos más utilizados para realizar distribuciones potenciales son: ANN (BM) (Artificial Neural Networks), BIOCLIM (Bioclimatic Envelope Algorithm), DOMAIN, ENFA (Ecological Niche Factor Analysis), GARP (Genetic Algorithm for Rules-set Production) y MAXENT (Maximum Entropy).

Dichos programas predicen áreas donde puede o no estar la especie según las características de su nicho ecológico, toman en cuenta factores ambientales como temperatura media anual, humedad del medio ambiente, precipitación media anual y precipitación total anual, entre otras, aunque no ligan factores como interacciones bióticas o antropogénicas (Sánchez *et al.*, 2005; Soberón y Peterson, 2005). Este último factor es una limitación para determinar con exactitud el nicho fundamental del grupo, por lo que es de gran importancia que el investigador no asuma la presencia de la especie en todas las áreas de predicción y dé una interpretación a dichas proyecciones (Guisan y Thuiller, 2005; Soberón y Peterson, 2005).



Características de *Diabrotica undecimpunctata*

En la fase adulta, los individuos del género *Diabrotica* se caracterizan por ser insectos de cuerpo oval, cabeza no insertada en el pronoto, pronoto transverso y casi cuadrado, meso y metatibias usualmente carenadas sobre el borde

Fig. 5. *Diabrotica undecimpunctata*.

Tomado de siafeg.com (2011)

externo y con espinas terminales, metatarso con el primer segmento claramente más largo que el segundo y tercero unidos, y uñas bífidas. La especie *D. undecimpunctata* (Fig. 5) se distingue de otras especies por tener antenas color negro, con excepción de los primeros dos o tres artejos basales que son de un color amarillento; cabeza negra; pronoto casi tan ancho como largo, sin concavidades; élitros sin estrías, de color verde o amarillo, con 11 ó 12 manchas pequeñas de color negro, un par de manchas se encuentra cerca del escutelo, formando una V invertida; la parte inferior de las patas son negras (a excepción de la base femoral); la parte ventral del abdomen y tórax es de color café dorado (Jacoby, 1880-1892 a,b; Bautista, 2006).

Esta especie se ha conocido con diferentes nombres científicos: *Chrysomela undecimpunctata* Fabricius, 1775, *Diabrotica duodecimpunctata* (Fabricius, 1775), *Crioceris sexpunctata* Fabricius, 1792, *Diabrotica duodecimnotata* Harold, 1875, *Diabrotica tenella* J. L. LeConte, 1858, *Diabrotica duodecimpunctata undecimpunctata* Mannerheim, 1843 y *Diabrotica soror* J. L. LeConte, 1865. En la actualidad el nombre válido es *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim 1843, con cuatro subespecies distribuidas en México (Ordóñez Reséndiz, com. pers.): *D. undecimpunctata howardi* Barber, 1947, *D. undecimpunctata duodecimnotata* (Harold, 1875), *D. undecimpunctata tenella* (J. L. LeConte, 1858) y *D. undecimpunctata undecimpunctata* Mannerheim, 1843. Según la clasificación de Seeno y Wilcox (1982), esta especie pertenece a la subfamilia Galerucinae, tribu Luperini, subtribu Diabroticina, la cual agrupa varias especies de importancia agrícola como *Cerotoma ruficornis* y *Acalymma trivittatum* (Coto y Saunders, 2004).

El ciclo de vida del género dura aproximadamente de 45 a 68 días. El estadio de huevo de la mayoría de especies dura entre 10 ó 12 días a partir de la oviposición y sucede entre los meses de octubre a mayo (Fig. 6); las hembras ovipositan de 76 a 900 huevecillos, según la especie y de qué tan óptimas sean las características ambientales; la viabilidad promedio de los huevecillos es de 50% al igual que la proporción sexual. La larva de este género pasa por tres instares para completar su desarrollo, con una duración promedio de 41 días en total; una vez eclosionada la larva, comienza a parasitar a sus hospederos alimentándose de las raíces. La fase de pupa dura de 10 a 12 días, en esta etapa realiza una

metamorfosis para adquirir las características del adulto. La pupa emerge como un organismo maduro listo para reproducirse, durante este periodo el organismo se alimenta de hojas y tallos de la planta, y se puede encontrar en los meses de agosto a octubre (Quijano *et al.*, 2010).

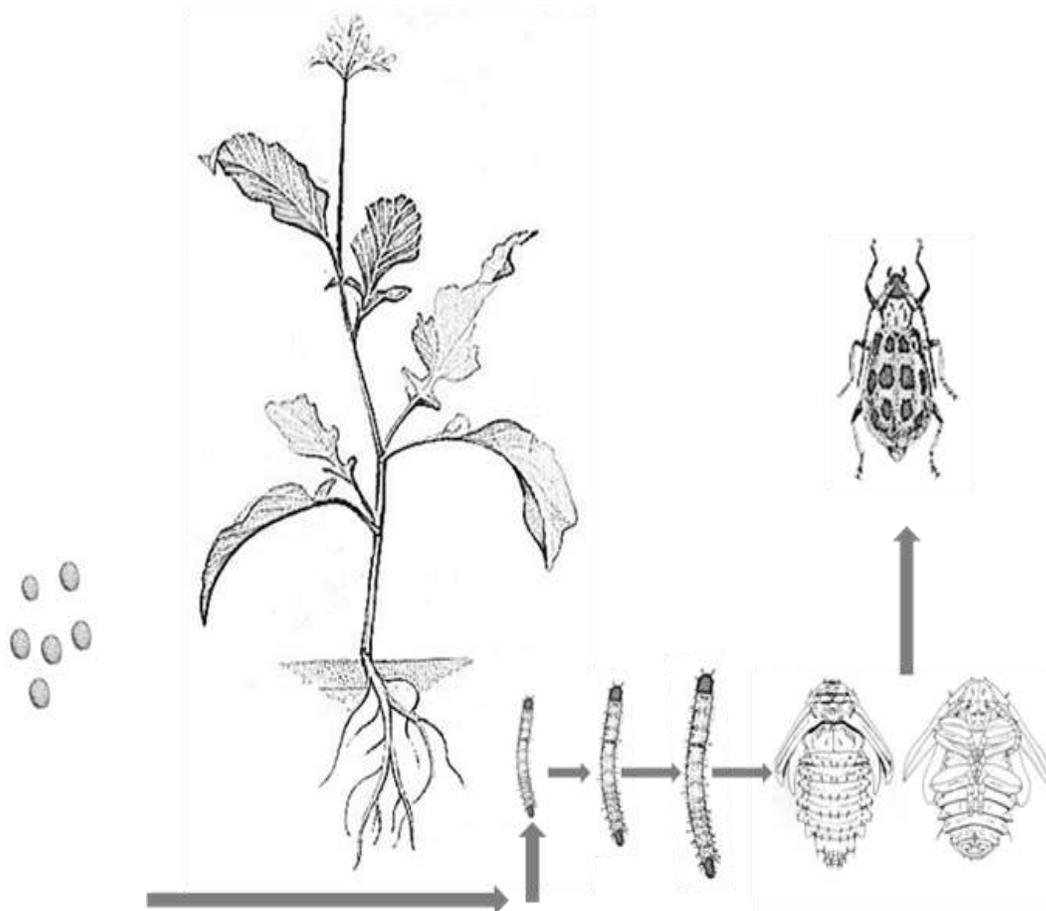


Fig. 6. Ciclo de vida de *Diabrotica undecimpunctata*
(Modificado de Defago de Peccioni *et al.*, 2000)

ANTECEDENTES

En México existen varios estudios biogeográficos enfocados a la detección de los patrones de distribución de diversos taxones a través del espacio y tiempo, y la posible explicación de los procesos que los han ocasionados, algunos de los primeros trabajos se enfocaron a vertebrados y plantas vasculares (Luna Vega *et al.*, 2000; Villaseñor y Tellez, 2004; Parra *et al.*, 2005; Escalante *et al.*, 2007; Ramos *et al.*, 2007; García *et al.*, 2008; Luna Vega, 2008). Sobre insectos se han realizado pocos estudios, en comparación con la gran diversidad que existe, entre otros se pueden citar los trabajos de Llorente (2006), Corona *et al.* (2006), Márquez y Morrone (2003) y Halffter (2006). Ordóñez Reséndiz y Eligio García (2006) realizaron el único estudio biogeográfico sobre la familia Chrysomelidae.

Sobre el género *Diabrotica* se han llevado a cabo trabajos relacionados con su biología (Enkerlin Schallenmueller, 1950), ciclo de vida (Sánchez y Vela, 1982), fenología aplicada a la agricultura (Sierra Domínguez, 1985), fisiología de sus poblacionales (Defagó de Pecchioni *et al.*, 2000) e importancia económica (Pérez *et al.*, 2010). Sólomente se ha realizado un modelo de simulación donde se estimó la distribución potencial de *D. virgifera zea* (Quijano Carranza *et al.*, 2010)

OBJETIVOS

General

- Determinar el área de distribución actual y potencial de *Diabrotica undecimpunctata* en México

Particulares

- Delimitar el tamaño y forma del área de distribución actual de *D. undecimpunctata*.
- Predecir las zonas potenciales para el desarrollo de *D. undecimpunctata* en México con base a su nicho ecológico.

MÉTODO

Este trabajo se realizó en tres fases: a) creación de la base de datos de distribución de *Diabrotica undecimpunctata*; b) determinación del área de distribución actual de la especie en México; c) predicción de las zonas en México con condiciones favorables para la ocurrencia de la especie.

Base de datos de distribución de *Diabrotica undecimpunctata* en México

Se construyó una base de datos en el programa Microsoft® Excel (2003) con información literatura especializada (Jacoby, 1880-1892a,b).

Se revisaron los ejemplares de las siguientes colecciones entomológicas: Facultad de Ciencias (LEMA), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (CCFES-Z) e Instituto de Biología (CNIN-IBUNAM) de la Universidad Nacional Autónoma de México, Museo de Historia Natural (MHNCM), Instituto de Ecología, A. C. (IEXA), Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Centro de Investigaciones Biológicas de Hidalgo (CIB UAEH) y Universidad Autónoma Chapingo. Los ejemplares de las colecciones CCFES-Z, MHNCM, IEXA y SENASICA fueron revisados y validados por la experta en el grupo Magdalena Ordóñez Reséndiz. Con la referencia de los ejemplares validados, revisé los ejemplares de las colecciones LEMA, CNIN-IBUNAM, CIB UAEH y Universidad Autónoma Chapingo.

A la información anterior se integraron los datos proporcionados por la M.C. Rebeca Álvarez Zagoya del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango (CIIDIR Durango).

En esta base se consideraron los apartados de localidad, municipio, estado, fecha de colecta, latitud, longitud y altitud, a partir de las etiquetas de los ejemplares; en el caso de aquellos ejemplares que no contaban con coordenadas geográficas, se utilizó el Nomenclator del programa Biótica para obtener los valores respectivos. Se agregó el campo “provincia” con información de la unidad biogeográfica correspondiente a las localidades, de acuerdo al

esquema de Espinosa Organista y colaboradores (2002). Además, se integró el nombre de la colección científica para conocer la procedencia de los ejemplares considerados en este análisis.

Para determinar el nicho ecológico se incluyeron los datos de las variables ambientales obtenidas del portal de información geográfica de CONABIO (2011), las variables consideradas fueron tipo de suelo, textura del suelo, regímenes de humedad del suelo, tipo de clima, rangos de humedad, precipitación media anual, precipitación total anual, precipitación máxima promedio, temperatura media anual, temperatura mínima promedio, temperatura del mes más frío, temperatura del mes más caliente y uso de suelo y vegetación. Para obtener los valores de las variables se efectuó el siguiente procedimiento: las coordenadas geográficas de las localidades se transformaron a decimales, posteriormente estos datos se exportaron al formato DBase IV (dbf) y se proyectaron en el programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999), en donde se visualizaron los puntos de colecta y se superpusieron cada una de las capas ambientales ya mencionadas.

Área de distribución actual de *D. undecimpunctata* en México

Método panbiogeográfico. En el programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999) se visualizó el mapa de límites estatales de la República Mexicana obtenido del portal de geoinformación de CONABIO (2011). Posteriormente se proyectaron las localidades de la base de datos (formato dbf) y con ayuda de la extensión “Trazos 2004” (Rojas Parra, 2005) se construyó el trazo individual de *D. undecimpunctata*, el que unió los puntos de colecta utilizando el criterio de la menor distancia.

Método cartográfico. Se proyectaron los mapas de límites estatales de la República Mexicana y de Provincias biogeográficas en el programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999). A estos mapas se sobrepuso una gradilla de 50x50 km y con ayuda de la extensión “Geoprocessing wizard” se delimitó el tamaño y forma del área de distribución del taxón.

Predicción del área de distribución potencial de *D. undecimpunctata*

Para crear el mapa de predicción potencial de *D. undecimpunctata* se utilizó el programa DesktopGARP 1.1.6 (Scachetti Pereira, 2007). Se eligió el 17% del total de puntos de ocurrencia de la especie en México para generar el modelo. Con efecto de disminuir el sesgo en la predicción, se excluyeron los datos de los ejemplares con fecha de colecta anterior a 1900 y se consideró únicamente un 5% de los registros de las áreas de Durango y Zacatecas en las que se ha llevado a cabo una mayor intensidad de colecta.

Las capas ambientales que se usaron en la predicción fueron creadas por Oswaldo Téllez Valdez, profesor de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. De acuerdo con las características del ciclo biológico de la especie y en opinión de Magdalena Ordoñez (com. pers.), se seleccionaron solo las variables más relevantes (Cuadro 1). Para los parámetros de salida se eligieron los formatos del mapa Bitmaps y ASCII.

De los modelos generados, se seleccionaron las proyecciones con menor error de omisión. Éstos se importaron al programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999), para sumarlos con la extensión “Spatial Analysis” y obtener el mapa de distribución potencial de la especie. Para eliminar las zonas de desarrollo urbano y determinar las áreas agrícolas en donde la especie se puede desarrollar de manera exitosa, se agregó la capa de uso de suelo y vegetación al mapa de distribución potencial.

Cuadro 1. Parámetros usados para generar los modelos de distribución en el programa GARP.

1	Temperatura media anual (°C)
2	Edafología
3	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
4	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
5	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
6	Precipitación media anual (mm)
7	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
8	Precipitación del periodo más seco (mm)
9	Uso de suelo y vegetación

Para validar el modelo creado se utilizó el teorema de Bayes. Los parámetros de sensibilidad y especificidad son usados para determinar la validez de la distribución potencial, éstos determinan el valor predictivo positivo (VPP) y el valor predictivo negativo (VPN). La sensibilidad es la probabilidad de un resultado positivo de la prueba (presencia o ausencia) dada la presencia. La especificidad es la probabilidad de un resultado negativo de la prueba (o ausencia) dada la ausencia.

El valor predictivo positivo [VPP = P(D|+)] es la probabilidad de que un punto sea positivo dado que el punto presente un resultado positivo en la prueba de detección.

$$P(D|+) = \frac{P(+|D) \times P(D)}{P(+|D) \times P(D) + P(+|\bar{D}) \times P(\bar{D})}$$

El valor predictivo negativo [VPN = P(\bar{D}| -)] es la probabilidad de que el punto sea negativo, dado que el resultado de la prueba sea negativo.

$$P(\bar{D}| -) = \frac{P(-|\bar{D}) \times P(\bar{D})}{P(-|\bar{D}) \times P(\bar{D}) + P(-|D) \times P(D)}$$

En donde:

$P(+|D)$ = Sensibilidad

$P(-|\bar{D})$ = Especificidad

$P(D)$ = Prevalencia

$P(-|D)$ = Complemento de sensibilidad

$P(+|\bar{D})$ = Complemento de especificidad

$P(\bar{D})$ = Complemento de la prevalencia o probabilidad de ausencias

RESULTADOS**Base de datos de distribución de *Diabrotica undecimpunctata* en México**

Se obtuvo una base de datos con 202 registros, 176 datos fueron obtenidos de colecciones científicas y 26 de la literatura revisada. Las colecciones entomológicas que tuvieron en su acervo ejemplares de *D. undecimpunctata* se indican en el Cuadro 2. Sólo las colecciones del Centro de Investigaciones Biológicas de Hidalgo (CIB UAEH) y de la Universidad Autónoma Chapingo no contaron con representantes de la especie en estudio.

Cuadro 2. Colecciones entomológicas y ejemplares de *D. undecimpunctata*

SIGLAS DE LA COLECCIÓN	AÑOS DE COLECTA	NÚMERO DE EJEMPLARES
CNIN-IBUNAM	1982	1
	1984	1
	1985	3
	2004	1
MHNCM	1985	1
	1987	1
	1990	5
	2007	2
LEMA	1979	1
	1980	1
	1985	1
CCFES-Z	2003	2
	2004	3
IEXA	2005	1
CNIN-IBUNAM	1933	2
CIIDIR Durango	2007	46
	2008	20
	2009	42
	2010	42

Área de distribución actual de *D. undecimpunctata* en México

En México, *D. undecimpunctata* está presente en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas (Fig. 7). Existe una mayor concentración de la especie en Durango y Zacatecas (166 puntos), como resultado de los estudios realizados entre 2007 y 2010 por la M.C. Rebeca Álvarez Zagoya del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango.

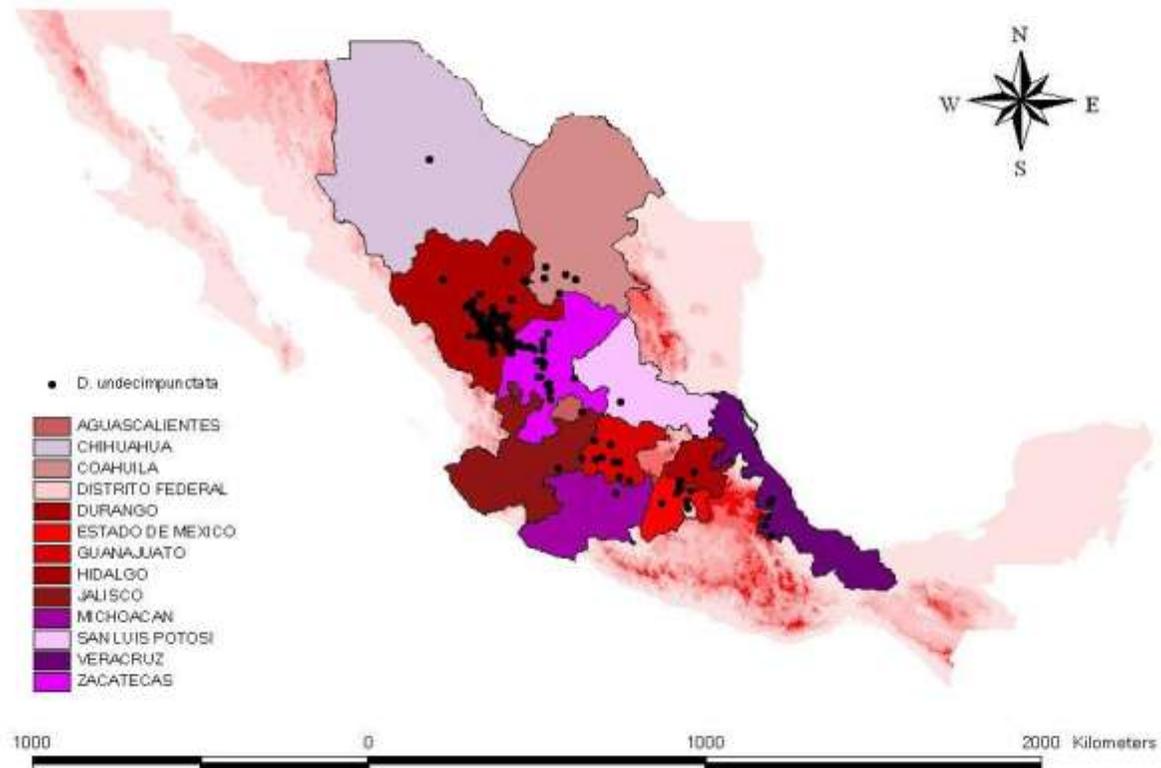
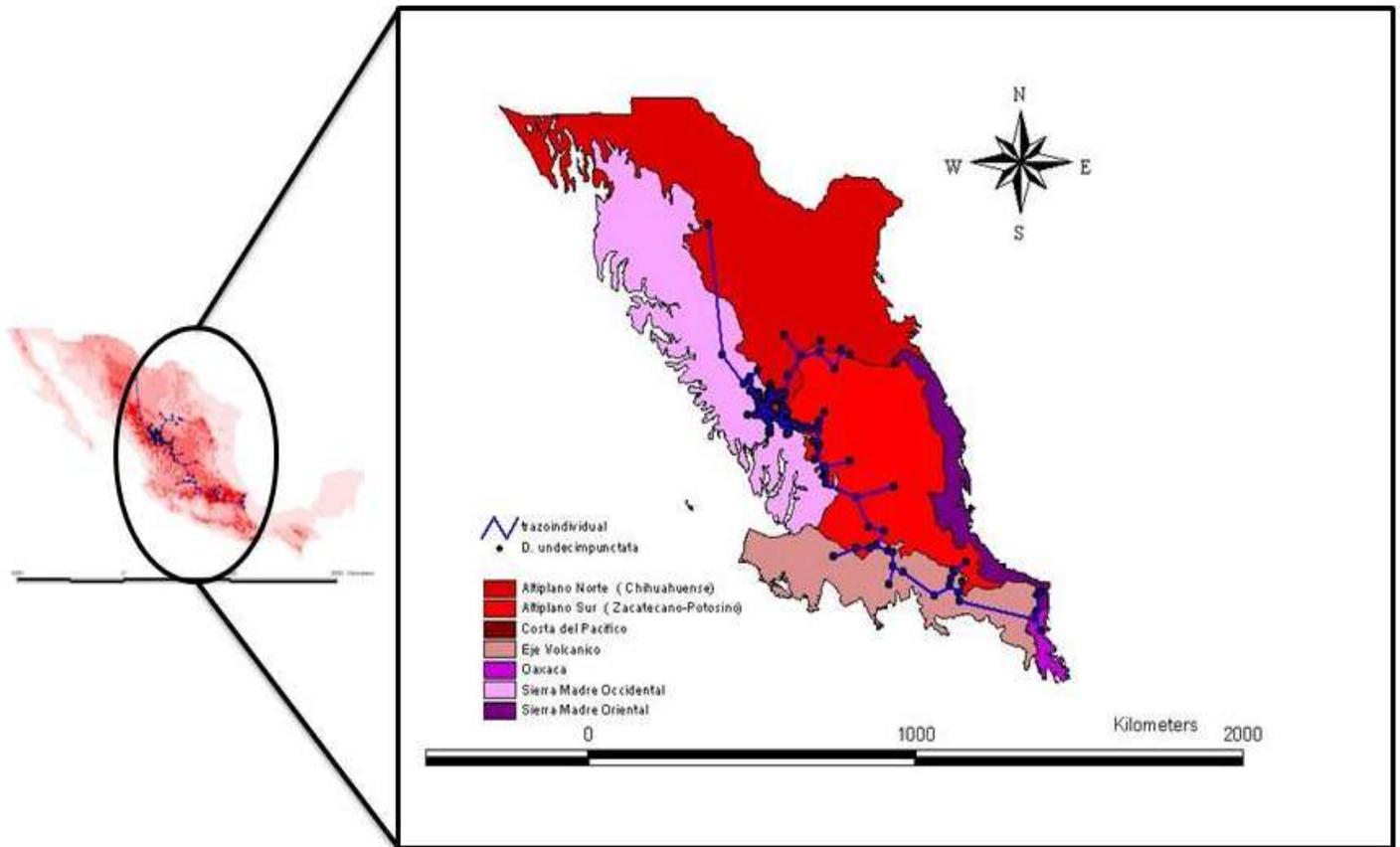


Fig. 7. Presencia de *D. undecimpunctata* en México.

Trazo individual. De acuerdo al método panbiogeográfico, el área donde habita *D. undecimpunctata* abarca las provincias biogeográficas Altiplano Norte (Chihuahuense), Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino), Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Oaxaca, conforme a la clasificación de Espinosa Organista *et al.* (2002)



(Fig. 8). Trazo individual de *D. undecimpunctata*

Diabrotica undecimpunctata predomina en la región Neártica del territorio nacional, particularmente en las provincias biogeográficas Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino) y Sierra Madre Occidental (Fig. 8). Dentro de la provincia Altiplano Sur, esta especie se ha detectado en Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo y Zacatecas; en la provincia Sierra Madre Occidental, sólo en Durango y Zacatecas. Durango suma el mayor número de registros de las dos provincias: 27.22% en Altiplano Sur y 26.73% en Sierra Madre Occidental.

Área de distribución. La información disponible hasta el momento permite detectar que el área natural de *D. undecimpunctata* se encuentra fragmentada, ocupando una superficie discontinua en México (Fig. 9a,b). Un manchón de mayor extensión destaca en la parte centro sureste de Durango y se continúa hacia el centro sur de Zacatecas (Fig. 9a). Otros cuatro manchones de moderada extensión se localizan en: 1) centro noreste del Estado de México y sur de Hidalgo; 2) al sureste de Puebla, norte de Oaxaca y centro de Veracruz; 3) sur de Coahuila; 4) centro de Guanajuato.

En la parte norte del país, las poblaciones de esta especie se distribuyen principalmente en la vertiente oriental de la provincia Sierra Madre Occidental, en altitudes entre 1500 y 2000 m, y al oeste del Altiplano sur (Zacatecano-Potosino) en altitudes que van desde 1000 hasta 3000 m (Fig. 9b), zonas cubiertas inicialmente por pastizal (Conabio, 2009) y ahora dedicadas a cultivos de temporal en su mayoría (Fig. 17a).

Las poblaciones de *D. undecimpunctata* distribuidas en la zona centro y sur del territorio nacional se ubican en áreas que antes eran bosques templados (Conabio, 2009), entre 1500 y 3000 m a lo largo de la provincia del Eje Neovolcánico y sur de la Sierra Madre Oriental; y entre 1000 y 2000 m en el norte de la provincia Oaxaca (Fig. 9b).

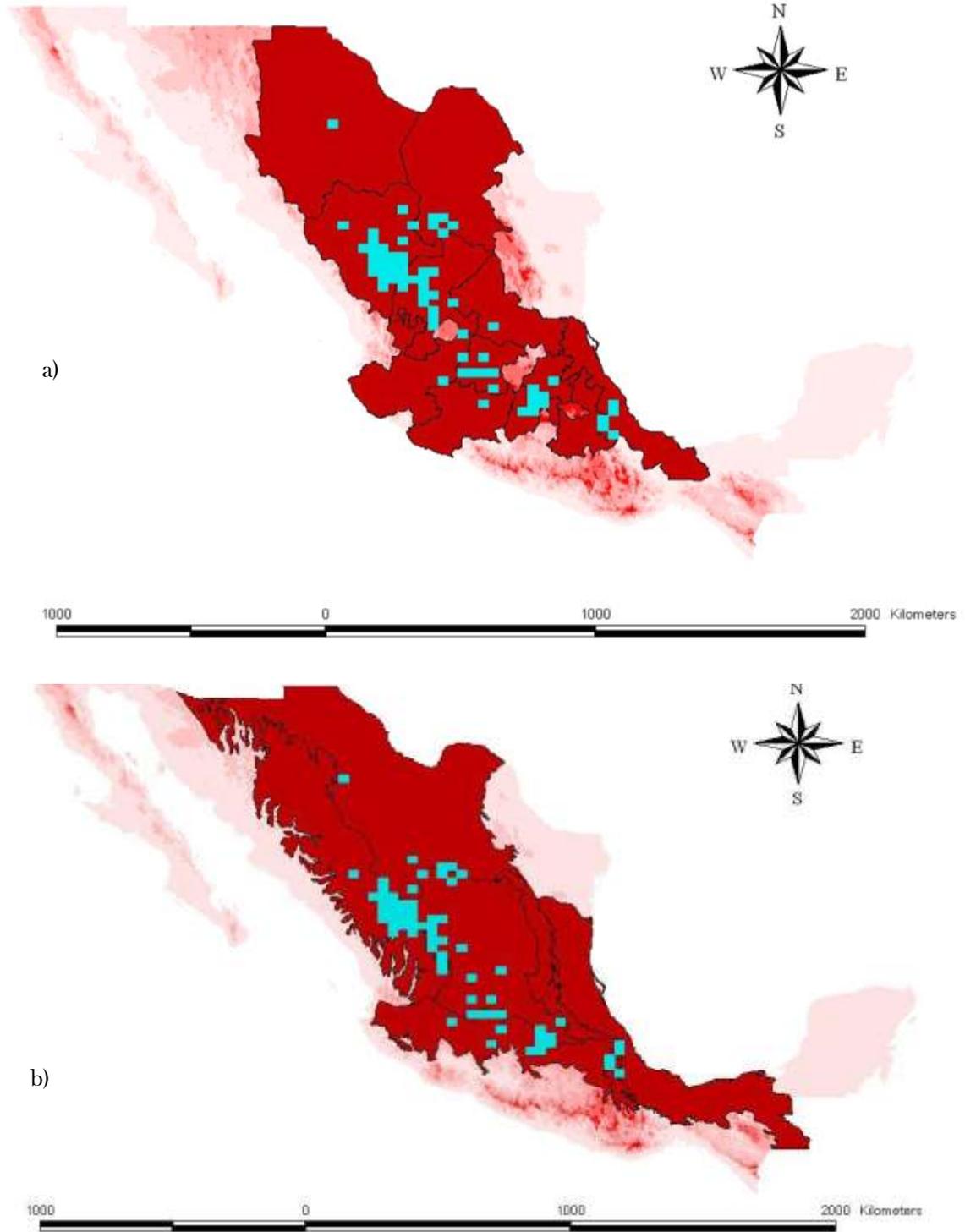
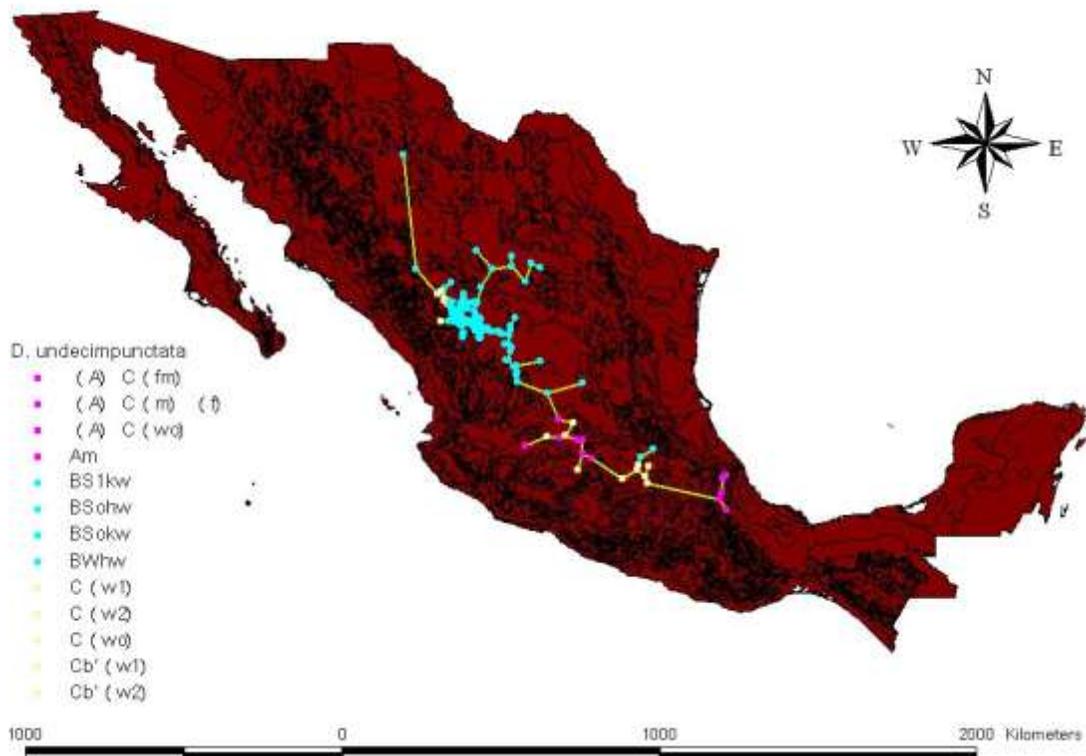


Fig. 9. a) Área de distribución actual de *D. undecimpunctata*. en los estados de la República Mexicana; b) Área de distribución actual de *D. undecimpunctata* en las Provincias Bióticas de México

VARIABLES AMBIENTALES OBTENIDAS

De los 61 tipos de clima existentes en México, *D. undecimpunctata* se encontró en 14 de ellos (Fig. 10a). El mayor porcentaje (75.24%) de las localidades registradas en la base de datos corresponde al clima semiárido templado (BS1hw), que domina sobre los 13 tipos de clima restantes, como se observa en el histograma (Fig. 10b).

a)



b)

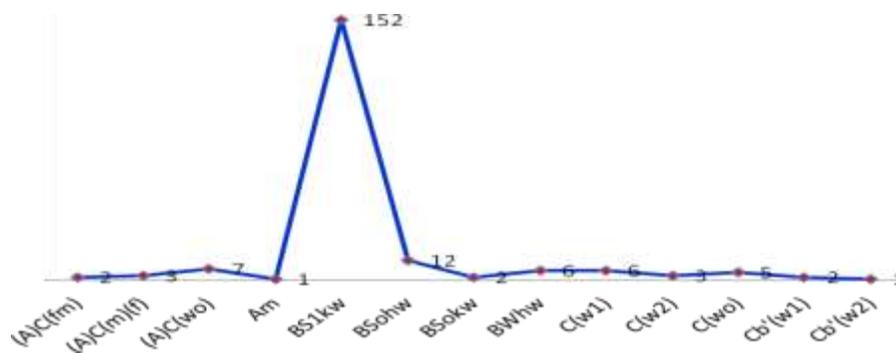


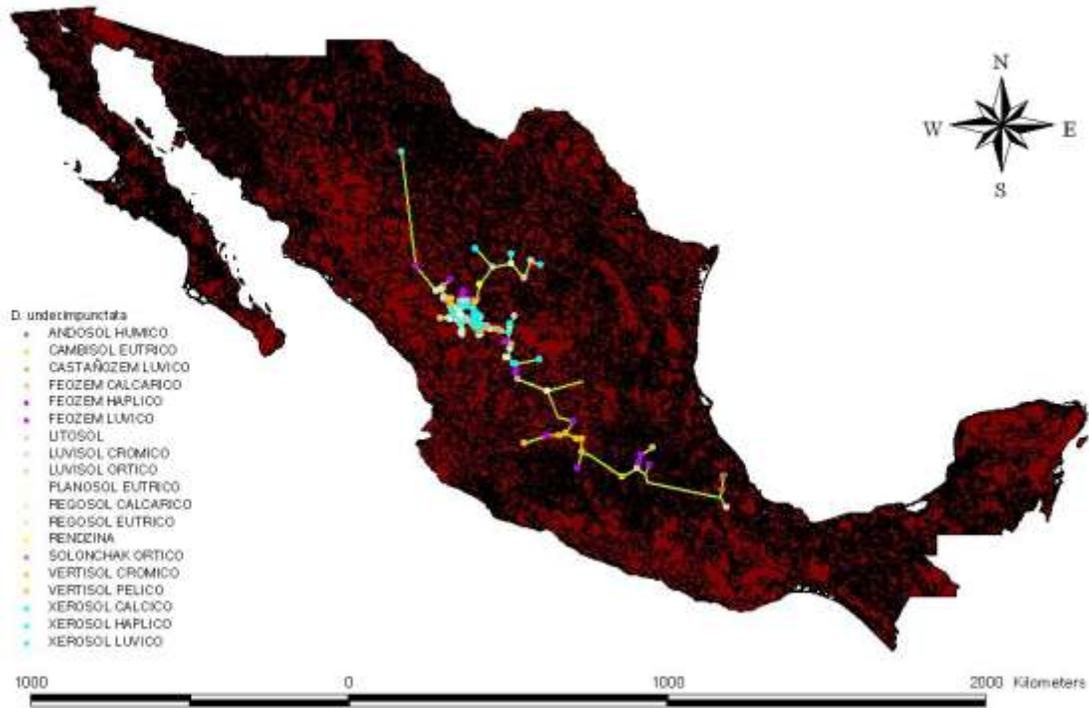
Fig. 10. Tipos de clima donde habita *D. undecimpunctata*: a) Mapa, b) Histograma.

De acuerdo a los datos obtenidos en este trabajo, los suelos favorables para el desarrollo de *D. undecimpunctata* son del tipo xerosol (Fig. 11a), seguidos de castañozem lúvico y regosol éutrico, con una textura media preferentemente (Fig. 11c). El xerosol lúvico agrupa el mayor número de sitios registrados (43 de 202) (Fig. 11b).

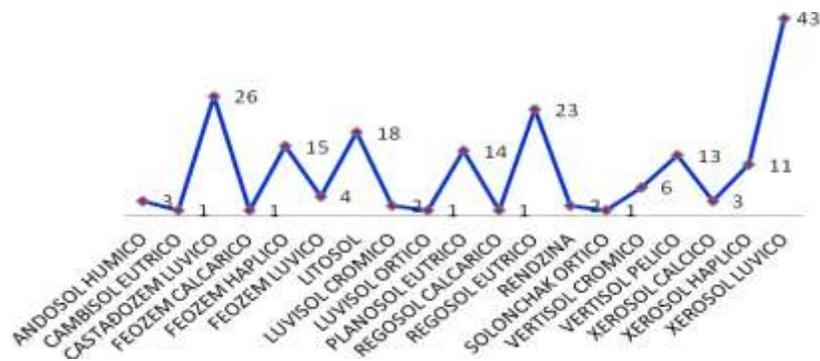
Las poblaciones de *D. undecimpunctata* se presentan en hábitats de un amplio rango de humedad ambiental, desde áridos hasta subhúmedos (Fig. 12a), pero es mayor su presencia en ambientes semiáridos (Fig. 12b). Sin embargo, la humedad del suelo es una característica relevante que debe tomarse en cuenta, debido a que varias fases de su ciclo de vida se llevan a cabo en el suelo (Fig. 6) (Quijano *et al.*, 2010). A pesar de que algunas poblaciones se han desarrollado en sitios con déficit de agua en el suelo o donde existe disponibilidad de agua todo el año (Fig. 13a), las mejores zonas para el crecimiento de la especie comprenden suelos con valores de humedad entre 90 a 180 días al año (Fig. 13b).

La precipitación media anual donde se ha registrado al taxón oscila entre los 125 y 2500 mm (Fig. 14a), pero el mayor número de poblaciones se encuentran en sitios que reciben entre 400 y 600 mm (Fig. 14b). Asimismo, la precipitación total anual de las localidades donde se ha registrado a *D. undecimpunctata* fluctúa entre los 100 y 3000 mm (Fig. 15a), presentando mayor incidencia en zonas que reciben entre 400 y 500 mm de precipitación al año (Fig. 15b).

a)



b)



c)

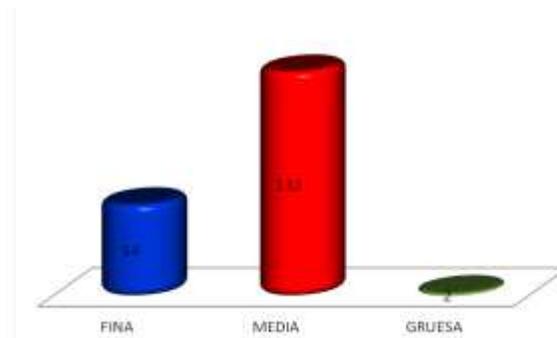
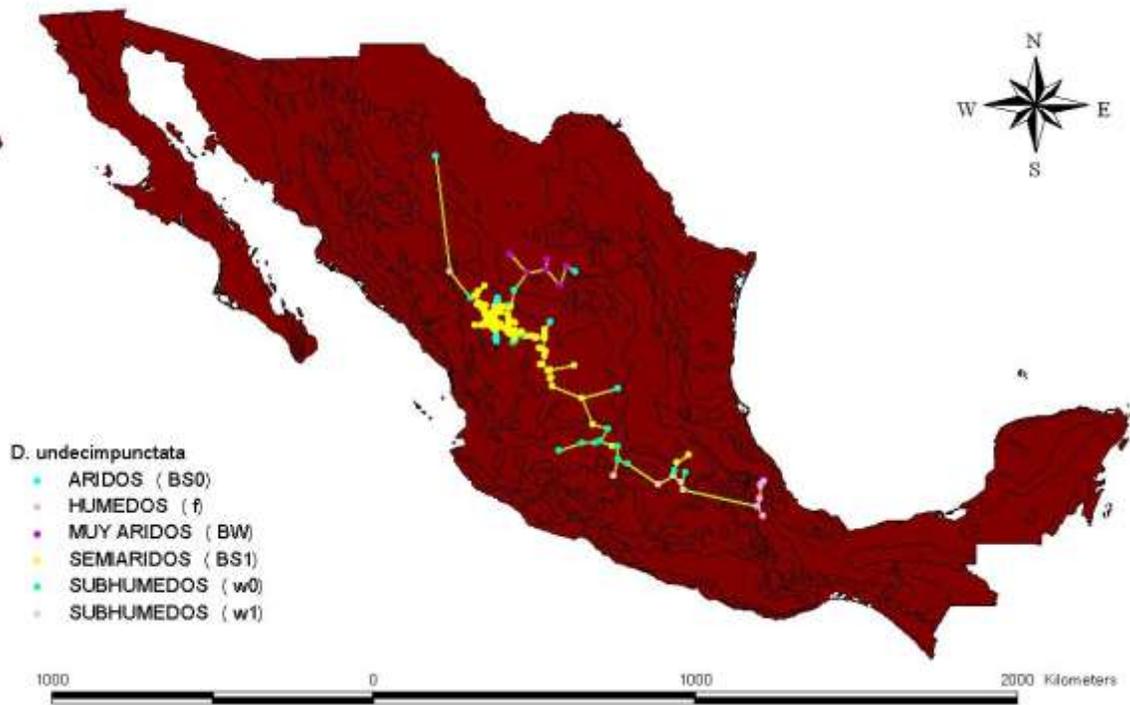


Fig. 11. Tipos de suelo donde habita *D. undecimpunctata*: a) Mapa, b) Histograma, c) Textura del suelo.

a)



b)

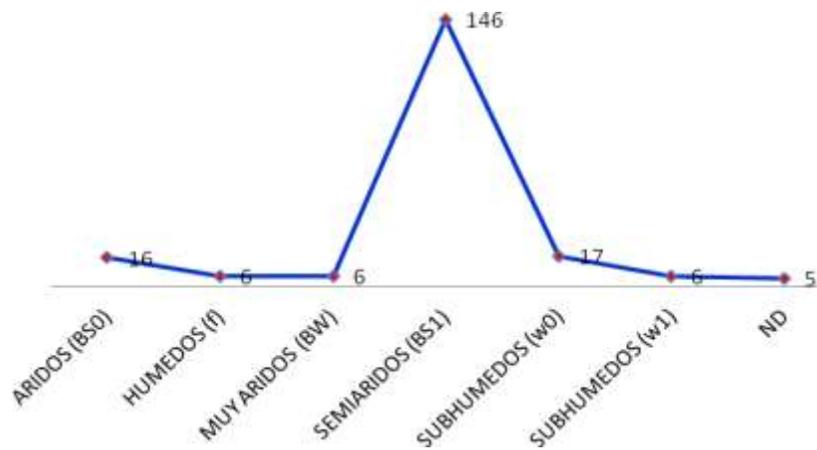
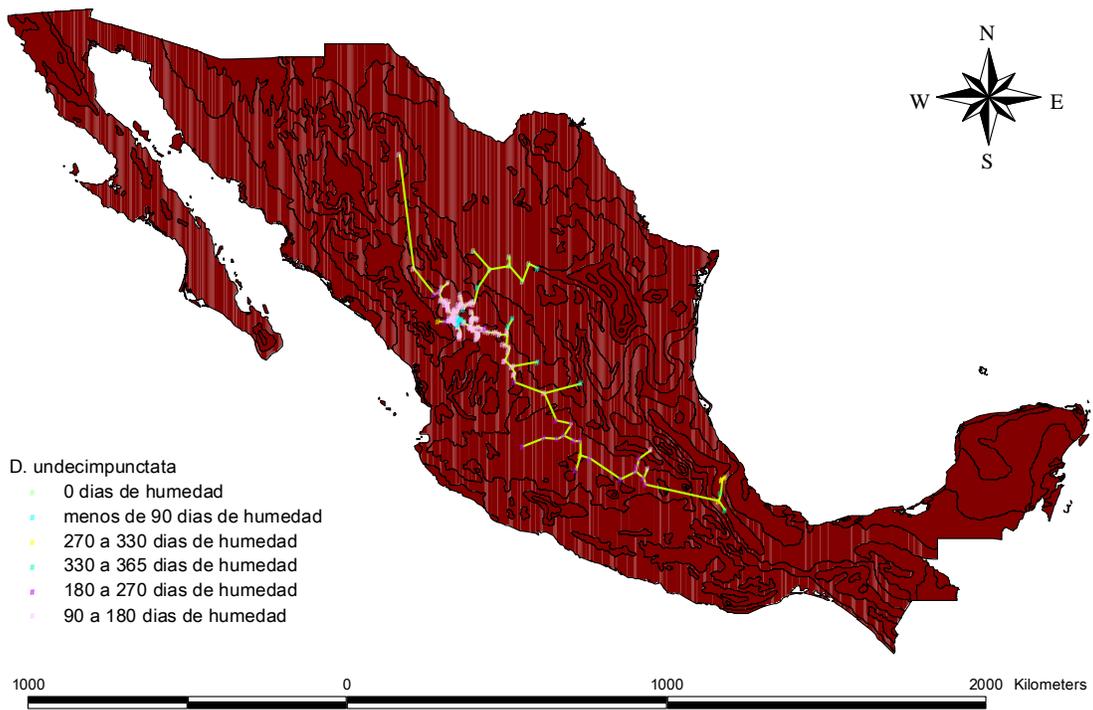


Fig. 12. Rangos de humedad donde habita *D. undecimpunctata*: a) Mapa, b) Histograma.

a)



b)

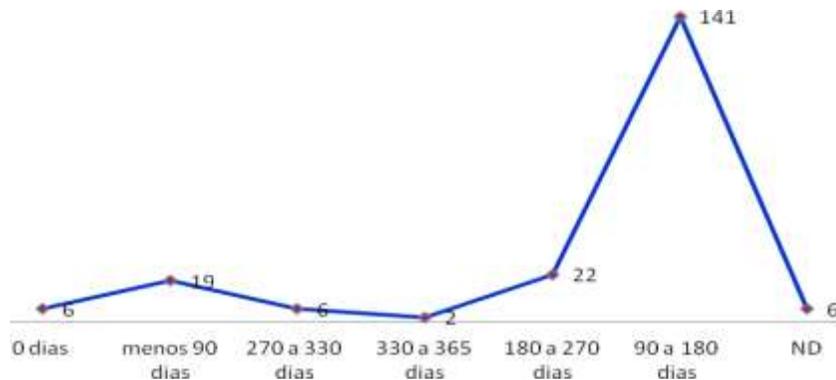


Fig. 13. Regímenes de humedad del suelo donde habita *D. undecimpunctata*: a) Mapa, b) Histograma

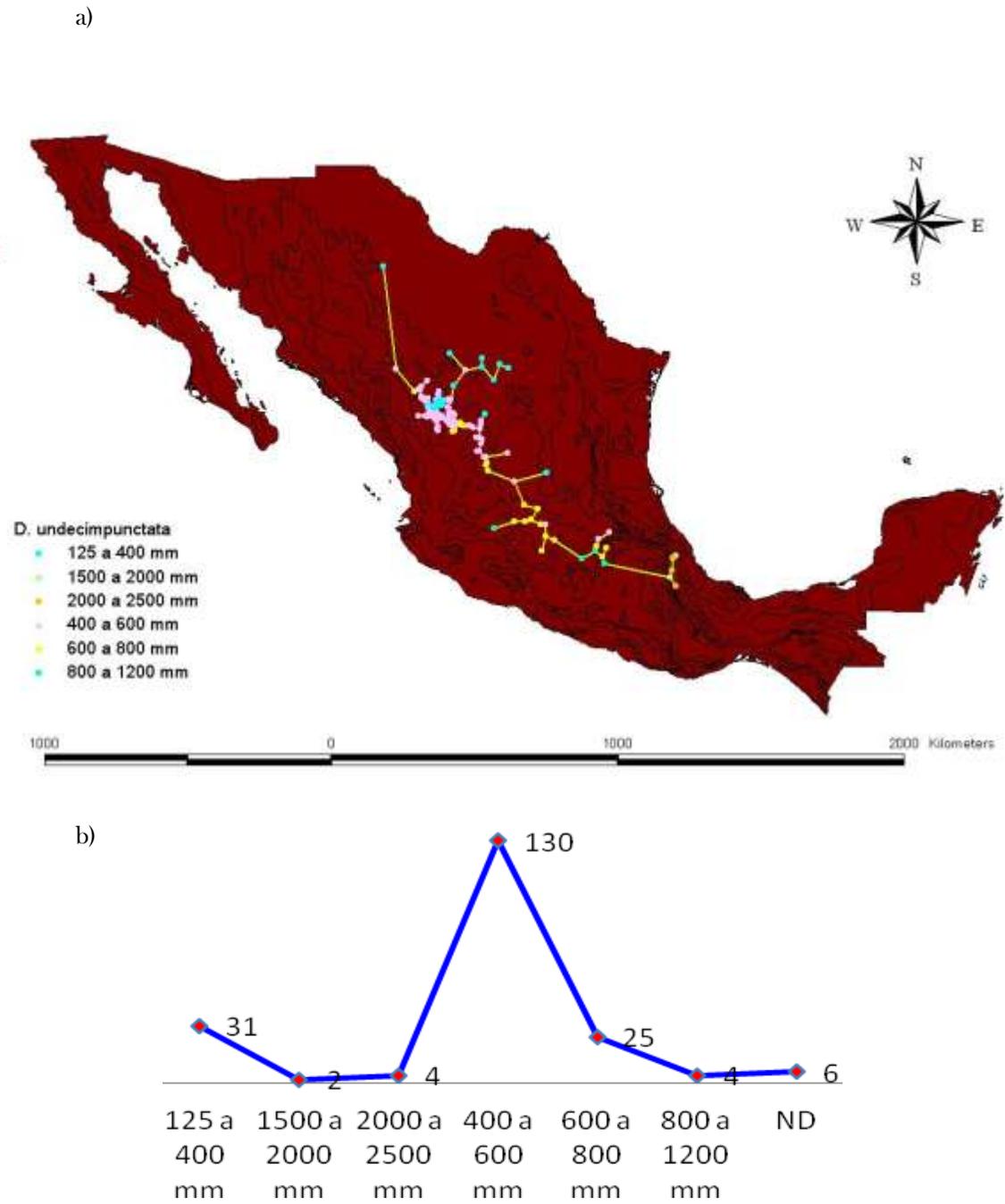
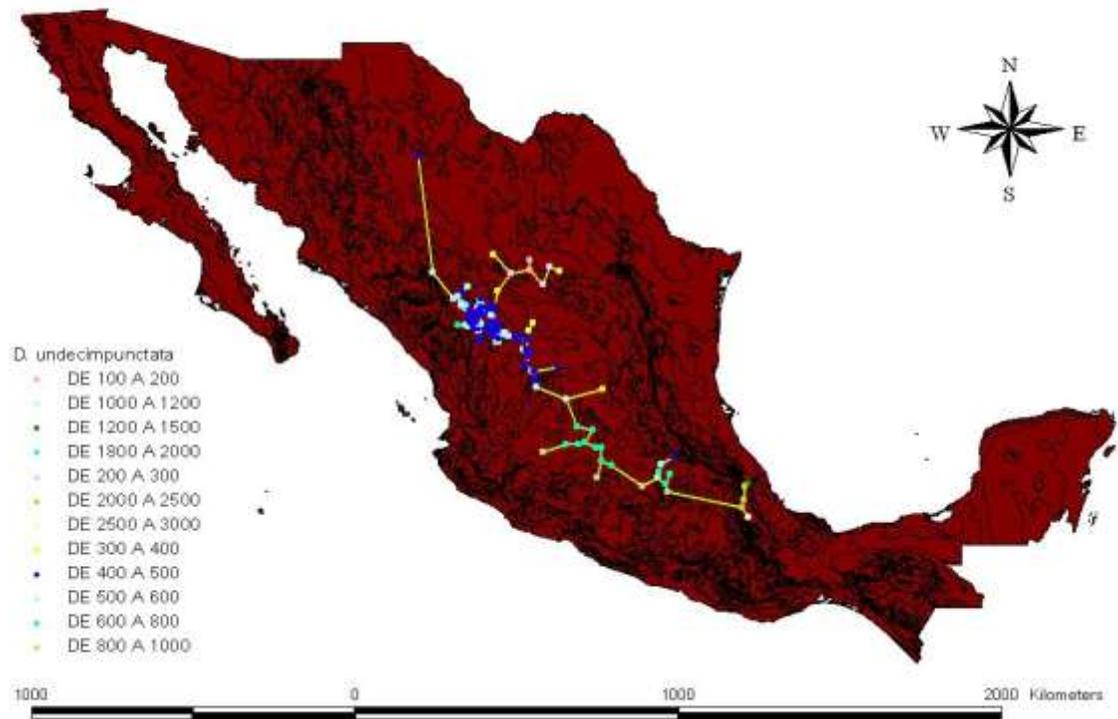


Fig. 14. Precipitación media anual donde habita *D. undecimpunctata*.: a) Mapa, b) Histograma

a)



b)

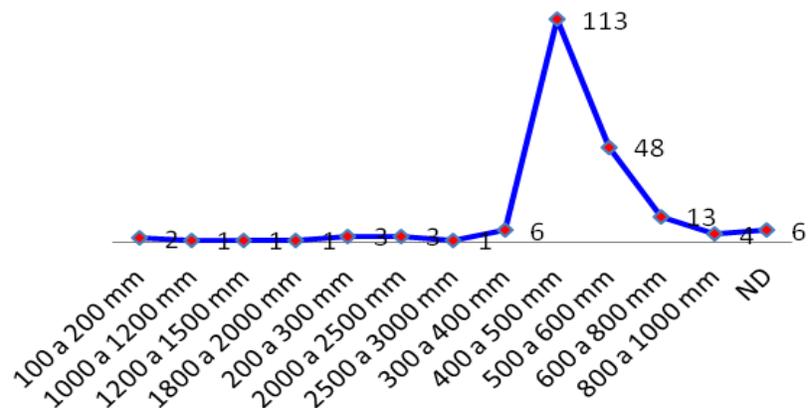


Fig. 15. Precipitación total anual de México en donde habita *D. undecimpunctata*, a) Mapa, b) Histograma

El área de distribución de *D. undecimpunctata* comprende zonas templadas, semicálidas y semifrías (Fig. 16a). El mayor número de las poblaciones registradas se ubican en sitios templados (Fig. 16b), caracterizados por presentar una temperatura media anual superior a 12 °C pero inferior a 18 °C. Actualmente, muy pocos de estos sitios mantienen su vegetación original, la mayoría se han convertido en regiones agrícolas de riego o de temporal (Fig. 17b) y los pastizales le han ganado terreno a los bosques templados (Fig. 17a).

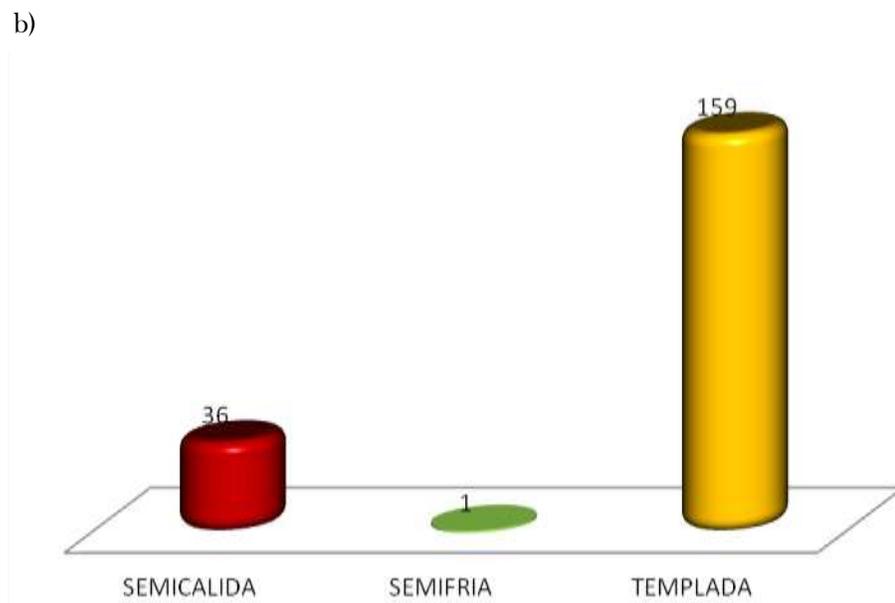
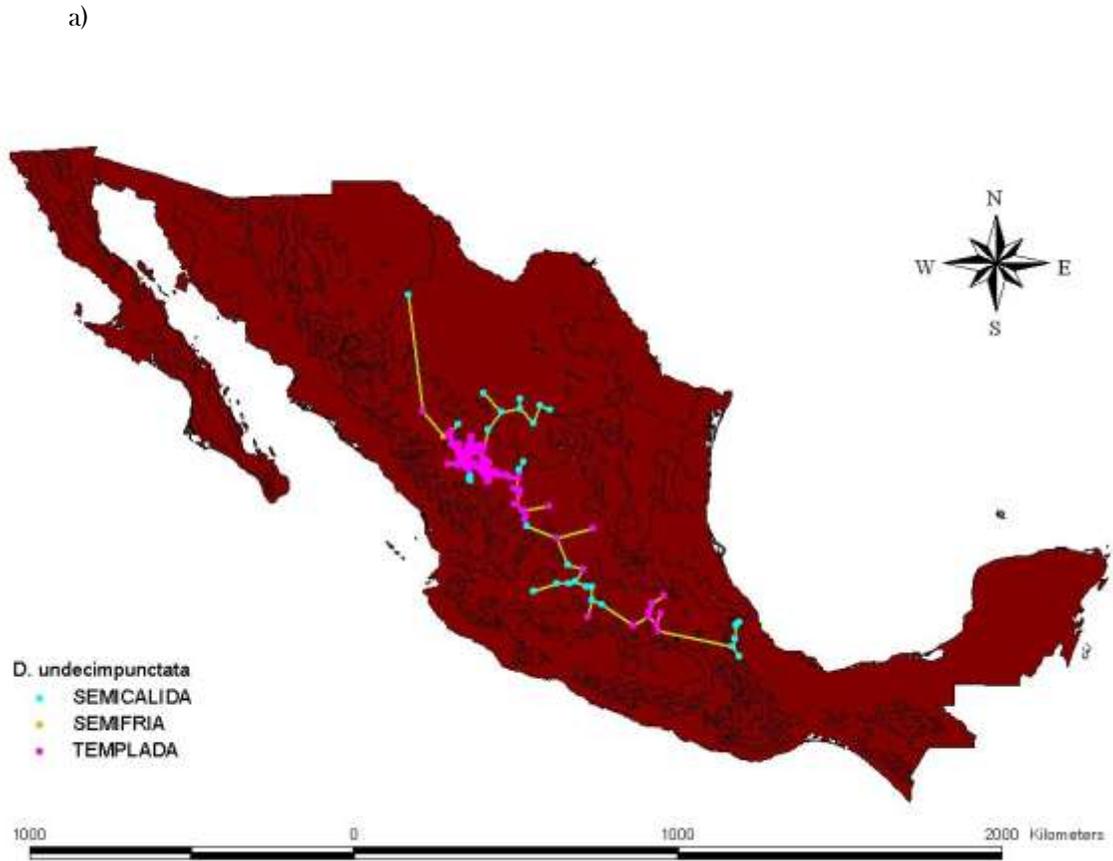


Fig. 16. Temperatura media anual donde habita *D. undecimpunctata*, a) Mapa, b) Histograma

Distribución potencial de *D. undecimpunctata*

A partir de seis mapas con los menores valores de omisión y de acuerdo a las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de *D. undecimpunctata*, el área que puede ocupar esta especie se puede extender considerablemente a todo la zona central del país, desde estados norteños (Durango-Tamaulipas) hasta entidades sureñas como Oaxaca y Chiapas (Fig. 18). La probabilidad más alta corresponde al área azul, la cual comprende todo el Altiplano sur (Zacatecano-Potosino), entre las montañas de la Sierra Madre Occidental (laderas orientales) y la Sierra Madre Oriental (vertiente oeste), hasta el Eje Neovolcánico en su porción centro.

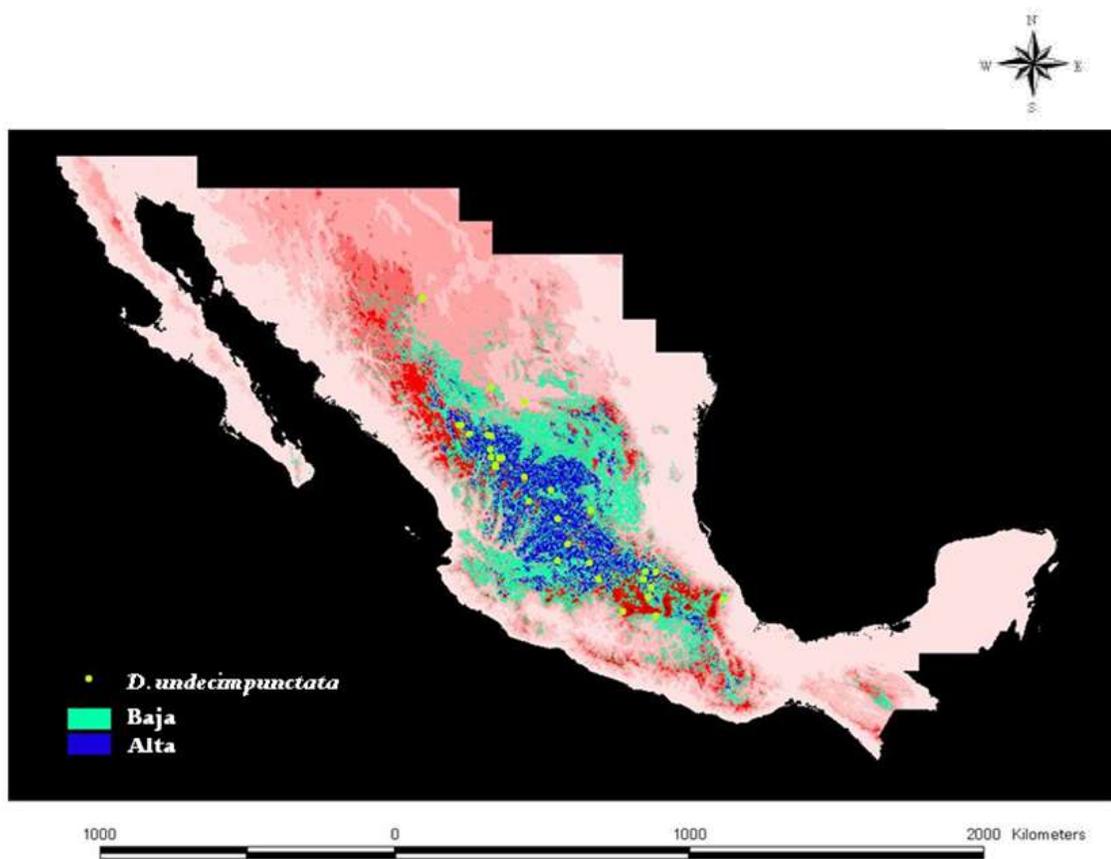


Fig. 18. Distribución potencial de *D. undecimpunctata* en México.

Matriz de confusión (Cuadro 3)

Cuadro3. Matriz de confusión

	Presencias reales	Ausencias reales	Total
Presencias predichas	32	3	35
Ausencias predichas	4	28	32
Total	36	31	67

Valor de sensibilidad = 0.88

Valor de Especificidad = 0.90

Valor de prevalencia = 0.52

Valor del Valor Predictivo Positivo (VPP) = 0.89

Valor del Valor Predictivo Negativo (VPN) = .90

Los valores obtenidos de la sensibilidad, y especificidad indican un bajo error en el modelo para predecir verdaderas presencias (sensibilidad) y verdaderas ausencias (especificidad), ya que los valores obtenidos son cercanos a 1.0, mientras que el VPP indica una alta probabilidad de que el modelo haya predicho presencias, en donde realmente existan presencias, y el VPN de igual manera señala una alta probabilidad de que el modelo marque ausencias en donde realmente existen ausencias (Burgueño, *et al.*, 1995).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Área de distribución actual de *Diabrotica undecimpunctata*

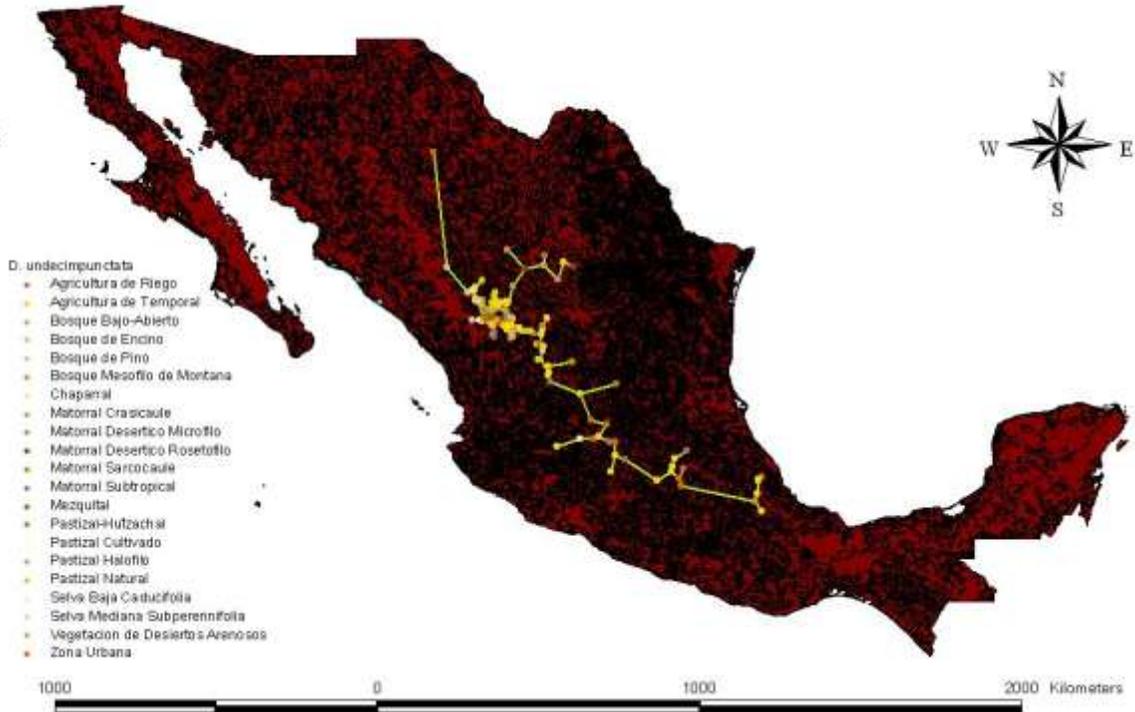
De acuerdo a los resultados obtenidos con los métodos cartográfico y panbiogeográfico, se aprecia que *D. undecimpunctata* ha extendido su área de distribución conforme los ecosistemas naturales mexicanos se han ido modificando, principalmente por la actividad antropogénica. Las áreas en donde se presenta actualmente la especie estaban cubiertas por pastizales, matorrales o bosques templados, especialmente en las provincias biogeográficas del Altiplano y Eje Neovolcánico, los que han tenido una merma en su cobertura de más del 15% (Cuadro 4) (Sánchez *et al.*, 2009).

Cuadro 4. Ecosistemas del Altiplano mexicano, Tomado de Sánchez *et al.*, 2009.

	Potencial (km ²)	Actual (km ²)	% de pérdida
Matorral	600,095	508,958	15.19
Pastizal	162,790	103,159	36.63
Bosques templados	493,556	323,305	26.45

El trazo de *D. undecimpunctata* presenta similitud y coincidencias con los trazos individuales de las especies *Cicindela punctulata* Oliver, *Cicindela obsoleta* Say, *Notiobia brevicollis* (Chaudoir), *Panagaeus sallei* Chaudoir, *Pericompsus longulus* Bates y *Schizogenius depressus* LeConte de la familia Carabidae (Ordoñez Reséndiz, 2006a); *Dectes nigripilus* (Chemsak y Linsley) de la familia Cerambycidae (Toledo y Corona, 2006); *Macrodactylus varipes* Bates de la familia Melolonthidae (Morón, 2006). Asimismo, coincide con los trazos de los géneros *Altica*, *Brachypnoea*, *Chalepus*, *Crioceris*, *Euphrytus*, *Exema*, *Luperus* y *Paria* de Chrysomelidae (Ordoñez Reséndiz, 2006b).

a)



b)

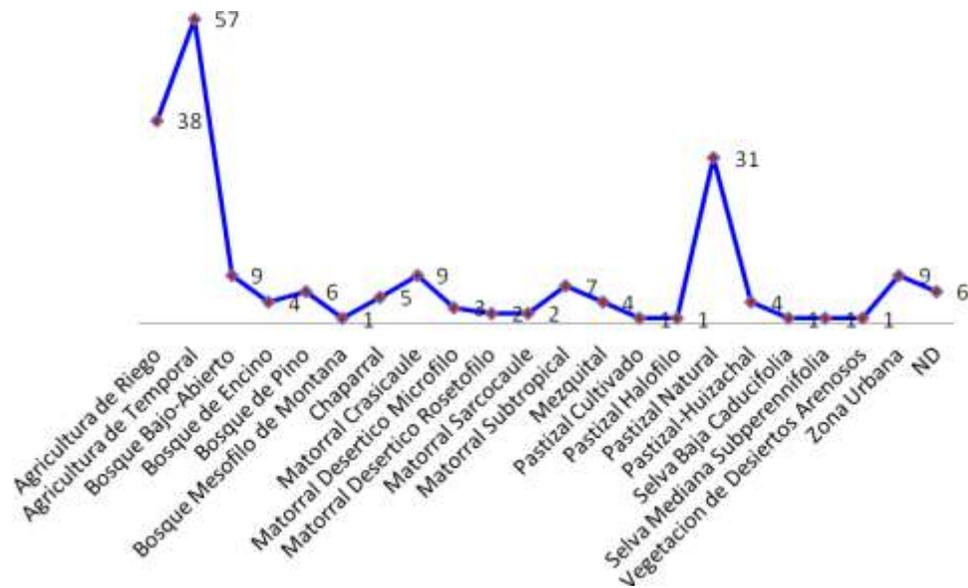


Fig. 17. Uso de suelo y vegetación donde habita *D. undecimpunctata*, a) Mapa, b) Histograma

Por otro lado, el trazo individual de *D. undecimpunctata* se ubica dentro del trazo generalizado obtenido con las distribuciones de *Calligrapha dislocata*, *C. diversa*, *C. fulvilabris*, *C. serpentina*, *Charidotella emarginata*, *Zygogramma conjunta*, *Z. lepidula*, *Z. malvae*, *Z. piceicollis* y *Z. signatipennis*, según comunicación personal de Ordóñez Reséndiz.

Otro aspecto que contribuye de manera importante a la distribución de la especie son las cuencas hidrográficas ya que estas pueden o no representar una barrera física para la distribución de la especie, debido a que las condiciones orográficas y climáticas del país han modelado las cuencas en una gran diversidad de tamaños y formas (Cotler Ávalos, 2010). Las cuencas que aparentemente limitan la distribución de *D. undecimpunctata* son: en el norte un brazo del Río Bravo y en el sur la cuenca del Río Balsas (Fig. 19). Una posible razón de lo anterior obedece a la reducida capacidad de vuelo de la especie (Gómez *et. al.*, 2004).

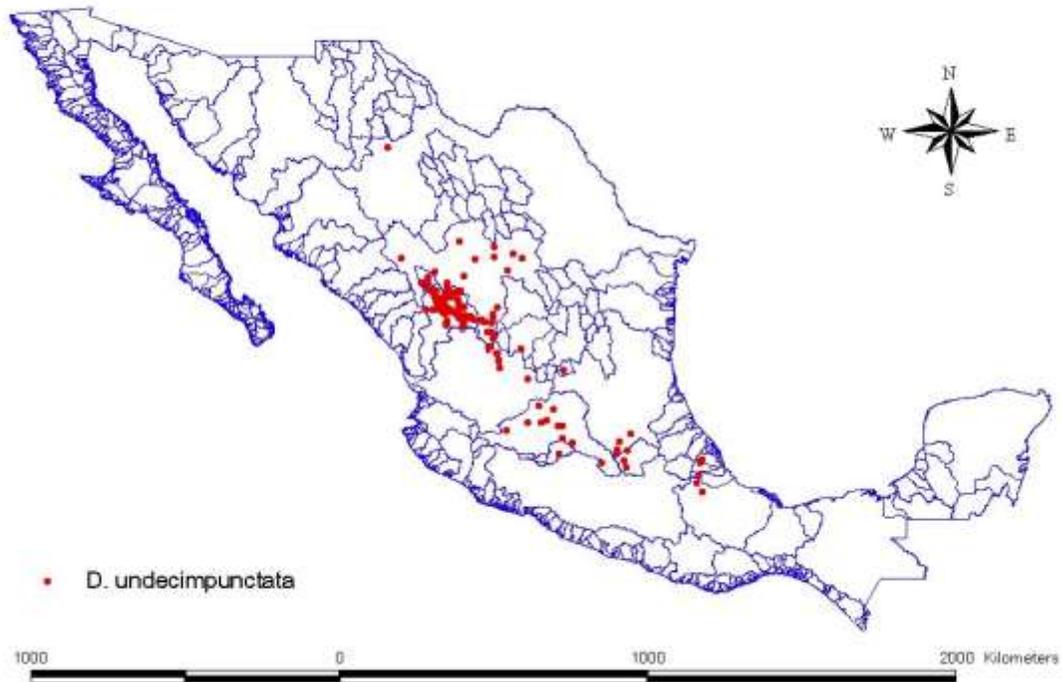


Fig. 19. Distribución de *D. undecimpunctata* sobre la hidrografía de México.

Las especies del género *Diabrotica* han coevolucionado con sus plantas hospederas, especialmente las Cucurbitaceae (Jolivet *et al.*, 1988). *D. undecimpunctata* es una especie polífaga que no sólo se alimenta de cucurbitáceas, su espectro alimentario comprende familias vegetales como Caricaceae (papaya), Fabaceae (cacahuete), Malvaceae (algodón), Poaceae (maíz, sorgo), Solanaceae (jitomate), entre otras (Clark *et al.*, 2004). Esta característica ha favorecido el aumento en sus poblaciones y por tanto en su área de distribución, ya que los sistemas agrícolas han crecido exponencialmente, reemplazando los ecosistemas naturales (Sánchez *et al.*, 2009).

Probablemente *D. undecimpunctata* invadió México desde el norte del continente, aproximadamente hace 11 m.a. ya que la Sierra Madre Occidental se creó durante el Cretácico-Cenozoico (91 a 23.5 ma.), la Sierra Madre Oriental es una cordillera creada a principios del Paleógeno (53 a 59 ma.) (Ferrari *et al.*, 2005; Padilla y Sánchez, 2007) mientras que la Faja Volcánica transmexicana se creó hace aproximadamente 11 ma. durante el Mioceno medio y tardío (Gómez *et al.*, 2005).

La discontinuidad observada en el área de distribución de *D. undecimpunctata* (Fig. 9a,b) puede obedecer a que las cuatro subespecies que conforman este taxón en el territorio nacional, tienen una distribución particular que puede estar superpuesta en algunas zonas. Del total de registros obtenidos (202), sólo se conoce la distribución de *D. undecimpunctata duodecimnotata* (Harold); a partir de los datos de Jacoby (1882-18 a,b) se reconoce esta subespecie desde el norte de México hasta el centro-sur del país, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Distrito Federal, Puebla, Oaxaca y Veracruz. Existen muy pocos datos de poblaciones de *D. undecimpunctata undecimpunctata* Mannerheim, los registros obtenidos provienen del Estado de México y Guanajuato, pero no se puede afirmar que su distribución se limite a estas entidades. La subespecie *D. undecimpunctata howardi* Barber fue registrada en numerosos sitios de Durango y Zacatecas por la M.C. Rebeca Álvarez Zagoya (CIIDIR-Durango), pero no se ha documentado más al sur. De acuerdo con Riley *et al.* (2003), las subespecies *D. undecimpunctata howardi* Barber está presente desde Canadá hasta

Centroamérica y *D. undecimpunctata tenella* (J. L. LeConte) sólo está presente en los estados sureños de Estados Unidos y en México.

Por anterior, se requiere mayor trabajo de campo en el territorio nacional para documentar adecuadamente la distribución de *D. undecimpunctata* y es necesario hacer una revisión taxonómica de todos los ejemplares de la especie para detectar bien la distribución de las subespecies.

Distribución potencial de *D. undecimpunctata*

En la medida en que la vegetación original sea sustituida por cultivos susceptibles de ser consumidos por *D. undecimpunctata*, se corre el riesgo de que esta especie abarque toda el área modelada (Fig. 18) o tal vez más. La robustez del modelo está apoyada por los resultados obtenidos con el programa Maxent, como se observa en la figura 20, el cual junto con GARP es uno de los mejores algoritmos usados para obtener el área de distribución potencial de las especies.

El error del modelo se aprecia al superponer las localidades donde se ha registrado la especie (Fig. 21), ya que un pequeño porcentaje queda excluido del área predicha; sin embargo, se han documentado poblaciones del taxón. De igual forma, es poco probable que su distribución se extienda más allá del Eje Neovolcánico, debido a que *D. undecimpunctata* se desarrolla mejor en un rango altitudinal de 1000 a 2000 m.

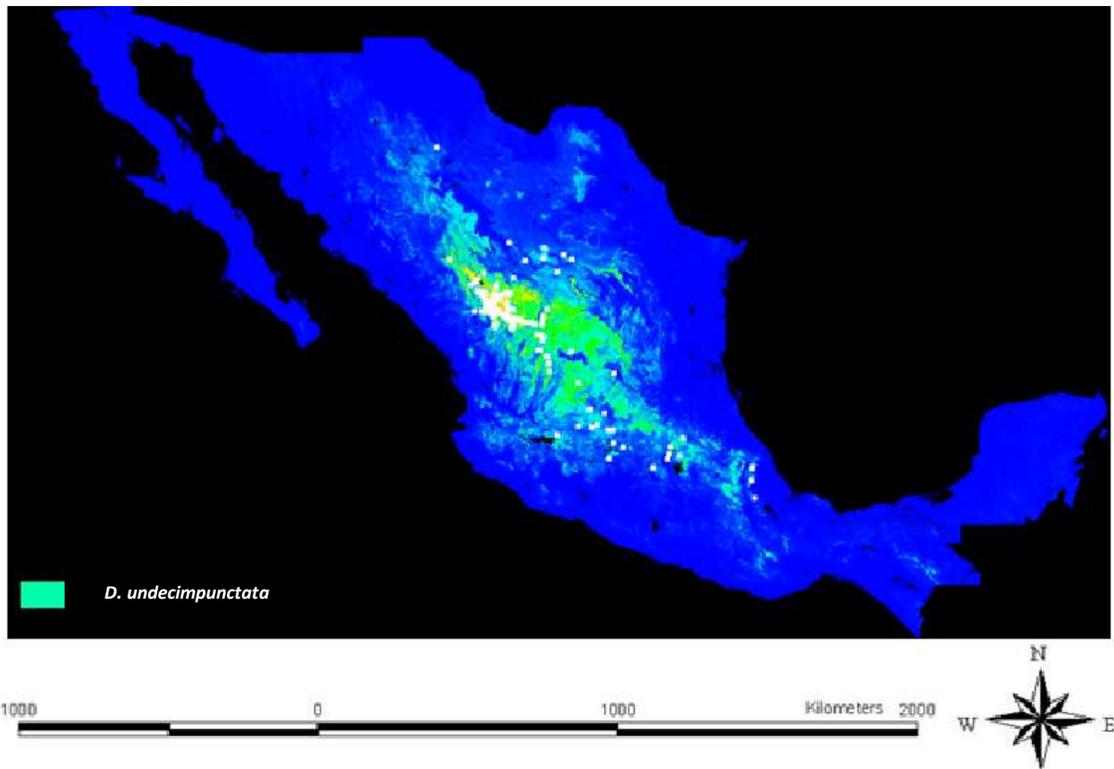


Fig. 20. Mapa de distribución potencial generado con el programa Maxent

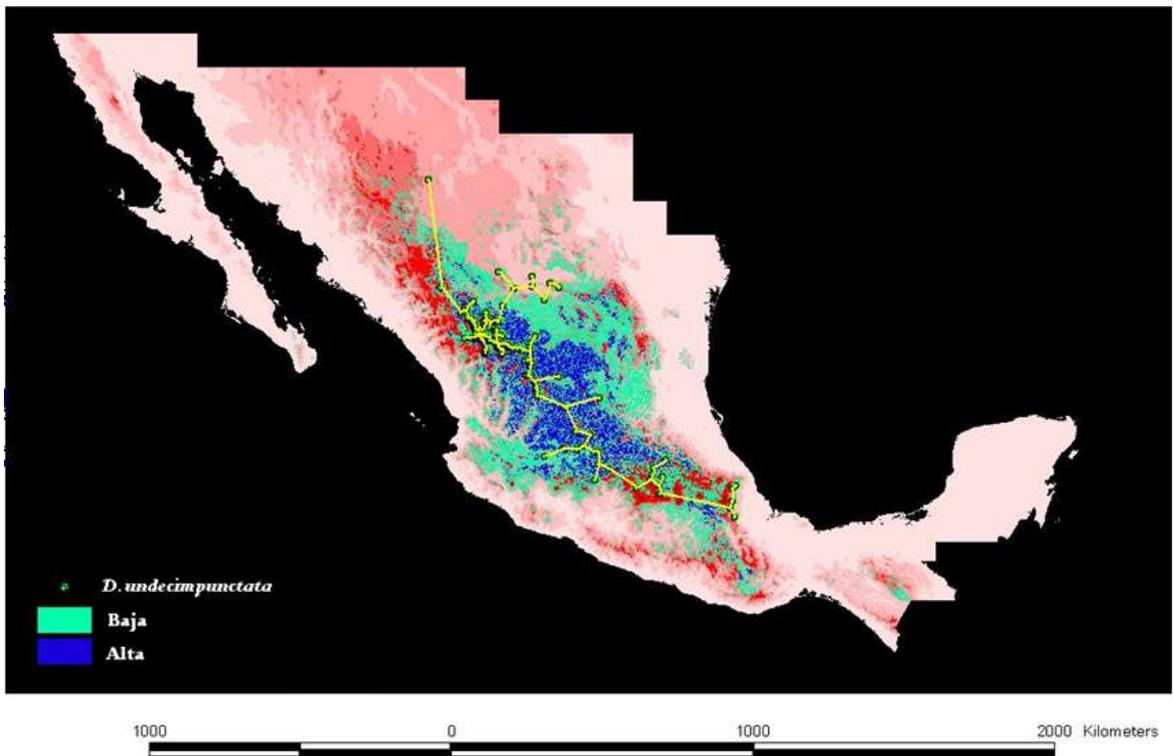


Fig. 21. Predicción potencial y trazo individual de *D. undecimpunctata*

CONCLUSIONES

Diabrotica undecimpunctata habita un área fragmentada principalmente en la región Neártica, desde la parte noroeste del Altiplano Mexicano hasta la zona centro-este de la Faja Volcánica Transmexicana. Hasta el momento, se ha detectado que Durango, Guanajuato, México y Zacatecas son los estados con mayor número de registros de la especie.

En el territorio nacional, *D. undecimpunctata* se desarrolla mejor en altitudes entre 1000 y 2000 m, en climas semiáridos templados, con precipitación media anual entre 400 y 600 mm, y en suelos de tipo xerosol de textura media.

Potencialmente, *D. undecimpunctata* podrá habitar gran parte de las provincias biogeográficas del Altiplano sur (Zacatecano-Potosino), Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico. En menor proporción se puede extender a las provincias Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, Oaxaca y Altos de Chiapas.

RECOMENDACIONES

Para evitar que *Diabrotica undecimpunctata* se convierta en plaga en las áreas en predichas se recomienda tomar acciones precautorias como el barbecho después de la cosecha ya que ayuda a destruir los estadios inmaduros (larvas y pupas), rotación de cultivos, laboreo del suelo y la introducir plantas resistentes genéticamente modificadas, en caso de que la especie ya encuentre en las cosechas, se puede aplicar el control biológico, como la introducción de la larva de la mosca *Celaforia diabroticae* (Trachinidae) que parasita a los adultos del género *Diabrotica*, así mismo las especies de chinches *Zelus redivivis* y *Sinea* sp. que se alimentan del escarabajo adulto (Romero, 2004).

LITERATURA CITADA

- Anderson, R. P., D. Lew y A. T. Peterson.** 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*. 162:211-232.
- Bahena, J. F.** 2008. *Enemigos naturales de las Plagas Agrícolas. Del maíz y otros cultivos.* Libro Técnico Núm. 5. SAGARPA-INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 174 p.
- Bautista, M. N.** 2006. *Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación.* Colegio de Postgraduados. Estado de México. 111 p.
- Brotons, L., W. Thuiller, M. B. Araújo y A. H. Hirzel.** 2004. Presence-absence versus presence-only modeling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*. 27:437-448.
- Brown, J. H.** 1995. *Macroecology.* University of Chicago Press, Chicago. USA. 284p.
- Burgueño, M. J., J. L. García Bastos y J. M. González Buitrago.** 1995. Curvas ROC en la evaluación de las pruebas diagnósticas. *Medicina clínica*, 104: 661-670.
- Calixto Pérez, E.** 2009. Dinámica de la distribución geográfica de *Oryzomys couesi* y *Otolyomy sphyllotis* resultado del cambio climático. Tesis de Licenciatura. (Biólogo) UNAM. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México, D.F.
- Carpenter, G., A. N. Gillison y J. Winter.** 1993. DOMAIN: a flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation*. 2:667-680.
- Cervantes Mayagoitia, J. F., J. R. Lomeli Flores, R. A. Terrón Sierra y S. Rodríguez Navarro.** 2003. *Fundamentos de Control Biológico en México.* UAM Xochimilco. México, D.F. 226 p.
- Cibrián Tovar, D., J. T. Méndez Montiel, R. Campos Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores Lara.** 1995. *Insectos forestales de México.* Universidad Autónoma de México, Estado de México, D.F. 453 p.
- Clark, S. M., D. G. LeDoux, T. N. Seeno, E. G. Riley, A. J. Gilbert y J. M. Sullivan.** 2004. *Host plants of leaf beetles species occurring in the United States and Canada.*

(Coleoptera: Megalopodidae, Orsodacnidae, Chrysomelidae, excluding Bruchinae). *Coleopterists Society, Special Publication*. 2,476 p.

CONABIO, 2011. Disponible en línea en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Contreras Medina, R. y H. Eliosa León. 2001. Una visión panbiogeográfica preliminar de México. 197-212 pp. En: Llorente Busquets J. y J. J. Morrone (Eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. UNAM. México, D.F.

Corona, A. M., R. Acosta y Morrone J. J. 2006. Estudios Biogeográficos en insectos de la Zona de Transición Mexicana. 71-87 pp. En: Morrone J. J. y J. Llorente Bousquets (Eds.) *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana*, Las prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.

Cotler Ávalos, H. 2010. *Las cuencas hidrográficas de México, Diagnóstico y Priorización*. Pluralia. Mexico D.F. 231 p.

Coto, D. y J. L. Saunders. 2004. *Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Universidad EARTH, Guámico. 400 p.

Defagó de Pecchioni, M. T., N. Cabrera, S. M. Laguzzi y C. R. Novarai. 2000. Sistemática, Morfología, e Fisiología: Aspectos Morfológicos y poblacionales de *Diabrotica speciosaspeciosa* (Germar) (Coleoptera:Chrysomelidae) en condiciones de laboratorio. *An. Soc. Entomo.*, Brasil. 29 (2):285-294.

Enkerlin Schallenmueller, D. 1950. Estudio Biológico sobre *Diabrotica duodecimpunctata*. (Fab) (coleptera, Chrysomelidae) y su importancia para la agricultura. Tesis de Licenciatura (Biologo) UNAM. Facultad de Ciencias. México, D.F.

Escalante T., G. Rodríguez, N. Gámez, L. León Paniagua, O. Barrera y V. Sánchez. 2007. Biogeografía y conservación de los mamíferos. 485-502 pp. Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (Eds.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*, UNAM. México, D.F.

Espinosa Organista, D., J. J. Morrone, J. Llorente y O. Flores. 2002. *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. Las Prensas de Ciencias. UNAM. México, D.F. 121 p.

- Espinosa, D. y J. Llorente. 1993.** *Fundamentos de Biogeografías Filogenéticas*. CONABIO-UNAM. México, D.F. 133 p.
- Ferrari, L., M. Valencia Moreno y S. Bryan. 2005.** Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Oriental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 3:343-378.
- García Leños, M. L. y A. Marín Jarrillo. 2010.** Plagas del suelo en Guanajuato. 299-311 pp. En: Rodríguez Del Bosque, L. A. y M. Morrón (Eds.). *Plagas del suelo*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F.
- García Marmolejo, G., T. Escalante y J. J. Morrone. 2008.** Establecimiento de prioridades para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México. *Mastozoología Neotropical*. 15(1):41-65.
- Gómez Tuena, A., M. T. Orozco Esquivel y E. Luca Ferrari. 2005.** Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 3:227-283.
- Gómez Zurita, J., J. Pons y Petitpierre. 2004.** The evolutionary origin of a novel karyotype in *Timarcha* (Coleoptera, Chrysomelidae) and general trends of chromosome evolution in the genus. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 42: 332-341.
- Guisan, A. y W. Thuiller. 2005.** Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*. 8:993-1009.
- Halffter, G. 2006.** Biogeografía de la entomofauna de montaña de México y América Central. 1-21 pp. En: Morrone, J.J. Y J. Llorente Bousquets (Eds.), *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana*, Las Prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Jacoby, M. 1880-1892a.** Insecta Coleoptera. Phytophaga (part.). Volumen VI, Part 1. Electronic Biología Centrali-Americana.
http://www.sil.si.edu/digitalcollections/bca/navigation/bca_12_06_01/bca_12_06_01select.cfm .
- Jacoby, M. 1880-1892b.** Insecta Coleoptera. Phytophaga (part). Volume VI, Part 1 (Supp.). Electronic Biología Centrali-Americana.

http://www.sil.si.edu/digitalcollections/bca/navigation/bca_12_06_01s/bca_12_06_01s_select.cfm.

- Llorente Bousquets, J. 2006.** Biogeografía de artrópodos de México: ¿Hacia un nuevo enfoque?. 23-47 pp. En: Morrone, J.J. y J. Llorente Bousquets (Eds.) *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana*, Las Prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Llorente, J., J. J. Morrone, A. Bueno, R. Pérez, A. Vilaria y D. Espinosa. 2000.** Historia del desarrollo y la recepción de las ideas Panbiogeográficas de León Croizat. *Rev. Acad. Colom. Cien.* 24(93):549-577.
- Luna Vega, I. 2008.** Aplicaciones de la biogeografía histórica a la distribución de las plantas mexicanas. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 79:217-241.
- Luna Vega, I., O. Alcantara Ayala, J. J. Morrone y D. Espinosa Organista. 2000.** Track analysis and conservation priorities in the cloud forest of Hidalgo, México. *Diversity and Distribution.* 6, 137-143.
- Márquez, J. y J. Asaiain. 2006.** Patrones de distribución de la familia Staphylinidae (Coleoptera). 157-239 pp. En: Morrone, J.J. y J. Llorente Bousquets (Eds.), *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana*, Las prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Márquez, J. y J. J. Morrone. 2003.** Análisis panbiogeográfico de las especies de *Heterolinus* y *Homalolinus* (Coleoptera: Staphylinidae:Xantholinini). *Acta Zoologica Mexicana.* Instituto de Ecología A.C. 090:15-25.
- Martínez Meyer, E. 2005.** Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species' potential distributions. *Biodiversity informatics.* 42-45.
- Menon, S., Z. Islam, J. Soberon y A. Townsend Peterson. 2008.** Preliminary Analysis of the Ecology and Geography of the Asian Nuthatches (Aves:Sittidae). *The Wilson Journal of Ornithology.* 120(4):692-699.
- Milesi, F. A. y J. De Casenave. 2005.** El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecología Austral.* 15:131-148.
- Morón, M. Á. 2006.** Patrones de distribución de la familia Melolontidae (Coleoptera), 295-331 pp. En: Morrone, J.J. y Llorente Bousquets (Eds.), *Componentes Bióticos*

Principales de la Entomofauna Mexicana, Las prensas de las ciencias, UNAM, México, D.F.

- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1988.** *Entomología práctica: una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, médica, forestal y ecológica de México.* Instituto de Ecología. México, D.F. 504 p.
- Morrone, J. J. 2000.** Entre el escarnio y el encomio: León Croizat y la panbiogeografía. *Interciencia.* 25 (1):41-47.
- Nágera Rincón, M. B., y T. A. Jackson. 2010.** Interacciones bióticas y abióticas entre plagas del suelo y entomopatógenos. 97-118 pp. En: Rodríguez Del Bosque L. A. y M. Morrón (Eds.). *Plagas del suelo.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F.
- Naoki, K., M. I. Gómez, R. P. López, R. I. Meneses y J. Vargas. 2006.** Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia.* 41(1):65-78.
- Ordóñez Reséndiz, M. M. 2006 a.** Patrones de distribución de la familia Carabidae (Coleoptera). 93-152 pp. En: Morrone, J. J. y J. Llorente Bousquets (Eds.), *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana,* Las prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Ordóñez Resendiz, M. M. 2006 b.** Patrones de distribución de la familia Carabidae (Coloptera). 93-152 pp. En: Morrone, J.J. y Llorente Bousquets (Eds.), *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana,* Las prensas de las ciencias, UNAM, México, D.F.
- Ordóñez Reséndiz, M. M. 2008.** Crisomelidos (Coleopteros). En: Ocegueda, S. y J. Llorente-Busquets (coords.). Catálogo taxonómico de especies de México, en *Capital natural de México,* vol. I. CONABIO. México.
- Ordóñez Reséndiz, M. M. y M. Á. Eligio García. 2006.** Patrones de Distribución de la familia Chrysomelidae (Coleoptera). 475-514 pp. En: Morrone, J. J. y Llorente Bousquets (Eds.), *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana,* Las Prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.

- Ortega Huerta, M. A. y A. T. Peterson. 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*. 79:205-216.
- Padilla y Sánchez, R. J. 2007. Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 1:1942.
- Parra Olea, G., E. Martínez Meyer y G. Pérez Ponce de León. 2005. Forecasting Climate Change Effects on Salamandra Distribution in the Highlands of Central México. *Biotropica*. 37:202-208.
- Pérez Domínguez, J. L., M. L. García Leños, R. Álvarez Zagoya y L. A. Rodríguez Del Bosque. 2010. "Diabroticas" como plagas del suelo. 361-369 pp. En: Rodríguez Del Bosque L. A. y M. Morrón (Eds.). *Plagas del suelo*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F.
- Peterson, A. T. y R. D. Holt. 2003. Niche differentiation in Mexican birds: using point occurrences to detect ecological innovation. *Ecology Letters*.6:774-782.
- Peterson, A. T., C. Martínez Campos, Y. Nakazawa y E. Martínez Meyer. 2005. Time-specific ecological niche modeling predicts spatial dynamics of vector insects and human dengue cases. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 99:647-655.
- Plissock, P. y T. Fuentes Castillo. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y el en espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoque disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*. 48:61-79.
- Quijano Carranza, J. A., J. López Collado, L. A. Rodríguez del Bosque, M. I. Hernández Zul y V. Palacios Corona. 2010. Modelos de Simulación. 125-145 pp. En: Rodríguez del Bosque L. A. y Morón M. A. (Eds.). *Plagas del suelo*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F.
- Ramos Vizcaino, I., S. Guerrero Vázquez y F. M. Huerta Martínez. 2007. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos de Jalisco, México. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*. 78:175-189.
- Rapoport, E. H. y J. A. Monjeau. 2003. Areografía. 23-31 pp. En: Llorente Bousquets, J. y J. Morrone (Eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías,*

- Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Riley, E. G., S. M. Clark y T. N. Seeño. 2003. *Catalogo of the leaf beteles of America north of México: (Coleoptera: Megalopodidae, Orsodacnide and Chrysomelidae, excluding Bruchinae)*. Coleopterists Society. 290 p.
- Rodríguez del Bosque, L. A. y Morón M. A. 2010. *Plagas del suelo*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F. 417 p.
- Rojas Parra, C. A., I. C. Poveda Matallana, A. Prieto Cruz, A. Rudas Lleras y M. A. Luis Martínez. 2003. 123-132 pp. El tamaño de celda en análisis de patrones espaciales de la biodiversidad utilizando sistemas de información geográfica: ¿Un problema de escala?. En Morrone, J.J., J. Llorente Bousquets (Eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. CONABIO-UNAM. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y Orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14:3-21.
- Sánchez Colón, S., A. Flores Martínez, I. A. Cruz Leyva y A. Velázquez. 2009. 75-129 pp. Estado de transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En: Soberón, J., G. Halffter y J Lorente Bousquets. *Capital Natural de México*, vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. México, D.F.
- Sánchez Cordero, V., V. Cirelli, M. Munguia y S. Sarkar. 2005. Place Prioritization for biodiversity representation using species' Ecological Niche Modeling. *Biodiversityinformatics*.2:11-23.
- Sánchez, V. G. y A. Vela. 1982. Ciclo Biológico de *Diabrotica 10-punctata sparsella* Bechyné (Coleoptera:Chrysomelidae). *Revista peruana de entomología*. 25 (1):11-16.
- Scachetti Pereira, R. 2007. DesktopGARP Versión 1.1.6. Disponible en <http://nhm.ku.edu/desktopgarp/index.html>
- Seeño, T.N. y J.A. Wilcox. 1982. Leaf beetle genera (Coleoptera: Chrysomelidae). *Entomography*, 1: 1-221.
- Soberón, J. y T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species` distributional areas. *BiodiversityInformatics*. 1-10 pp.

Toledo V. H. y A. M. Corona. 2006. Patrones de distribución de la familia Cerambycidae (Coleoptera), 425-474 pp. En: Morrone, J.J. y j. Lorente Bousquets (Eds.), Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana, Las prensas de las ciencias, UNAM, México, D.F.

Villaseñor, J. S. y O. Téllez. 2004. Distribución potencial de las especies del genero *Jefea* (Asteraceae) en México. *Serie Botánica*. 75 (2):205-220.

Zunino, M. y A. Zullini. 2003. *Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución*. Fondo de cultura económica. 359 p.