

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM

ESCORPIOFAUNA DEL ESTADO DE MEXICO

TESIS

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

Presenta

EDMUNDO GONZALEZ SANTILLAN

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. TILA MARIA PEREZ ORTIZ

MEXICO, D. F.

JUNIO 2004



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.



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de la Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 26 de abril del 2004, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática) del alumno(a) **González Santillán Edmundo**, con número de cuenta 90240786, con la tesis titulada: "**Escorpiofauna del Estado de México**", bajo la dirección del(a) **Dra. Tila María Pérez Ortiz**.

Presidente:	Dr. Jorge Enrique Llorente Bousquets
Vocal:	Dr. Enrique Martínez Meyer
Secretario:	Dra. Tila María Pérez Ortiz
Suplente:	Dr. Joaquín Bueno Soria
Suplente:	Dr. Oscar Federico Francke Ballve

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 06 de mayo de 2004.

Dr. Juan José Morrone Lupi
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

RECONOCIMIENTOS

A:

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar una beca-crédito de manutención por el tiempo en el que realicé mis estudios de posgrado.

La Dirección General de Estudios de Posgrado (DEGP) por otorgar una beca complemento de manutención por el tiempo en el que realicé mis estudios de posgrado y por otorgar apoyo económico para realizar una estancia de investigación de dos semanas en West Texas A&M University, Canyon Texas, EUA.

Mi comité tutorial

Dra. Tila María Pérez Ortiz

Dr. Jorge Enrique Llorente Bousquets

Dr. Joaquín Bueno Soria

Quienes me asesoraron en la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A:

La Dra. Tila María Pérez, por permitirme utilizar una parte de su valioso espacio y tiempo.

El Dr. Oscar Francke, por ofrecerme lo mejor de lo que sabe, pidiendo sólo lo justo, resultados excelentes. Por ofrecerme más de lo que un amigo puede obsequiar y enseñarme a ser un científico objetivo y una persona práctica. Por su ayuda y enseñanza en el campo.

La Biól. Ofelia Delgado, la mujer que más amo en el mundo, por apoyarme física, moral y anímicamente en todas las etapas del desarrollo de este trabajo, por soportar mi terrible carácter, por ayudarme con la estructuración de este trabajo y con las ilustraciones, por ser ella misma y porque la amo.

El Dr. David Sissom y su familia, por recibirme en su hogar y hacer posible la revisión de ejemplares de cuatro colecciones extranjeras.

El Dr. Lorenzo Prendini, por revisar y comentar críticamente este trabajo.

La Dra. Claudia Moreno por su amable ayuda con los modelos predictivos de riqueza de especies.

El Dr. Enrique Martínez-Meyer por su apoyo en la elaboración de los modelos potenciales de distribución.

A mi amigo y compañero de campo, intrépido Sergio Reynaud.

A los demás amigos y sobrinos que participaron en el campo.

A todas las personas que directa e indirectamente influyeron y enriquecieron este trabajo.

DEDICATORIA

A :

Mi esposa Ofe, a mi madre, a mi amado padre donde queira que se encuentre, hermanas y hermanos, sobrinas y sobrinos, todos mis amigos de la facultad, compañeros de laboratorio presentes y ausentes, amigos del IBUNAM, amigos escorpionólogos de la capital, del interior de la república y extranjeros.

ÍNDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1. ESTUDIOS DE LA ESCORPIOFAUNA DE MÉXICO	4
3.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESCORPIONES DE MÉXICO	8
3.3. HÁBITATS Y ECOMORFOTIPOS	9
3.4. ECOLOGÍA TRÓFICA Y REPRODUCTIVA	15
4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	16
4.1. UBICACIÓN	16
4.2. FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA	17
4.3. CLIMAS	22
4.4. VEGETACIÓN	24
5. MATERIALES Y MÉTODO	28
5.1. COLECCIONES Y RECOLECTAS	28
5.2. MÉTODOS PARA ESTIMAR LA RIQUEZA DE ESPECIES	30
5.2.1. Modelos de función de acumulación de especies	31
5.2.2. Modelos no paramétricos	33
5.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES Y ‘GARP’	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
6.1. MATERIAL DE MUSEOS	38
6.2. MATERIAL RECOLECTADO	43
6.3. TIPOS DE VEGETACIÓN EXPLORADOS Y ECOMORFOTIPOS	46
6.4. ESPECIES ENCONTRADAS Y SU ABUNDANCIA RELATIVA	50
6.5. ANÁLISIS DE DIVERSIDAD	54

6.5.1. Modelos de acumulación de especies	54
6.5.2. Modelos no paramétricos	61
6.5.3. Diversidad del Estado de México comparada con la de otros estados	71
6.6. ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN	74
6.6.1. Mapas de distribución	74
6.6.2. Modelos de distribución potencial	82
7. LISTA DE ESPECIES COMENTADA	96
8. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN	112
8.1. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS Y GÉNEROS	112
8.2. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE <i>Centruroides</i> , BASADA EN EJEMPLARES ADULTOS	113
8.3. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE <i>Diplocentrus</i> , BASADA EN EJEMPLARES ADULTOS	114
8.4. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE <i>Vaejovis</i> , BASADA EN EJEMPLARES ADULTOS	116
9. CONCLUSIONES	126
10. REFERENCIAS	128

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURAS	Paginas
Figura 1. Asociaciones vegetales (según Rzedowski 1978) y hábitats potenciales que se pueden explorar en la provincia del Altiplano Sur	12
Figura 2. Asociaciones vegetales (según Rzedowski 1978) y hábitats potenciales que se pueden explorar en la provincia del Eje Neovolcánico	13
Figura 3. Asociaciones vegetales (según Rzedowski 1978) y hábitats potenciales que se pueden explorar en la provincia de la Depresión del Balsas	14
Figura 4. Ubicación del área de estudio en el territorio nacional	16
Figura 5. Regiones fisiográficas según Ferrusquía-Villafranca (modificado de INEGI 2001a)	20
Figura 6. Mapa del Estado de México mostrando orografía y los puntos más altos del estado en tonos oscuros (INEGI 2001b)	21
Figura 7. Mapa del Estado de México mostrando tipos de climas (modificado de INEGI 2001a)	23
Figura 8. Mapa del Estado de México mostrando los principales tipos de vegetación (modificado de INEGI 2001a)	27
Figura 9. Abundancia relativa de las especies y número de localidades para cada una	52
Figura 10. Comportamiento del modelo lineal analizado con localidades. En esta y en las próximas seis figuras los círculos representan los datos originales en orden aleatorio y las líneas el ajuste con cada modelo	58
Figura 11. Comportamiento del modelo de dependencia lineal analizado con días	58
Figura 12. Comportamiento del modelo logarítmico analizado con localidades	59
Figura 13. Comportamiento del modelo logarítmico analizado con días	59
Figura 14. Comportamiento del modelo de ecuación de Clench analizado con localidades	60

Figura 15. Comportamiento del modelo de ecuación de Clench analizado con días	60
Figura 16. Curvas ajustadas con esfuerzo de recolecta localidades por dos personas, la abreviatura "Sobs" representa los datos originales en orden aleatorio	65
Figura 17. Curva de ACE con localidades por dos personas y desviación estándar	65
Figura 18. Curva de ICE con localidades por dos personas y desviación estándar	65
Figura 19. Curva de Chao 1 con localidades por dos personas y desviación estándar	66
Figura 20. Curva de Chao 2 con localidades por dos personas y desviación estándar	66
Figura 21. Curva de Jack 1 con localidades por dos personas y desviación estándar	66
Figura 22. Curva de Jack 2 con localidades por dos personas y desviación estándar	67
Figura 23. Curva de Bootstrap con localidades por dos personas y desviación estándar	67
Figura 24. Curvas de MMMean, MMRuns y Cole con localidades por dos personas	67
Figura 25. Curvas ajustadas con días de recolecta por dos personas la abreviatura "Sobs" representa los datos originales en orden aleatorio	68
Figura 26. Curva de ACE con días de recolecta por dos personas y desviación estándar	68
Figura 27. Curva de ICE con días de recolecta por dos personas y desviación estándar	68
Figura 28. Curva de Chao 1 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar	69
Figura 29. Curva de Chao 2 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar	69
Figura 30. Curva de Jack 1 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar	69

- Figura 31.** Curva de Jack 2 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar 70
- Figura 32.** Curva de Bootstrap con días de recolecta por dos personas y desviación estándar 70
- Figura 33.** Curvas de MMMean, MMRuns y Cole ajustadas con días de recolecta por dos personas 70
- Figura 34.** Riqueza de especies por estado presentes en México según González-Santillán (2003a); para el Estado de México se muestra en color amarillo los datos de diversidad de Fet *et al.* (2000) y Lourenço & Sissom (2000); en anaranjado los datos de la riqueza de especies registrada por González-Santillán (2001) y en marrón la riqueza encontrada en este trabajo 73
- Figura 35.** Mapa del Estado de México con los registros de todas las especies. Estrellas azules colecciones y estrellas rojas recolecta. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). **A.** Altiplano Sur, **B.** Eje Neovolcánico, **C.** Depresión del Balsas 76
- Figura 36.** Distribución de *Centruroides*. Círculos *C. limpidus limpidus* y estrella *Centruroides* sp. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). **A.** Altiplano Sur, **B.** Eje Neovolcánico, **C.** Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas. 77
- Figura 37.** Distribución de las especies de *Diplocentrus*. Triángulos *D. coylei*, cuadros *D. silanesi*, círculos *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* y estrella *Diplocentrus* aff. *coylei*. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). **A.** Altiplano Sur, **B.** Eje Neovolcánico, **C.** Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas. 78
- Figura 38.** Distribución de las especies de *Vaejovis* pertenecientes al grupo *eusthenura*. Cuadros *V. p. punctatus*, círculos *V. variegatus* y estrella *Vaejovis* sp. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). **A.** Altiplano Sur, **B.** Eje Neovolcánico, **C.** Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas 79
- Figura 39.** Distribución de las especies del grupo *mexicanus* de *Vaejovis*. Círculos *V. pusillus*, cuadros *V. m. mexicanus* y triángulos *V. granulatus*. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). **A.** Altiplano Sur, **B.** Eje Neovolcánico, **C.** Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas 80

- Figura 40.** Distribución de las especies de *Vaejovis* del grupo *nitidulus* y del grupo *intrepidus*. Cuadros *V. kochi*, círculos *V. nigrescens*, triángulo *V. nitidulus*, pentágonos *V. curvidigitus* y estrellas *V. intrepidus cristimanus*. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). **A.** Altiplano Sur, **B.** Eje Neovolcánico, **C.** Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas **81**
- Figura 41.** Modelo de distribución de *C. l. limpidus* donde se muestran las barreras geográficas más importantes que limitan su distribución: al norte el Eje Neovolcánico, representado por la línea más gruesa y al sur la ribera del río Balsas y sus afluentes, representado por las líneas más delgadas **86**
- Figura 42.** Modelo de distribución de *V. variegatus*, donde se muestran las barreras geográficas más importantes que limitan su distribución: al norte el Eje Neovolcánico, representado por la línea más gruesa y al sur la ribera del río Balsas y sus afluentes, representado por las líneas más delgadas **87**
- Figura 43.** Modelo de distribución de *V. m. mexicanus* donde se ilustran las áreas que limitan su distribución representados por los números: 1. La sierra de Mil Cumbres, 2. El Nevado de Toluca, 3. La sierra de las Cruces, 4. La sierra Ajusco-Chichinautzin, 5. La Sierra Nevada, y 6. La zona de los grandes lagos del Valle de México. **88**
- Figura 44.** Modelo de distribución de *V. pusillus* donde se muestran las regiones fisiográficas según Ferrusquía-Villafranca (1993), representadas por las líneas más gruesas. El área en donde se distribuye esta especie es la Depresión del Balsas **89**
- Figura 45.** Modelo de distribución de *D. silanesi*, donde se muestra que el Eje Neovolcánico, representado por las líneas más gruesas, limita la distribución de esta especie al norte **90**
- Figura 46.** Modelo de distribución de *V. intrepidus cristimanus*, donde se muestra que el Eje Neovolcánico, representado por las líneas más gruesas, limita la distribución de esta especie al norte **91**
- Figura 47.** Aspecto ventral de la patela del pedipalpo de: **A.** *V. curvidigitus* tres tricobotrias y **B.** *C. l. limpidus* mostrando la ausencia de tricobotrias **119**
- Figura 48.** Aspecto ventral de la parte media del cuerpo de: **A.** *V. curvidigitus* mostrando el esternón de forma pentagonal y **B.** *C. l. limpidus* mostrando el esternón de forma triangular **119**
- Figura 49.** Aspecto lateral del telson de: **A.** *D. coylei* mostrando el tubérculo subaculear bien desarrollado con microsedas; **B.** *V. curvidigitus* mostrando el tubérculo subaculear ausente y **C.** *C. l. limpidus* mostrando un tubérculo subaculear poco desarrollado **120**

- Figura 50.** Aspecto del caparazón de: A. *C. l. limpidus* mostrando las crestas superciliares lisas y la escultura general del caparazón y B. *Centruroides* sp. mostrando las crestas superciliares granuladas y la escultura general del caparazón 121
- Figura 51.** Aspecto lateral de los segmentos I-III de: A. *D. silanesi* mostrando la presencia de quillas inframedias laterales y B. *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* mostrando la ausencia de quillas inframedias laterales 122
- Figura 52.** Aspecto dorsal de la quela de los pedipalpos de: A. *D. silanesi* mostrando una forma alargada; B. *D. coylei* mostrando una forma menos alargada y C. *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* mostrando una forma globosa 122
- Figura 53.** Aspecto dorsal de los pedipalpos de: A. *V. p. punctatus* mostrando las quillas lisas de la mano y B. *V. m. mexicanus* mostrando las quillas con gránulos de la mano 123
- Figura 54.** Posición de las tricobotrias *ib* e *it* de: A. *V. intrepidus cristimanus* mostrando la cercanía de las tricobotrias con el sexto gránulo accesorio interno y B. *V. m. mexicanus* mostrando lo alejado de las tricobotrias del sexto gránulo accesorio 123
- Figura 55.** Aspecto lateral de la punta de los dedos de: A. *V. m. mexicanus* mostrando la presencia de una vesícula hialina y B. *V. granulatus* mostrando la ausencia de una vesícula hialina 124
- Figura 56.** Aspecto externo de la patela de los pedipalpos de: A. *V. nitidulus* mostrando la presencia de tres tricobotrias *esb* y B. *V. nigrescens* mostrando la presencia de dos tricobotrias *esb* 124
- Figura 57.** Aspecto lateral de los dedos fijos del pedipalpo de: A. *V. nitidulus* mostrando el borde interno dividido en siete hileras de denticulos y B. *V. nigrescens* mostrando el borde interno dividido en seis hileras de denticulos 125

CUADROS

Paginas

Cuadro 1. Incremento histórico de la diversidad de escorpiones de México	5
Cuadro 2. Lista comparativa de los registros de escorpiones del Estado de México previos a este trabajo	7
Cuadro 3. Grupos de escorpiones endémicos en Norteamérica (Canadá, Estados Unidos y México)	8
Cuadro 4. Ecomorfotipos según Prendini (2001) que potencialmente pueden presentarse en las asociaciones vegetales del Estado de México (INEGI 2001a). Los cuadros oscuros representan asociación positiva	10
Cuadro 5. Técnicas de recolecta que pueden aplicarse en función de las adaptaciones ecomorfotípicas. (*) muy eficiente, (+) eficiente, (-) poco eficiente	11
Cuadro 6. Fórmulas de los estimadores de Soberón & Llorente. Donde $E(S)$ es el número de especies estimadas, a es la ordenada al origen, b es la pendiente de la curva, x es el número de especies acumuladas y t_q es el porcentaje a alcanzar de la asíntota (en este caso fue igual al 95%)	32
Cuadro 7. Fórmulas de los estimadores de ‘Estimates’	34
Cuadro 8. Factores ecológicos utilizados en el análisis con GARP	37
Cuadro 9. Material estudiado de colecciones. Abreviación Loc = número de localidades. Las dos últimas colecciones no tienen ejemplares en sus acervos	40
Cuadro 10. Especies estudiadas de colecciones que pertenecen a la Cuenca del Balsas. *La presencia de <i>V. kochi</i> en esta localidad será discutida posteriormente	41
Cuadro 11. Especies estudiadas de colecciones que pertenecen al Eje Neovolcánico. *La distribución de <i>Diplocentrus</i> aff. <i>zacatecanus</i> se discutirá más adelante	42
Cuadro 12. Especies estudiadas de colecciones que pertenecen al Altiplano Sur	43
Cuadro 13. Cuenca del Balsas. Se muestran las localidades donde se recolectó en cada municipio. Los números que aparecen después del signo de suma + son el número de localidades extra donde no se recolectaron ejemplares	45
Cuadro 14. Localidad y municipio del Altiplano Sur donde se recolectó	45

Cuadro 15. Eje Neovolcánico. Los números que aparecen después del signo de suma + son el número de localidades extra donde no se recolectaron ejemplares	45
Cuadro 16. Asociaciones vegetales, su porcentaje representado en el estado, las especies que se encontraron en cada una de éstas y sus ecomorfotipos asociados. ¿? El hábitat en donde se recolectó era similar al del grupo <i>nitidulus</i>	48
Cuadro 17. Ecomorfotipos y hábitats reconocidos. Las especies que se encontraron en las colecciones se marcan con un asterisco, su ecomorfotipo fue asignado de acuerdo a la literatura (Sissom & Francke 1985, Sissom 1991a, Lourenço & Sissom 2000). ¿? <i>Vaejovis</i> sp. se recolectó en actividad en la superficie y no se conoce su hábitat, se asignó al ecomorfotipo por sus características morfológicas	50
Cuadro 18. Lista total de taxones encontrados en los museos y en recolectas, en las columnas de la derecha se indica el número correspondiente de ejemplares. Las celdas sombreadas muestran las especies que sólo se encontraron en museos o en recolectas	53
Cuadro 19. Valores obtenidos del ajuste con los modelos propuestos por Soberón & Llorente (1993). Abreviaciones: L/2p localidades por dos personas, D/2p días recolectados por dos personas. El valor de r^2 fue prácticamente el mismo para ambos análisis	57
Cuadro 20. Valores obtenidos con la asíntota calculada con las fórmulas de Soberón y Llorente (1993) y por medio de la extrapolación de los datos	57
Cuadro 21. Resultado de los estimadores, la desviación estándar se muestra entre paréntesis. Abreviaciones, L/2p localidades por dos personas, D/2p días de recolecta por dos personas	64
Cuadro 22. Valores de las variables que usaron los estimadores para realizar el análisis	64
Cuadro 23. Comparación de la diversidad de especies en algunos estados de México, utilizando la aproximación de Sissom & Hendrixson (en prensa). Entre paréntesis los datos de González-Santillán (2001)	72
Cuadros 24-26. Especies encontradas en el Estado de México cuya distribución en otros estados está relacionada con las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa <i>et al.</i> (2000). Los estados en negritas son los que corresponden a las provincias biogeográficas. Altiplano Sur	93
Cuadro 25. Eje Neovolcánico. Los estados en negritas son los que corresponden a las provincias biogeográficas	94
Cuadro 26. Cuenca del Balsas. Los estados en negritas son los que corresponden a las provincias biogeográficas	95

Cuadro 27. Tipos de vegetación, hábitats y altitud de las localidades de recolecta. Abreviaciones: BC bosque de coníferas; BE bosque de encino; BM bosque mesófilo; BTC bosque tropical caducifolio; MX matorral xerófilo; BJ bosque de *Juniperus*

RESUMEN

La diversidad de la fauna de escorpiones del Estado de México se analizó a través de recolectas de campo y revisión de ejemplares de colecciones científicas. Se realizaron 16 salidas de campo de dos días y se exploró más del 90% de los hábitats del estado, encontrándose 13 especies. El trabajo de campo se reforzó con el análisis de tres modelos de curvas de acumulación de especies y siete modelos no paramétricos de predicción. La ecuación de Clench, ACE y Bootstrap fueron los más cercanos a lo encontrado con un estimado de 15 a 17 especies y también los más estables considerando diferentes esfuerzos de recolecta. En museos se encontraron cuatro especies adicionales, cada una representada por uno o dos individuos. El total de especies encontradas fue de 17 que de acuerdo con lo observado y con los modelos predictivos, puede estar cercano a la riqueza total del estado. Se encontraron cuatro especies nuevas para la ciencia de los tres géneros presentes en el estado y un nuevo registro.

La distribución de las especies de escorpiones encontradas se analizó con GARP, un programa que genera distribuciones potenciales mediante la asociación de sitios de presencia conocida de las especies con variables ambientales. Los patrones de distribución se compararon con las tres provincias biogeográficas que componen el territorio del área de estudio. Se encontró que existe congruencia entre las provincias y la distribución de los alacranes, ya que éstos presentan endemismos que confieren identidad a dichas unidades biogeográficas. El patrón de distribución encontrado muestra que la mayor diversidad está en la Depresión del Balsas, siendo menor en el Eje Neovolcánico y el Altiplano Sur. Los eventos históricos de mayor importancia que influyeron en la distribución actual de la diversidad fueron la aparición del Eje Neovolcánico y la Cuenca del Balsas.

ABSTRACT

This study deals with diversity and distribution of scorpions of Estado de Mexico. The diversity was analyzed through revision of specimens from scientific collections and with field collections. The field work consisted of 16 two-day outings, exploring 90% of the habitats of the state, and produced 13 species. The diversity found was tested with three species-accumulation function models and seven non-parametric models; of these, Clench's equation, ACE and Bootstrap were the nearest to the number of species found in field collections with estimates from 15 to 17 species, also produced the same estimations over different collection effort. Four additional species were registered in scientific collections, with just one or two specimens each. The total found was 17 species, which probably is very near to the real richness of the state, based on both the species found (field and collections combined) and the statistical estimates.

The distribution of scorpions was analyzed with GARP, which is a program that plots potential distribution of species based on existing distribution records and abiotic environmental parameters. The distribution model of each species was compared with the three biogeographic provinces in the territory of Estado de Mexico, revealing congruencies between the potential distributions and the provinces because there are endemic species that give identity to the biogeographic provinces. Species richness is higher in the Depression del Balsas and is lower in the Eje Neovolcanico and Altiplano Sur. The main historical events that lead to the actual richness in the studied area, were the uplifting of the Eje Neovolcanico and the formation of the Depression del Balsas.

1. INTRODUCCIÓN

La escorpiofauna de México se considera la más diversa del mundo (Lourenço & Sissom 2000 y González-Santillán 2001), a pesar de ello, ha sido poco estudiada a través de estrategias que permitan conocer faunas locales a lo largo del tiempo y del espacio. La única zona en la que se ha hecho un muestreo riguroso con técnicas adecuadas, es la Península de Baja California e islas adyacentes (Williams 1980) y en la actualidad se considera que no ha sido inventariada completamente (Sissom & Hendrixson en prensa). Por este motivo es necesario realizar estudios sistemáticos locales que conduzcan a un análisis completo de la diversidad y distribución de esta fauna en nuestro país.

Los estudios faunísticos son la base fundamental en el conocimiento de la biodiversidad y son importantes para el entendimiento de los ecosistemas, el manejo de los mismos y su conservación. Los objetivos de este tipo de estudios son conocer la composición, determinar la riqueza, la abundancia relativa y los parámetros de distribución local, además de otros atributos de las especies de una región. La adquisición y el análisis correcto de estos datos se fundamentan en la elaboración de un protocolo de recolecta adecuado. Para optimizar el muestreo se debe explorar la mayor cantidad de hábitats posibles, con el fin de obtener la mayor cantidad de taxones y la mejor serie de ejemplares presentes en la zona de estudio (Coddington *et al.* 1991).

La diversidad biológica de un área puede ser conocida mediante un censo directo, lo cual requiere de esfuerzo y tiempo considerables, esto puede resultar lento dado el estado del conocimiento actual de la escorpiofauna de nuestro país y la rápida perturbación de los ecosistemas. En este sentido, es necesario realizar estudios por medio de técnicas

estadísticas que requieren de una inversión menor, aportan información cuantitativa comparable y permiten hacer predicciones de la diversidad.

Otro fundamento para poder entender la diversidad de un área es saber cómo se encuentra distribuida geográficamente. Al reconocer los patrones espaciales de los organismos, se puede investigar el efecto de fuerzas evolutivas actuales o históricas que le han conferido identidad a la diversidad actual. Los escorpiones pueden ser un modelo ideal para el estudio biogeográfico, ya que son animales poco vágiles y de distribución restringida (Lourenço & Sissom 2000).

La distribución geográfica de una especie se define como el conjunto de localidades donde ésta se ha registrado, ya sea por recolecta directa u obtención de evidencias de su presencia (Espinosa *et al.* 2001). Su representación gráfica se realiza por medio del vaciado de los datos de un inventario en un mapa (Roig-Juñent *et al.* 2002). Sin embargo, dicha distribución no necesariamente es la más completa, se requiere analizarla para obtener un área de distribución geográfica, que es la inferencia acerca de cuál es el área de mayor probabilidad que esté ocupada por dicha especie (Espinosa *et al.* 2000).

Se han desarrollado varios modelos de predicción de la distribución de las especies, enmarcados bajo dos enfoques que manejan escalas de tiempo y espacio diferentes: la biogeografía ecológica y la biogeografía histórica (Brooks 1988, Myers & Giller 1990, Espinosa & Llorente 1993, Morrone 1993, 2001, Crisci *et al.* 2000, Crisci 2001 en Ruggiero & Ezcurra 2003). A pesar de que tengan motivaciones diferentes, ambos puntos de vista son complementarios y estudian los patrones de distribución de los seres vivos sobre la superficie de la Tierra (Espinosa *et al.* 2000). Una forma de obtener las áreas de distribución geográfica es a través de los modelos de distribución potencial de especies, los cuales han resultado una herramienta muy útil en el estudio de la biogeografía y otras disciplinas (Anderson *et al.* 2003).

La información actual de diversidad y distribución de escorpiones del Estado de México no se conoce, el material escaso depositado en colecciones científicas no ha sido estudiado y además los ejemplares fueron capturados de forma eventual y en ocasiones contienen información de recolecta insuficiente.

2. OBJETIVOS

GENERAL

Describir y analizar la riqueza y áreas de distribución de los escorpiones del Estado de México con base en sus provincias biogeográficas y hábitats.

PARTICULARES

1. Describir y evaluar la riqueza de la escorpiofauna del Estado de México a través de modelos de funciones de curvas de acumulación (Soberón & Llorente 1993) y no paramétricos (Colwell 2001).
2. Generar y analizar las áreas de distribución de las especies, utilizando el programa GARP (Stockwell & Peters 1999), para modelar la distribución de las especies registradas en función de las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000).
3. Elaborar claves de identificación de los escorpiones del Estado de México.

3. ANTECEDENTES

3.1. ESTUDIOS DE LA ESCORPIOFAUNA DE MÉXICO. La *Biologia Centrali-Americana* (Pocock 1902) fue la primera gran síntesis del estudio de la historia natural, donde se incluyeron a los escorpiones. Éste es un trabajo de grandes dimensiones que contiene la descripción de varias especies de México, las cuales siguen considerándose válidas, por lo que hoy es una referencia importante. Otro trabajo relevante fue el de Ewing (1928), quien estudió la fauna del oeste de México y registró la de todo el país.

México posee cierta tradición en cuanto al estudio de su escorpiofauna (Lourenço & Sissom 2000) y la obra clásica es la de C. C. Hoffmann (1931, 1932), quien realizó un estudio taxonómico y zoogeográfico muy importante; sus claves de identificación al nivel de especie siguen siendo útiles para reconocer varios de los escorpiones del país.

En un periodo de 40 años aproximadamente se produjo poco, en comparación con los trabajos previos. Sin embargo, Díaz-Nájera (1975) reunió información muy importante que publicó como una lista de especies y su distribución a lo largo de la República Mexicana. Posterior a este trabajo hubo otro periodo de producción baja.

En el año 2000, Fet y colaboradores publicaron el catálogo de escorpiones del mundo, en el cual se recopilaron los nombres de las especies para México (Fet *et al.* 2000); en el mismo año se presentaron los trabajos de Beutelspacher (2000) y Lourenço & Sissom (2000) que integran la información de los escorpiones de México, el segundo de ellos es muy importante porque presenta un análisis de la diversidad y distribución de estos arácnidos, además de plantear aspectos relevantes a desarrollar en estudios futuros. El trabajo más reciente de la fauna de México es el de González-Santillán (2001), quien creó una base de datos y organizó la colección de escorpiones de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) del Instituto de Biología de la UNAM (IBUNAM), donde presentó una

lista nueva con la distribución de especies por estado. En el cuadro 1 se presenta un resumen de los trabajos más importantes de los escorpiones de México.

Cuadro 1. Incremento histórico de la diversidad de escorpiones de México.

	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Pocock 1902	3	7	29
Ewing 1928	3	7	22
Hoffmann 1931 y 1932	4	11	37
Díaz-Nájera 1975	4	15	134
Beutelspacher 2000	4	18	171
Lourenço & Sissom 2000	7	20	177
Fet <i>et al.</i> 2000	7	20	179
González-Santillán 2001	7	20	190
González-Santillán 2003	7	20	200

A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años existe una carencia enorme de información taxonómica y en consecuencia de diversidad y distribución (Lourenço & Sissom 2000, González-Santillán 2001). Además, los problemas taxonómicos principales se presentan en los grupos más diversos, a saber: 1) existen problemas para definir las especies de *Centruroides*, sobre todo en el grupo *rayados* (Hoffmann 1932, Lourenço & Sissom 2000, González-Santillán 2001); 2) la relación filogenética y estatus taxonómico de *Bioculus* Stahnke es incierta y en *Diplocentrus* se han reconocido varias especies nuevas (Lourenço & Sissom 2000, González-Santillán 2001); 3) el género *Vaejovis* se considera no monofilético, además de que se conocen muchas especies no descritas (Sissom 2000).

Los trabajos con faunas locales no son raros en la bibliografía, pero su alcance ha estado limitado por la falta de ejemplares, debido a que no se realizan recolectas sistemáticas; además en muchos casos solo se cuenta con material de museos, el cual en ocasiones es muy escaso.

Existen algunos trabajos en los que se han realizado recolectas de campo con el fin de describir la diversidad local, los más antiguos que se pueden citar son los de Wood (1863), quien describió varias especies de Baja California; C. C. Hoffmann (1937), quien

estudió los escorpiones del Valle del Mezquital en Hidalgo y Gertsch (1958), quien describió algunas especies del oeste de México.

Williams (1968c) describió varias especies de la región de Cuatro Ciénegas, Coahuila y en el mismo año realizó un estudio en Puerto Peñasco, Sonora donde describió otra más (Williams & Hadley 1968). También realizó numerosos trabajos de investigación en la Península de Baja California (Williams 1968a, b, 1969a, 1970a, b, c, d, 1971, 1972, 1974, 1980; Williams & Lee 1975), finalmente describió otra especie en la Estación de Biología Chamela, Jalisco (Williams 1986). Es importante señalar que todas las recolectas de Williams fueron llevadas a cabo usando lámparas de luz ultravioleta (UV). Las técnicas de recolecta que inicialmente se utilizaron fueron rodando rocas y otros objetos del suelo durante el día; posteriormente se demostró que las recolectas nocturnas con lámparas de luz UV son más eficientes (Williams 1980, Sissom 1990, Lourenço & Sissom 2000).

Los estudios locales también se han enfocado a ciertos grupos de escorpiones como los de Francke (1977a, 1977b), quien estudió *Diplocentrus* Peters de Oaxaca y de la Península de Yucatán. Otras contribuciones más recientes son, por ejemplo, en Sonora, donde se realizaron tres trabajos de este tipo, Sissom & Stockwell (1991) con *Serradigitus* Stahnke; Sissom (1991b) con *Vaejovis* C. L. Koch, y Sissom & Wheeler (1995) con *Diplocentrus*.

En la actualidad el estudio de faunas locales ha ido en aumento gracias al esfuerzo de estudiantes e investigadores de instituciones regionales. Se puede mencionar a Trujillo (1991) quien realizó el inventario de los escorpiones de la reserva ecológica de 'El Zapotal', Chiapas. De Armas (1992), hizo lo mismo en la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo y Silverio *et al.* (2001) elaboraron un inventario en Puebla; Ponce & Beutelspacher (2001) analizaron la fauna de los escorpiones de Michoacán. Ponce (2003) hizo un estudio ecológico y de distribución de los *Centruroides* Marx de la Depresión del Balsas en Michoacán. Finalmente dos trabajos de tesis de licenciatura que están en curso: M. Córdova en Morelos y F. Pérez en Aguascalientes, ambos realizando inventarios faunísticos para su estado.

En el Estado de México no se ha realizado *ex profeso* estudio faunístico alguno de escorpiones; pero si existen en la literatura datos de diversidad y distribución de éstos. C. C.

Hoffmann (1931, 1932) citó a *Centruroides limpidus limpidus* Karsch, *Vaejovis punctatus variegatus* Pocock, *Vaejovis nitidulus nigrescens* Pocock, *Vaejovis granulatus* Pocock y *Vaejovis mexicanus mexicanus* C. L. Koch. Posteriormente Díaz-Nájera (1964) publicó datos que ubicaron a *V. m. mexicanus* en Ozumba y en una publicación posterior a *C. l. limpidus* en Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Tejupilco, Santo Tomás de los Plátanos y Zacazonapan y a *V. punctatus variegatus* en Ixtapan de la Sal (Díaz-Nájera 1975).

Trabajos más recientes como los de Beutelspacher (2000) y Ponce & Beutelspacher (2001) enlistan 11 especies de alacranes. Fet *et al.* (2000) y Lourenço & Sissom (2000) citaron solo cinco. Recientemente, se describieron dos especies para este estado: *Diplocentrus silanesi* De Armas & Martín-Frías 2000 y *Diplocentrus malinalco* De Armas & Martín-Frías 2003 (esta última probablemente pertenece a una especie ya descrita). Finalmente, González-Santillán (2001) citó diez especies descritas y dos sin describir. En el cuadro 2 se enlistan las especies registradas en los trabajos más recientes; es importante notar las discrepancias entre ellos.

Cuadro 2. Lista comparativa de los registros de escorpiones del Estado de México, previos a este trabajo.

Beutelspacher 2000, Ponce & Beutelspacher 2001	Fet <i>et al.</i> 2000	Lourenço & Sissom 2000	González-Santillán 2001
<i>C. s. l. limpidus</i>	<i>C. l. limpidus</i>	<i>C. l. limpidus</i>	<i>C. l. limpidus</i>
<i>Diplocentrus keyserlingii</i> Karsch	-----	-----	<i>Diplocentrus coylei</i> Fritts & Sissom
-----	-----	-----	<i>Diplocentrus</i> sp.
<i>V. granulatus</i>	<i>V. granulatus</i>	<i>V. granulatus</i>	<i>V. granulatus</i>
<i>V. kochi</i> Sissom	<i>V. kochi</i>	-----	<i>V. kochi</i>
<i>V. m. mexicanus</i>	-----	<i>V. m. mexicanus</i>	<i>V. m. mexicanus</i>
<i>V. nitidulus</i> C.L. Koch	-----	-----	<i>V. nigrescens</i> Pocock
<i>V. occidentalis</i> Hoffmann	-----	-----	-----
<i>V. punctatus punctatus</i> Karsch	-----	-----	<i>V. p. punctatus</i>
<i>V. pusillus</i> Pocock	<i>V. pusillus</i>	<i>V. pusillus</i>	<i>V. pusillus</i>
<i>V. subcristatus</i> Pocock	-----	-----	-----
<i>V. variegatus</i>	<i>V. variegatus</i>	<i>V. punctatus variegatus</i>	<i>V. variegatus</i>
-----	-----	-----	<i>V. sp. grupo mexicanus</i>
-----	-----	-----	<i>V. curvidigitus</i>

3.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESCORPIONES DE MÉXICO. Se considera que la escorpiofauna del país tuvo su origen en Laurasia, en la parte que actualmente corresponde a la región Neártica (Hoffmann 1931, Polis 1990, Lourenço & Sissom 2000). Dicha fauna junto con la de Canadá y Estados Unidos presenta un endemismo marcado; por ejemplo, la familia Vaejovidae, la subfamilia Typhlochactinae y varios géneros como *Nullibrotheas* (Wood) y *Anuroctonus* Pocock (Cuadro 3). Los escorpiones de mayor extensión geográfica en el país también son los más diversos. El género *Centruroides* con aproximadamente 30 especies, *Diplocentrus* con 33 y *Vaejovis* con 66 se distribuyen en todo el territorio nacional (Lourenço & Sissom 2000).

Los géneros menos diversos presentan una distribución limitada y en ocasiones disyunta, debido a que las condiciones ecológicas en las que habitan no tienen una continuidad geográfica (Lourenço & Sissom 2000). Por ejemplo, *Megacormus* (Gervais) está restringido a las montañas de la Sierra Madre Occidental y a una parte de la planicie costera del Golfo de México. *Hadrurus* Ewing es un caso de distribución disyunta, por un lado en la Península de Baja California y Sonora y por otro en Oaxaca, Puebla y Guerrero, sin representantes del género en territorio intermedio.

Cuadro 3. Grupos de escorpiones endémicos a Norteamérica (Canadá, Estados Unidos y México).

Familia	Subfamilia	Total de géneros	Géneros endémicos	Porcentaje de endemismo
Vaejovidae	-----	9	9	100%
Euscorpidae	Megacorminae	2	1	50%
Scorpionidae	Diplocentrinae	2	1	50%
Caraboctonidae	Hadrurinae	1	1	100%
Superstitioniidae	Superstitioniinae	2	1	50%
	Typhlochactinae	5	5	100%
Totales	5 familias, 5 subfamilias y 18 géneros endémicos			

Es importante resaltar la notable diversidad de la Península de Baja California, que alberga más del 30% de la diversidad de todo el país con 41 especies y cuatro géneros endémicos (Williams 1980).

Los patrones de distribución de los escorpiones son diferentes a los de otros artrópodos, especialmente a los más derivados como por ejemplo, los escarabajos (Hoffmann 1931). Este hecho está relacionado con los factores ecológicos del hábitat en donde se encuentran y las estrategias de historia de vida de estos arácnidos. Con base en los trabajos de MacArthur & Wilson (1967) y Pianka (1970), Polis (1990) los clasificó en dos grupos de acuerdo con su estrategia de historia de vida: 1) especies en equilibrio o de selección tipo K , caracterizadas por que habitan ambientes predecibles, con un desarrollo lento, producen pocas crías, presentan poca fluctuación en el tamaño poblacional y explotan un nicho ecológico muy especializado; 2) especies oportunistas o de selección tipo r , cuyos caracteres son contrarios a los de las especies en equilibrio.

Se han estudiado relativamente pocas especies y la mayor parte son selección tipo K , solo los búlidos se consideran oportunistas (Polis 1990). Para ejemplificar el primer caso se puede mencionar a *Vaejovis*, del cual se han creado grupos de especies, cada uno de los cuales explota diferentes hábitats que les han permitido ocupar nichos ecológicos en asociaciones vegetales y relieves topográficos distintos (Lourenço & Sissom 2000). Otro caso parecido es *Diplocentrus* que presenta un ecomorfotipo pelófilo especializado para cavar galerías, dentro de las cuales sobrevive.

En cuanto a los factores históricos que determinan la distribución, se sabe que nuestro país ha tenido una dinámica geológica muy intensa (Ferrusquía-Villafranca 1993), lo cual ha ocasionado diversos eventos vicariantes, relevantes para la fauna de escorpiones por su baja vagilidad. El resultado de esto último es la presencia de una cantidad importante de taxones endémicos en el país.

3.3. HÁBITATS Y ECOMORFOTIPOS. El Estado de México está ubicado en la región neotropical e integra tres provincias biogeográficas: el Altiplano Sur, el Eje Neovolcánico y la Cuenca del Balsas (Espinosa *et al.* 2000). Dentro de estas provincias existen diferentes tipos de asociaciones vegetales, en cada una de las cuales puede haber más de un hábitat presente, como se ilustra en las figuras 1 a 3. Los hábitats pueden estar asociados, desde el punto de vista de las adaptaciones de los alacranes a un ecomorfotipo. Ciertos grupos de escorpiones están especializados morfológicamente para prosperar en un determinado tipo

de sustrato, lo cual restringe su hábitat, es decir son estenotópicos. En contraste hay otros organismos que no presentan adaptaciones y son más generalistas o euritópicos y ocupan más de un hábitat (Prendini 2001).

Los ecomorfotipos de los alacranes pueden clasificarse de la siguiente manera, según Prendini (2001): 1) los psamófilos, son escorpiones adaptados a vivir en la arena; 2) los litófilos habitan en grietas de rocas muy grandes; 3) los pelófilos construyen galerías en suelos compactos, los cuales usualmente tienen sus entradas en áreas abiertas pero a veces bajo rocas; 4) los cortícolas habitan agujeros en los troncos de árboles o bien se pueden encontrar bajo la corteza semidesprendida de los mismos y 5) los lapidícolas que se ocultan bajo rocas u otros objetos disponibles en el suelo. Adicionalmente, se han descrito escorpiones troglóbios, que habitan dentro de cuevas.

Cuadro 4. Ecomorfotipos según Prendini (2001) que potencialmente pueden presentarse en las asociaciones vegetales del Estado de México (INEGI 2001a). Los cuadros oscuros representan asociación positiva.

	Psamófilo	Litófilo	Pelófilo	Cortícola	Lapidícola
Bosque de encino					
Bosque de coníferas					
Pastizal					
Matorral xerófilo					
Bosque mesófilo					
Bosque de <i>Juniperus</i>					
B. tropical caducifolio					
Estenotópicos ←————→ Euritópicos					

Con base en las definiciones de los ecomorfotipos y en las características donde se distribuyen los tipos de vegetación que se definirán más adelante, en el cuadro 4 se presenta la relación que pueden haber entre éstos. Finalmente en el cuadro 5 se presentan las técnicas que se han utilizado en recolectas realizadas por el autor, resaltando la eficiencia que se ha observado.

Cuadro 5. Técnicas de recolecta que pueden aplicarse en función de las adaptaciones ecomorfotípicas. (*) muy eficiente, (+) eficiente, (-) poco eficiente.

	Diurna	Nocturna
Litófilo	Rodando rocas y objetos sobre el suelo -	Luz UV *
Psamófilo	Rodando rocas y objetos sobre el suelo -	Luz UV *
Pelófilo	Rodando rocas y objetos sobre el suelo -	Luz UV +
Lapidícola	Rodando rocas y objetos sobre el suelo +	Luz UV *
Cortícola	Rodando rocas y objetos sobre el suelo +	Luz UV *

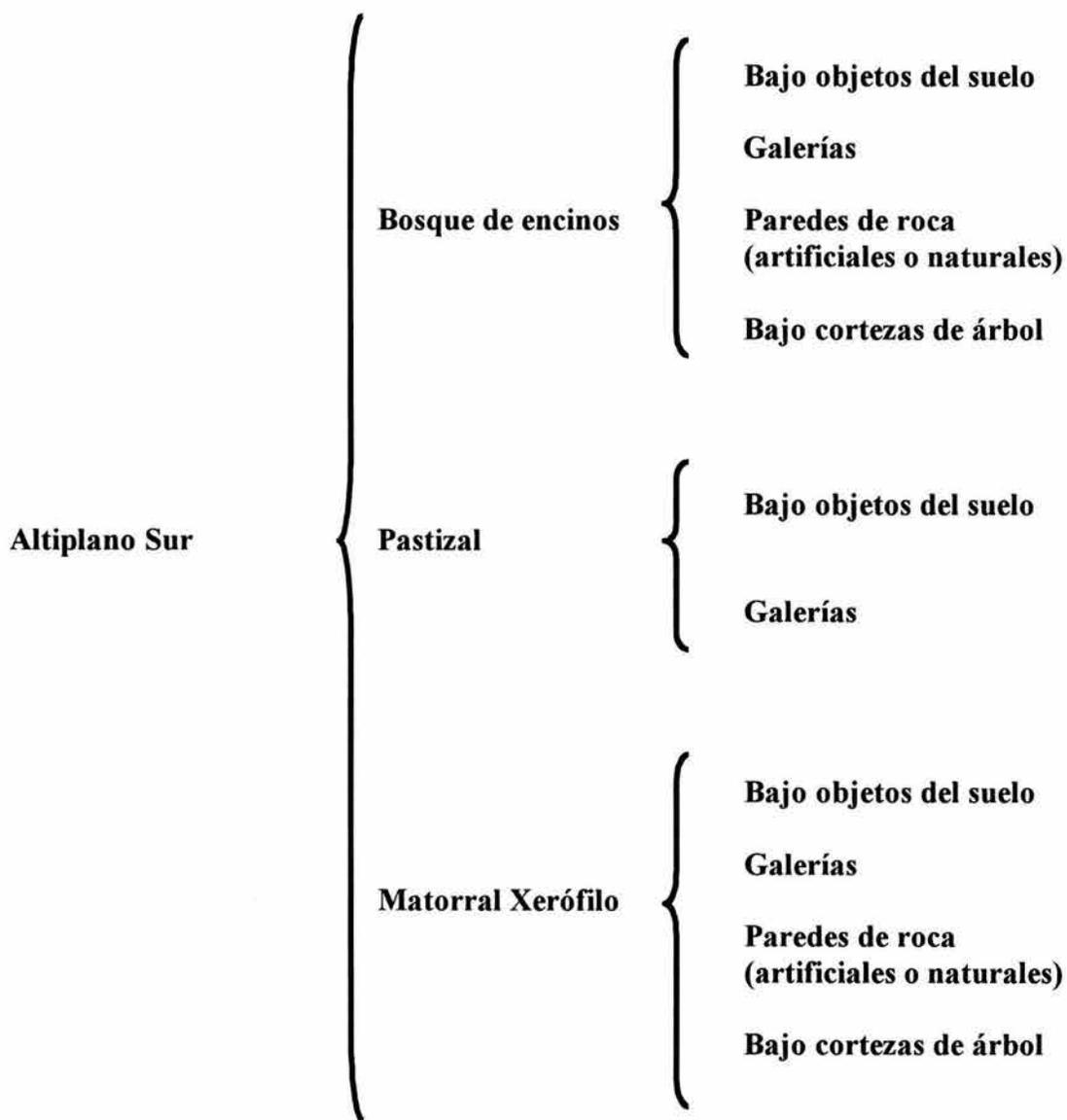


Figura 1. Asociaciones vegetales (según Rzedowski 1978) y hábitats potenciales que se pueden explorar en la provincia del Altiplano Sur.

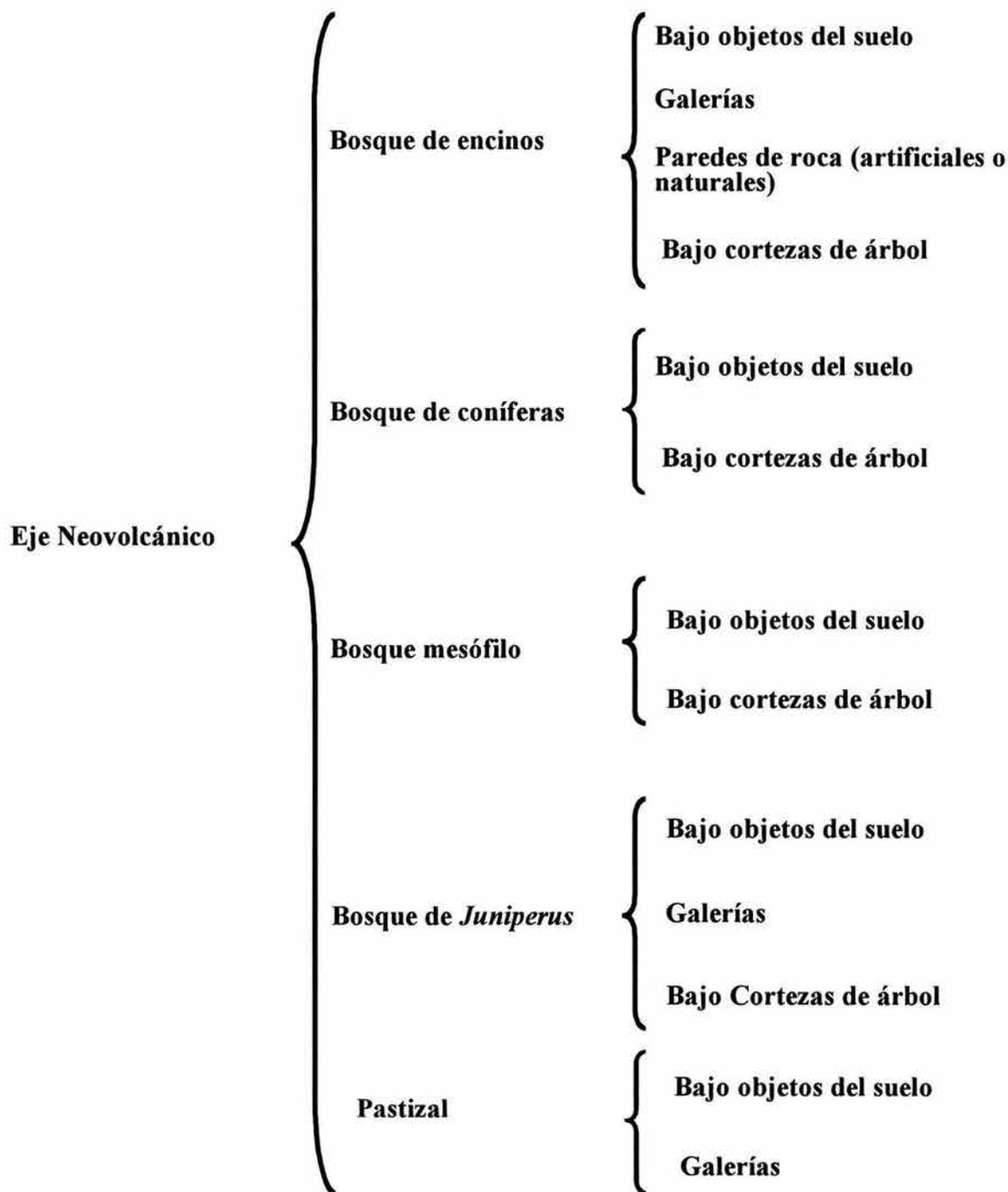


Figura 2. Asociaciones vegetales (según Rzedowski 1978) y hábitats potenciales que se pueden explorar en la provincia del Eje Neovolcánico.

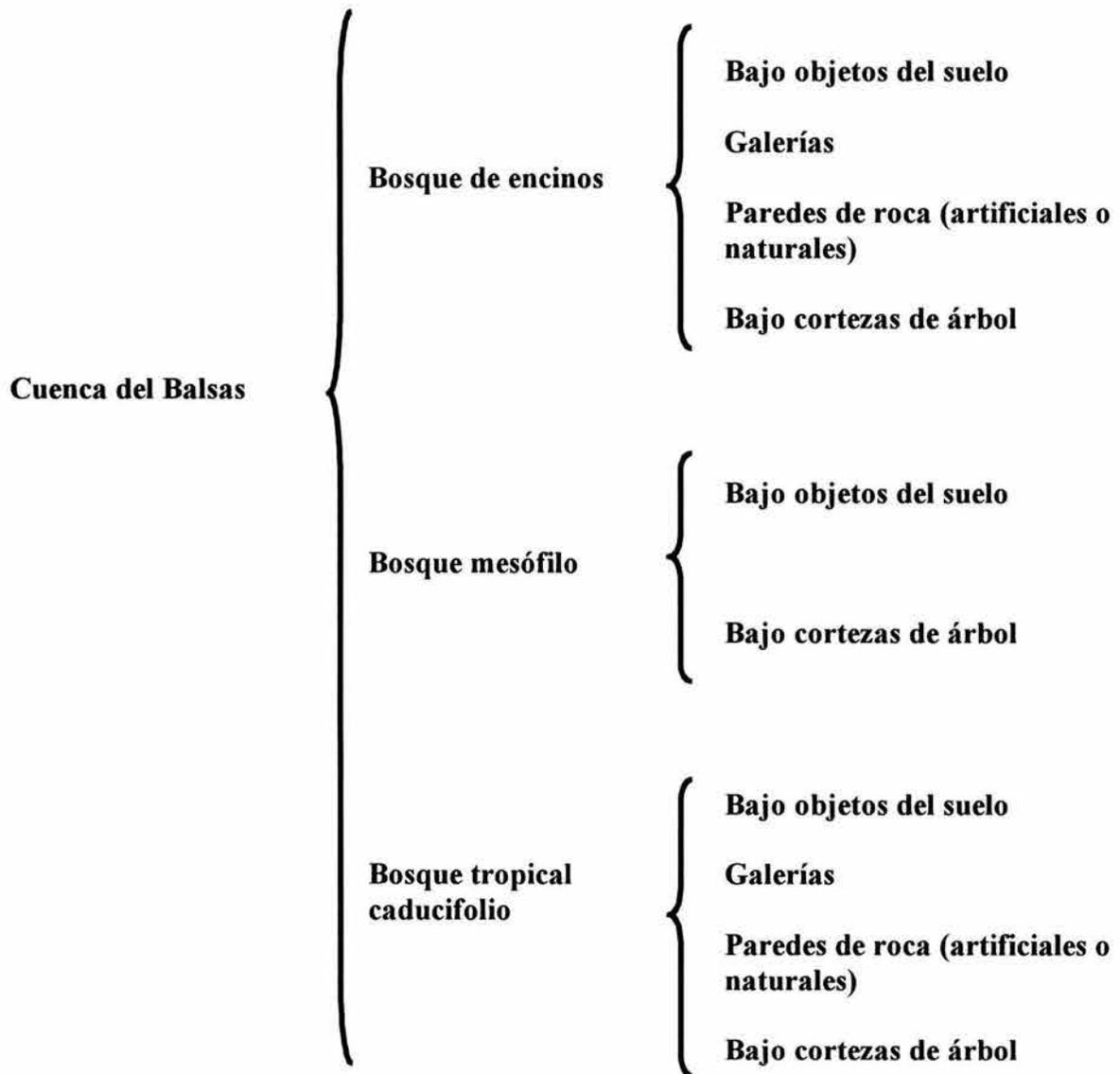


Figura 3. Asociaciones vegetales (según Rzedowski 1978) y hábitats potenciales que se pueden explorar en la provincia de la Depresión del Balsas.

3.4. ECOLOGÍA TRÓFICA Y REPRODUCTIVA. Los escorpiones por lo general son sedentarios, su actividad y su desplazamiento están en función de dos factores: 1) la abundancia de presas, y 2) el periodo estacional de reproducción (Benton 2001). En diversos estudios de campo y laboratorio, se ha notado que los nacimientos están sincronizados después del lapso en que la disponibilidad de las presas es alta (Polis & Sissom 1990), de esta manera ambos factores están ligados consecutivamente.

Según sea su estrategia, los escorpiones pueden forrajear fuera del lugar donde se ocultan en el día (forrajeo de superficie) o bien en la entrada de su escondite o galería (forrajeo de espera en puerta) (Benton 2001). De esta forma la temporada de abundancia de presas está acompañada de una mayor presencia de escorpiones en la superficie o fuera de sus escondites. Por lo tanto, el comportamiento que exhiben en este tiempo es el adecuado para recolectarlos.

Durante los periodos de reproducción la actividad de los machos se incrementa, ya que las hembras dan a luz o bien alcanzan la madurez sexual y en ambos casos éstas son receptivas. En esta etapa los machos se alimentan menos o dejan de hacerlo y se desplazan más tiempo en busca de pareja. También es notable que los machos abandonan sus escondites por la noche y a veces recorren grandes distancias en poco tiempo (Polis & Farley 1979, Benton 1991).

Como en muchos grupos de artrópodos, los machos adultos presentan la mayor cantidad de caracteres diagnósticos de la especie (caracteres sexuales secundarios), en consecuencia su captura es muy importante y el momento más adecuado para hacerlo es durante su periodo reproductivo. Dado que estos arácnidos tienen un hábito nocturno, la técnica más apropiada para recolectar escorpiones es usando lámparas portátiles de luz UV.

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN. El Estado de México está ubicado entre las coordenadas geográficas extremas al norte $20^{\circ}17'$, al sur $18^{\circ}22'$ latitud norte; al este $98^{\circ}36'$, al oeste $100^{\circ}37'$ longitud oeste. Colinda al norte con Michoacán de Ocampo, Querétaro de Arteaga e Hidalgo; al este con Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos y el Distrito Federal; al sur con Morelos y Guerrero; al oeste con Guerrero y Michoacán de Ocampo (Figura 4). El porcentaje territorial de este estado es del 1.1% de la superficie del país con 22 333 km² cuadrados y está políticamente dividido en 122 municipios (INEGI 2001a).

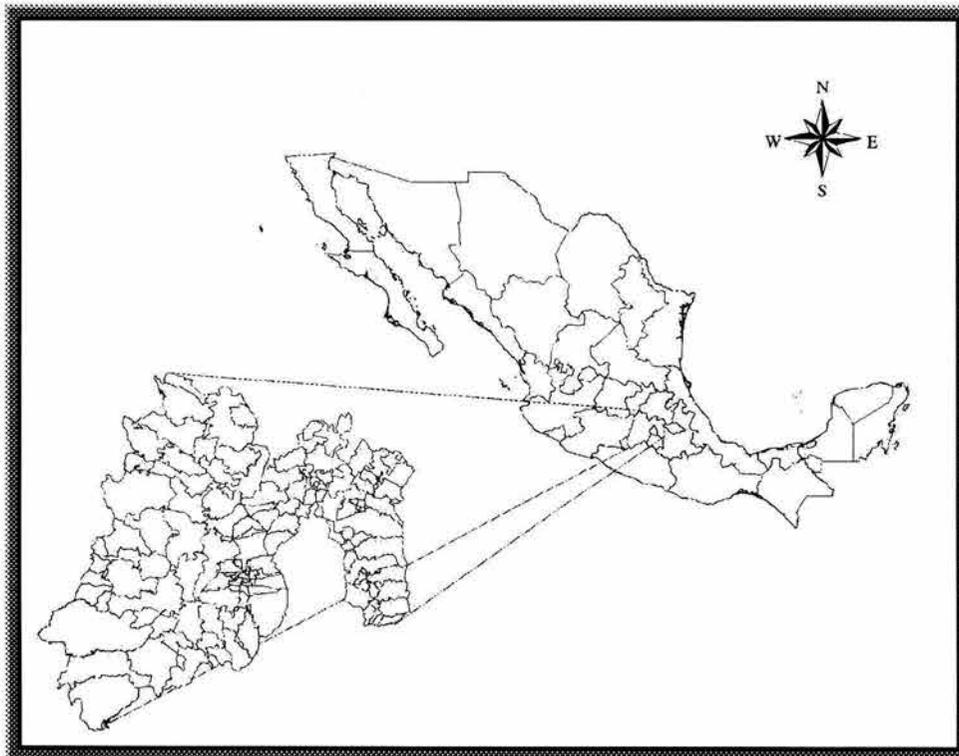


Figura 4. Ubicación del área de estudio en el territorio nacional.

4.2. FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA. La fisiografía del Estado de México juega un papel muy importante en la distribución de los escorpiones. A continuación se resume la información disponible en el Sistema de Información Geográfica del Estado de México (INEGI 2001a), definiendo las provincias y subprovincias fisiográficas según Ferrusquía-Villafranca (1993). La delimitación de dichas provincias se ilustra en la figura 5.

1. El Eje Neovolcánico ocupa el 75.65% de la entidad y está formado por rocas de origen volcánico de todos los tipos que se conocen; destacan grandes cuencas cerradas que anteriormente estaban ocupadas por lagos. Algunas de las sierras más importantes de esta provincia, en la entidad, son la sierra Nevada, la sierra Ajusco-Chichinautzin y la sierra de las Cruces. En la figura 6 se observa un mapa del estado donde se muestra la ubicación de sus principales elevaciones. Esta provincia posee las siguientes subprovincias:

A) Lagos y Volcanes de Anáhuac, compuesta a su vez por:

I. Sierras volcánicas con estrato-volcanes, en los que se hallan algunos de los volcanes más altos del país como son el Popocatepetl, Iztaccihuatl y Xinantécatl o Nevado de Toluca. Estas sierras abarcan el 58.59% del estado y a continuación se describen.

La sierra Nevada se localiza en el extremo este de la entidad, su orientación es norte sur y separa las cuencas del Valle de México y Puebla; tiene 80 km de longitud y entre 33 y 40 de ancho. Su formación data del Mioceno hace 23 millones de años; sus cumbres más importantes son los picos del Telapón, el Tláloc, el Popocatepetl y el Iztaccihuatl.

Otra de las sierras principales es Ajusco-Chichinautzin que comienza en el límite sur de la sierra de las Cruces entre el Estado de México y el Distrito Federal; se extiende al oriente hasta las inmediaciones del Popocatepetl, separando las cuencas del valle de México y Cuernavaca; su formación data de hace 3.4 millones de años; está constituida de material basáltico de alta porosidad que permite una rápida infiltración del agua hacia el subsuelo; sus zonas más altas están comprendidas por conos volcánicos de ceniza y sus picos más altos son: el Ajusco, el Muñeco, el Cuautzin y el volcán Tláloc.

Finalmente la sierra de las Cruces separa a las cuencas del valle de México y el valle de Toluca, las lavas predominantes son andesíticas, lo que produce un paisaje abrupto. Las cumbres más importantes son los cerros de la Columna, los Potrerillos y la Campana. El

estrato-volcán más sobresaliente en el Estado de México es el Nevado de Toluca constituido por material andesítico y ubicado en el centro del estado.

II. Sierra de escudo-volcanes, la cual está constituida por los cerros la Guadalupeana, Yeguashi, Jocotitlán y la Peña Ñadó los cuales se ubican al noroeste del estado, en la figura 6 se muestra la ubicación de los dos últimos.

III. La llanura de vaso lacustre se formó en el Plioceno, hace un millón de años por influencia de la sierra Ajusco-Chichinautzin, lo cual dio lugar a los lagos que ocupaban el Valle de México. Otra llanura lacustre es la de Lerma, la cual está limitada por sierras volcánicas, prácticamente es plana y se alimenta por unos 50 manantiales que junto con otros arroyos constituyen el origen del río Lerma.

B) Mil Cumbres ocupa el occidente del estado con un territorio del 10.06% de total de la entidad. Se trata de una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas que descienden hacia el sur. Las elevaciones principales son: las Palomas, el Picacho, Lodo Prieto y Caultenco.

C) Las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo están limitadas desde la ciudad de Querétaro hasta Pachuca, tienen una orientación de este a oeste y abarcan el 7% de la superficie del estado. Esta orientación representa un corredor de lomeríos bajos por debajo de los 2000 m.

2. La Sierra Madre del Sur tiene una orientación noroeste sudeste; ocupa el 24.35% del Estado de México; su origen está relacionado con la subducción de la placa de Cocos y esto ocasiona una alta sismicidad en la provincia; su litología es de gran complejidad en la que las rocas intrusivas (granitos) y metamórficas cobran una importancia mayor que en las otras provincias. Esta provincia tiene dos subprovincias: La Depresión del Balsas y Las Sierras y Valles Guerrerenses.

A) La Depresión del Balsas se extiende desde el centro de Michoacán y oeste del Estado de México hasta los márgenes del río Balsas; abarca 20.19% del Estado de México y al igual que en otras regiones presenta una litología muy compleja, comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; sus topofomas también son complejas, presenta sierras altas complejas con mesetas como la sierra de Nanchititla, sierras altas con lomeríos

como la zona de Zacazonapan, valles ramificados como parte del río Bejucos, el río Sultepec y sus afluentes al sur de Tlatlaya.

B) Las Sierras y Valles Guerrerenses tienen una orientación general hacia el sur; ocupan sólo el 4.16% de superficie; su litología la dominan rocas calcáreas por lo que hay formaciones como dolinas, lago-dolinas y grutas. La erosión fluvial es reciente y se dirige hacia el margen derecho del Balsas por sus principales afluentes, los ríos Amacuzac, Chontalcoatlán y San Jerónimo. Las topofomas más importantes de esta subprovincia son lomeríos con mesetas como las regiones de Ixtapan de la Sal, Tonicato y Malinalco.



Figura 5. Regiones fisiográficas según Ferrusquía-Villafranca (modificado de INEGI 2001a).



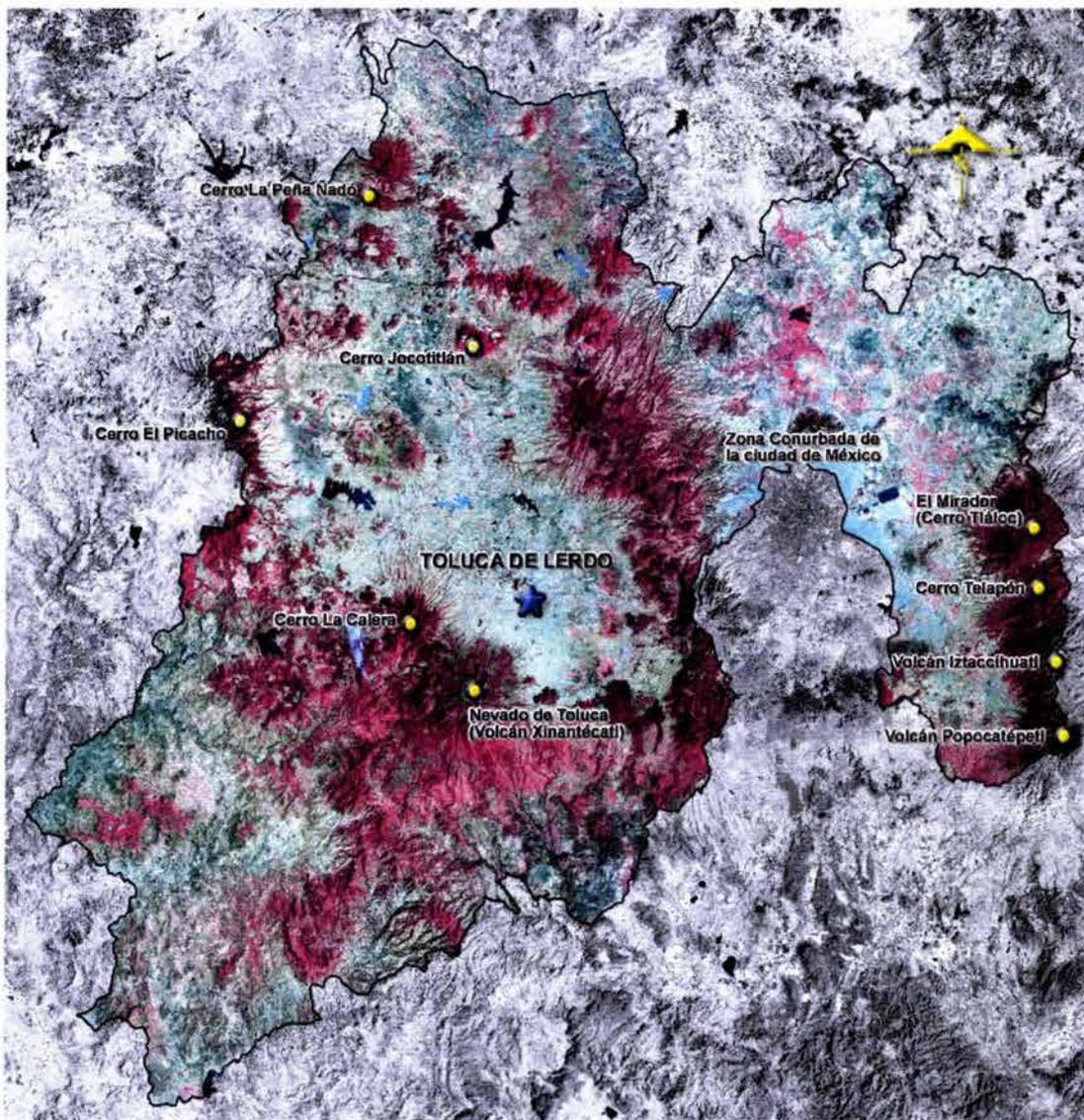


Figura 6. Mapa del Estado de México mostrando orografía y los puntos más altos del estado en tonos oscuros. (INEGI 2001b).

4.3. CLIMAS. El Estado de México debería presentar temperaturas altas por su ubicación en una zona intertropical, sin embargo la orografía del Eje Neovolcánico modifica esto, el 67% del estado presenta una temperatura media anual moderada entre los 12 y 18 °C y bajas en el 12% del área con medias anuales de 5 a 12 °C. Conforme disminuye la altitud las temperaturas ascienden con un intervalo medio anual de 18 a 22 °C en el 11% del estado y mayores de 22 °C de media anual en el 10% restante. La temperatura más alta se registra en Nueva Copaltepec al extremo sur del estado con 28 a 30 °C de media anual (Figura 7).

La entidad se encuentra en la zona de los vientos alisios cuya dirección es de noreste a sudoeste. Dichos vientos húmedos procedentes del Golfo de México son modificados en su trayectoria por la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico; además la distancia que recorren es muy larga, lo cual resulta en una lluvia relativamente escasa en verano. Esto genera un patrón pluvial en el que la zona más seca es una franja en el noreste del estado, con una precipitación media de 500 a 600 mm (correspondiente al Altiplano Sur); a partir de la cual la cantidad de lluvia media anual se incrementa hacia el sur, alcanzando su máximo en las proximidades del Ajusco, el Nevado de Toluca y algunas zonas de Tejupilco y Amatepec con 2000 mm.

Los climas son continentales ya que no tienen influencia directa de las masas de agua marítima. La temporada más cálida se presenta antes del solsticio de verano en abril y mayo, posteriormente el ascenso de las temperaturas es interrumpido por la temporada de lluvias, las cuales tienen un origen convectivo.

Las temperaturas y los patrones de lluvias generan climas templados en poco más de la mitad del territorio, los cuales son: Templados, $C(w_2)(w)$ templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, $C(w_1)(w)$ de humedad media y $C(w_0)(w)$ de humedad menor, éstos se distribuyen en el norte, centro, este y oeste del estado. El clima semifrío, $C(E)(w_2)(w)$ con lluvias en verano de menor humedad, se encuentra en menor proporción en las serranías por arriba de los 3000 m de altitud. Los climas cálidos, $Aw_1(w)$ subhúmedo con lluvias en verano de humedad media y $Aw_0(w)$ de humedad menor y los semicálidos $(A)C(w_2)(w)$, subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad y $(A)C(w_1)(w)$ de humedad media, en el sudoeste del estado. Los climas fríos $E(T)HC$ se hayan en las cimas de los volcanes Iztaccíhuatl, Popocatepetl y Nevado de Toluca. Finalmente los climas

semisecos BS₁kw(w) templados con lluvias en verano se encuentran en el noreste del estado.

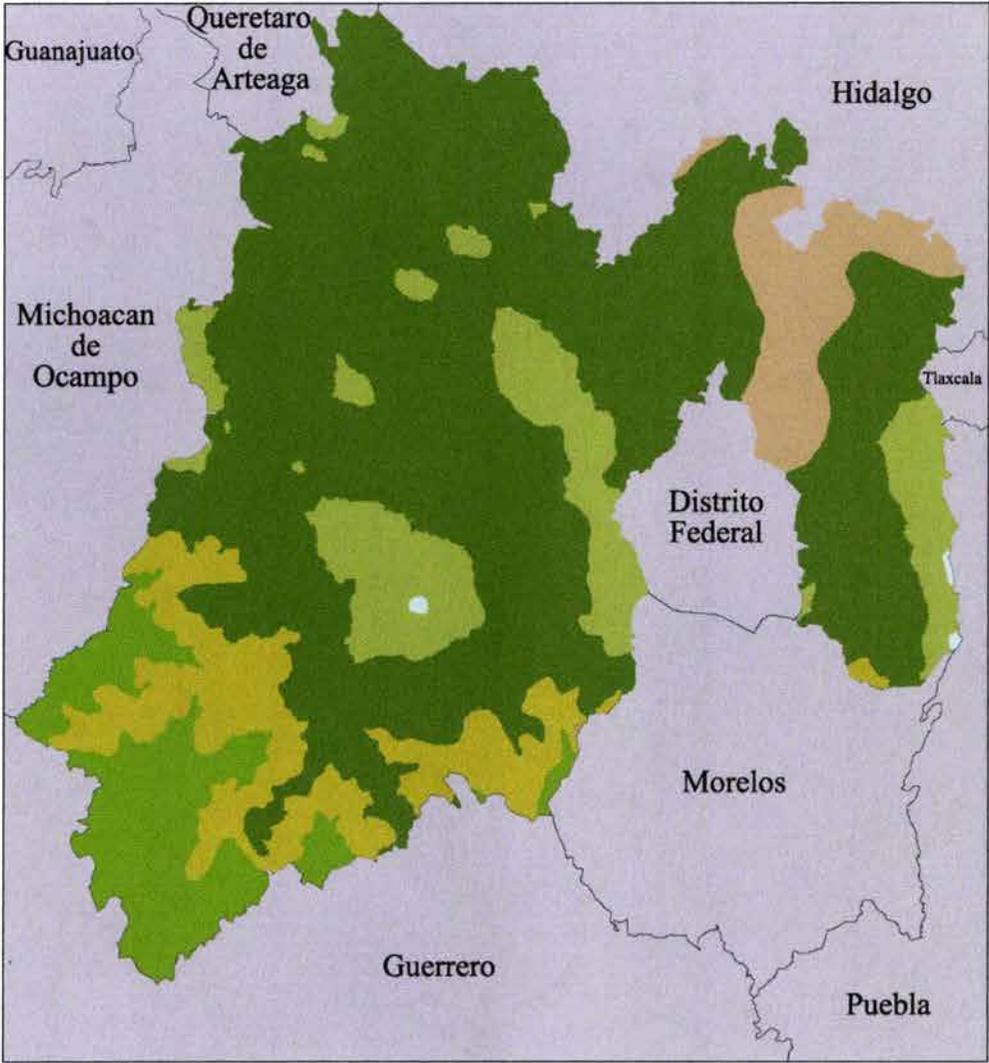


Figura 7. Mapa del Estado de México mostrando tipos de climas (modificado de INEGI 2001a).

- Subgrupo de climas cálidos
- Subgrupo de climas templados
- Tipos de climas semisecos
- Subgrupo de climas semicálidos
- Subgrupo de climas semifríos
- Tipos de climas fríos

4.4. VEGETACIÓN. La vegetación del Estado de México ofrece una gran diversidad florística que se desarrolla en varios ecosistemas, producto de la interacción de los factores históricos, climáticos, geológicos, edáficos y fisiográficos; además de que los gradientes altitudinales juegan un factor muy importante en la heterogeneidad de las comunidades vegetales. Esta entidad presenta los siguientes tipos de vegetación según el Sistema de Información Geográfica de INEGI (2001a) y modificados a la nomenclatura de Rzedowski (1978) (Figura 8).

1. Bosques cuyo componente principal es arbóreo, prosperan en zonas templadas y semifrías en áreas montañosas; pueden estar compuestos por coníferas, mezclas de pino y encinos o bien por encinos; los principales bosques se encuentran en las sierras de Monte Alto, Monte Bajo, de las Cruces, del Ajusco, de Río Frío, Nevada, de San Andrés, Mesa de los Pinos, Tepetzotlán, Tlalpujahuá, de Guadalupe, de Patlachico, Valle de Bravo, Morelos, Nanchititla, Temascaltepec, del Hospital, la Goleta, San Vicente y Zacualpan. A su vez los bosques pueden ser clasificados en:

A) Bosque de coníferas, conformado por árboles de más de 30 m, dominando principalmente *Abies religiosa* (Kunth) Chamizo et Schlechtendal; se ubican en laderas y cañadas de los principales picos del estado, además de las sierras de Ocuilan en el municipio del mismo nombre; en la sierra de Mil Cumbres dentro de los municipios de Villa de Allende y El Oro y en la sierra de las Cruces en los municipios de Donato Guerra, Villa de Allende y Temascalcingo. Prosperan en suelos con gran cantidad de materia orgánica; el clima es semifrío húmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano con precipitación anual media de 1000 a 1400 mm con temperaturas de 7 a 14 °C promedio en altitudes de 2000 a 3400 m.

B) Bosque de pino-encino, en esta asociación se puede encontrar hasta nueve especies de *Pinus* y 10 de *Quercus* dependiendo el área y está ampliamente distribuido en el estado, encontrándose en las serranías que circundan el Valle de México, el Nevado de Toluca, el oeste de Michoacán, en los municipios de El Oro, San Felipe del Progreso, Valle de Bravo, Temascaltepec, Valle de Tenancingo, sierra de Nanchititla, Villa Guerrero, Tenancingo y las partes bajas del Popocatepetl. También se puede encontrar en los municipios de Amecameca, Tepetlaoxtoc, Tejupilco, Amatepec, Sultepec y Zacazonapan.

Se halla en altitudes de entre 1800 y 3000 m. Se desarrolla sobre suelos de origen ígneo y sedimentario. La precipitación promedio en estos lugares fluctúa entre 700 y 1500 mm anuales. La temperatura media va de 10 a 24 °C. Actualmente su condición es deplorable por el uso desmedido de sus recursos.

C) Bosque mesófilo, tiene como elementos dominantes a *Pinus* spp. y *Quercus* spp. además de que se incluye *Liquidambar* spp. Presenta una vegetación densa ubicada en las laderas de montaña, se encuentra protegido de los vientos e insolación excesivos, característicamente hay neblina durante todo el año. En este bosque se mezclan elementos tropicales y templados. Se encuentran dentro del estado en el municipio de Ocuilan, en las pendientes inferiores del Iztaccíhuatl y sierra de las Cruces y dentro de la Depresión del Balsas se haya en las laderas de la sierra de Nanchititla. La altitud varía entre 2000 y 2600 m. Su precipitación media excede los 1000 mm y su temperatura varía entre 12 y 14 °C.

D) Bosque de Téscate (*Juniperus* spp.), tiene como componentes principales dos especies de *Juniperus* y algunas de *Quercus* que llegan a alturas de tres a ocho m. Es considerada una asociación transicional entre el bosque de pino-encino y el bosque tropical caducifolio. Se desarrolla en el sur del estado con altitudes de 1800 a 2400 m. El suelo donde se desarrolla es arcilloso y profundo. La precipitación varía entre 600 y 1200 mm con temperaturas que oscilan entre 16 y 20 °C.

E) Bosque tropical caducifolio, constituido por árboles cuya altura es de cuatro a 15 m y se caracterizan porque más del 75% de ellos pierden el follaje durante la época seca del año de seis a ocho meses. La diversidad vegetal de este tipo de asociación es mayor en comparación con las anteriores, se pueden nombrar algunas especies comunes como: *Guazuma ulmifolia* Lam., *Randia* sp., *Crescentia alata* Kunth, *Acacia* sp., *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl., *Mimosa* sp., y otros. En la entidad este bosque se sitúa en la parte más baja del estado en los límites con Guerrero y Michoacán, aislando las sierras de la Goleta y Nanchititla. Esta asociación vegetal prospera en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1500 m en una extensa variedad de tipos de suelo. Los climas predominantes son cálidos y semicálidos subhúmedos con lluvias en verano, con una precipitación media de 1000 a 1200 mm y temperaturas medias entre 20 y 29 °C.

2. Pastizales, este tipo de vegetación está dominada por gramíneas comúnmente llamados pastos o zacates, que en condiciones naturales están distribuidos en función del clima y el suelo, entre otros factores. En el Estado de México existen pastizales naturales en los municipios de Tepetzotlán, Aculco, Soyaniquilpan, Jilotepec y Tequixquiac ubicados en la parte norte. Su altitud oscila de los 1500 a los 2500 m, con suelos profundos y arcillosos. La precipitación varía entre 600 y 800 mm y su temperatura es de 14 a 16 °C desarrollándose en climas cálidos, semicálidos, semifríos, secos y semisecos, todos con lluvias en verano.

3. Matorral xerófilo (crasicaule), está dominado fisiológicamente por cactáceas del género *Opuntia* spp. y arbustos micrófilos. En el estado se distribuyen en el norte y noreste limitando con Querétaro e Hidalgo, en altitudes de 2000 a 2700 m. La precipitación media anual varía entre 600 y 700 mm con temperaturas de 12 a 16 °C y clima templado semiseco a templado subhúmedo.

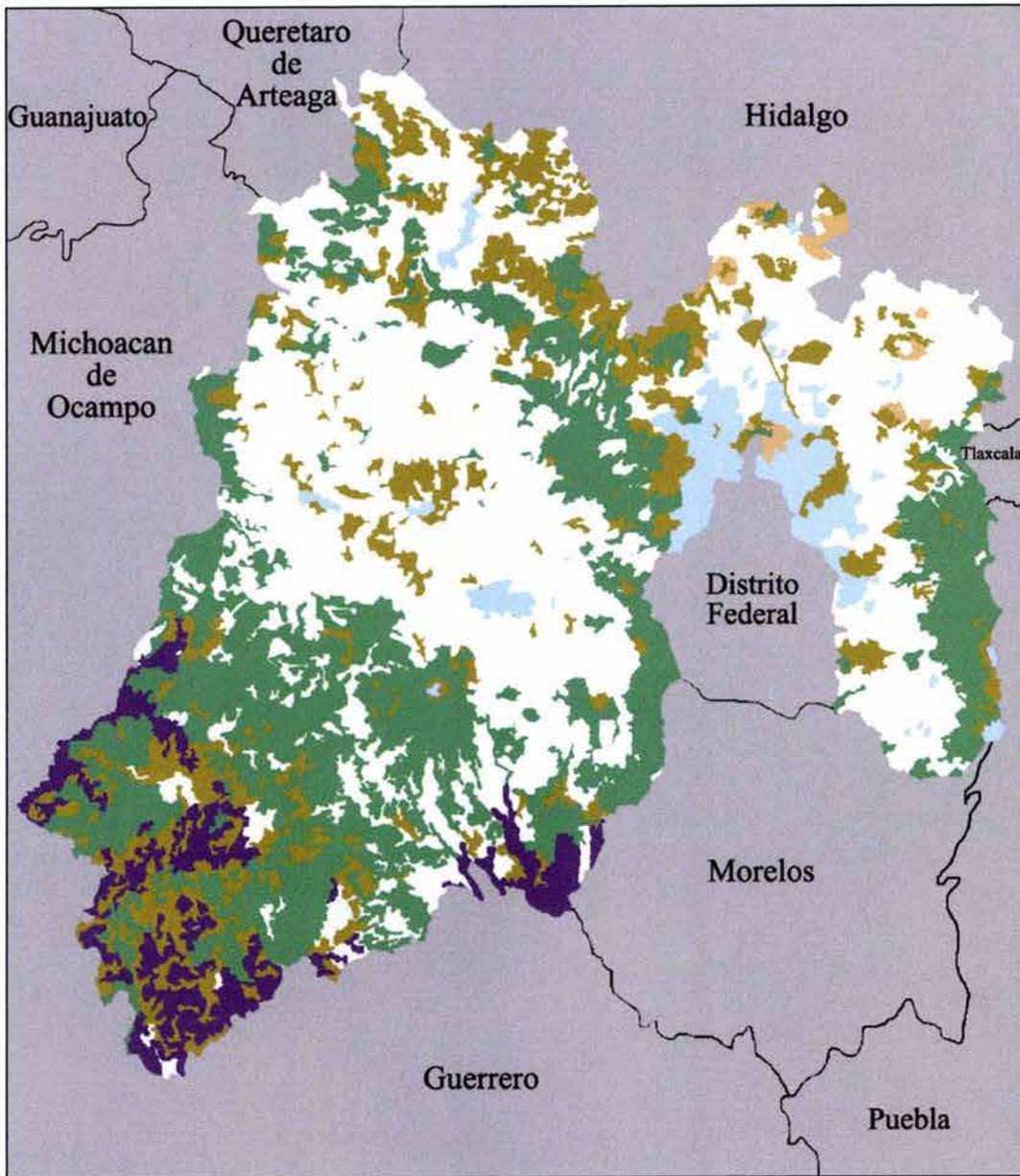


Figura 8. Mapa del Estado de México mostrando los principales tipos de vegetación (modificado de INEGI 2001a).



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. COLECCIONES Y RECOLECTAS. Se revisaron ejemplares de las siguientes colecciones:

1. Colección Nacional de Arácnidos del Instituto de Biología de la UNAM (CNAN).
2. Colección del Laboratorio de Entomología del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (INDRE).
3. Colección del Laboratorio de Parasitología del Instituto Politécnico Nacional (IPN).
4. Colección de la Facultad de Estudios Superiores (FES) Iztacala.
5. Colección del Laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias UNAM FC-UNAM,
6. Colección Entomológica de la Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas (FAC-UAEM).
7. Facultad de Ciencias Naturales de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).
8. Colección Entomológica de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH).
9. Colección particular del Dr. W. David Sissom (WDS).
10. Florida State Collection of Arthropods, Gainesville (FSCA).
11. California Academy of Sciences, San Francisco (CAS).
12. Museum National d' Historie Naturelle, París, Francia (MNHN).

Estos ejemplares fueron revisados bajo microscopio estereoscópico para identificar las especies a las que pertenecen; las claves y descripciones utilizadas para este fin fueron:

Hoffmann 1931, 1932; Sissom & Francke 1985; Sissom 1989, 1991a, De Armas & Martín-Frías 2000, 2003 y Hendrixson & Sissom 2001.

Recientemente se realizó un análisis filogenético del orden Scorpiones (Soleglad & Fet 2003), donde se propusieron varios cambios a la clasificación actual más aceptada, principalmente en los niveles familia, subfamilia y tribu, dichos cambios se siguieron en este trabajo.

Se realizaron recolectas de campo durante 15 meses, con un esfuerzo de recolecta de dos personas por día-período de campo. Estos períodos se llevaron a cabo durante el día rodando rocas, troncos y objetos del suelo y por la noche utilizando lámparas portátiles de luz UV. Esta técnica se basa en el hecho de que la cutícula de los escorpiones fluoresce al entrar en contacto con este tipo de luz, además de que estos arácnidos son más activos en horas de oscuridad (Stachel *et al.* 1999, Brownell & Polis 2001).

El calendario de recolectas se planeó de acuerdo con el ciclo lunar, ya que se ha observado que en el periodo en el que la luna está presente disminuye la actividad de los escorpiones en la superficie, además de que su luz interfiere con la de las lámparas, disminuyendo su eficiencia (O. Francke, W. D. Sissom, L. Prendini com. pers.).

Los alacranes fueron capturados durante el día con pinzas metálicas y mantenidos vivos dentro de frascos de plástico o vidrio, hasta el regreso al laboratorio donde fueron sacrificados. Esto se hizo introduciéndolos en agua cercana al punto de ebullición, con el fin de provocar un choque térmico, lo cual presenta tres ventajas: 1) los escorpiones mueren inmediatamente, contrario al sacrificio por inmersión en alcohol con el que tardan hasta una hora, 2) la cutícula se vuelve más permeable, lo que facilita la entrada del conservador, 3) los ejemplares quedan con el metasoma estirado de tal forma que pueden ser manipulados fácilmente para su observación en el microscopio.

Durante las recolectas nocturnas se utilizó una lámpara portátil de luz UV, una bolsa de plástico y pinzas de metal. Del mismo modo los ejemplares fueron mantenidos con vida dentro de las bolsas de plástico hasta regresar el laboratorio, donde se les dio el mismo tratamiento que a los anteriores. Después de sacrificados los alacranes se colocaron en frascos de cristal con alcohol isopropílico al 80%, con su respectiva información en etiquetas para mantenerlos en la colección.

En el caso de escorpiones de talla grande (mayor de 30 mm de largo), fueron inyectados con un fijador preparado según Williams (1968a) y Sissom (1990), al cual se le denominó para su identificación FIDA, por las siglas de sus componentes: formalina, alcohol isopropílico, agua destilada y ácido acético glacial. Esta sustancia se inyectó con una jeringa de 10 mm y aguja estándar, la cual se insertó en una de las pleuras dorsales del mesosoma, el líquido fijador se inyectó hasta que los organismos tuvieron una apariencia turgente y posteriormente se depositaron en alcohol isopropílico al 80%. Después de aproximadamente 10 días se cambió el alcohol y se agregó de 5 a 10% de glicerina; esta sustancia impide que las pleuras de las articulaciones se deshidraten en exceso y se tornen rígidas, además de que reduce la tasa de evaporación del alcohol.

La información obtenida en campo y en las colecciones se incorporó en dos bases de datos independientes elaboradas con BIOTA (Colwell 1996), que está diseñado para el manejo de colecciones científicas.

5.2. MÉTODOS PARA ESTIMAR LA RIQUEZA DE ESPECIES. La riqueza de especies ha sido estudiada bajo tres enfoques estadísticos. El más antiguo es la curva de acumulación de especies o curva de área especie, la cual describe la riqueza local en función del esfuerzo de recolecta (Clench 1979, Palmer 1990, Soberón & Llorente 1993). Un segundo grupo se refiere a la abundancia relativa de las especies como una muestra con una distribución paramétrica, donde los parámetros pueden tener una distribución logarítmica, log-normal, Poisson u otra. (Preston 1948, Pielou 1975, Miller & Wiegert 1989 en Colwell & Coddington 1994). Similar a las curvas de acumulación, estos modelos permiten estimar la riqueza, además de que algunos pueden predecir la cantidad de especies en muestras mayores a las observadas. El tercer grupo de estadísticos se enfoca en estimadores de riqueza no paramétricos: algunos basados en incidencia, es decir, presencia o ausencia de ejemplares, mientras que otros requieren abundancia relativa (Chazdon *et al.* 1998).

5.2.1. Modelos de función de acumulación de especies. Los modelos de función de acumulación de especies propuestos por Soberón & Llorente (1993) se presentan a continuación (Cuadro 6).

1. El modelo de dependencia lineal es en el que la función de acumulación depende linealmente del tamaño de la lista de especies, de tal forma que este último aumenta y la probabilidad de agregar una especie nueva en un intervalo de tiempo disminuye proporcionalmente al tamaño de la lista anterior, eventualmente alcanzando cero. Los autores sugieren que el modelo puede adecuarse a muestreos en áreas relativamente pequeñas, cuando se recolecta un grupo taxonómico bien conocido o bien en ambos casos, ya que todas las especies serán recolectadas.

2. El modelo exponencial asume que al aumentar la lista de especies, la probabilidad de añadir una especie diferente disminuye exponencialmente. Se sugiere que este modelo se ajusta, cuando la región en la que se va a recolectar es grande o los taxones son poco conocidos y así la probabilidad de encontrar una especie nueva nunca alcanzará cero

3. Finalmente la ecuación de Clench tiene como premisa que la adición de una especie a la lista, mejorará la predicción conforme se adquiera mayor experiencia de conocimiento de localidades, taxones y métodos de recolecta, hasta llegar a un límite.

El modelo de dependencia lineal y la ecuación de Clench se consideran asintóticos y su asíntota se interpreta como el valor máximo de especies que se pueden encontrar en el área de estudio. La asíntota se obtiene con el cociente a/b , donde a es la ordenada al origen y b la pendiente de la recta (Moreno 2000). Otra forma de obtener la asíntota de estos modelos es a través de la extrapolación de las curvas, hasta alcanzar gráficamente la asíntota. Esto puede ser llevado a cabo por medio de varios paquetes estadísticos.

Con base en el trabajo de Lamas *et al.* (1991), los autores de los modelos expuestos, propusieron estimar el esfuerzo de recolecta necesario, para alcanzar una proporción de una asíntota dada, en función de la tasa de incremento de especies, expresado por (t_q) y cuyas fórmulas para dependencia lineal y la ecuación de Clench se presentan en el cuadro 6.

De acuerdo con sus autores los modelos funcionan sólo si se cumple con dos condiciones: 1) las muestras no deben de ser parciales, ni temporal ni espacialmente; por ejemplo, si se recolecta sólo en temporada de lluvias o sólo en un hábitat, de tal forma que

las curvas de acumulación son afectadas por la variación en el número de taxones y la heterogeneidad espacial y temporal; 2) los métodos de recolecta tienen que estar estandarizados y deben de ser los adecuados para el tipo de organismos que se intente capturar, esto es crucial para poder extrapolar los valores de las asíntotas.

La forma más adecuada de estandarizar y eliminar el sesgo provocado por el error de muestreo y la heterogeneidad real de las unidades de muestreo durante el análisis es aleatorizar los datos (Colwell & Coddington 1994, Chazdon *et al.* 1998, Moreno 2000).

Los beneficios de utilizar estas herramientas predictivas según Soberón & Llorente (1993) son: 1) dar una mayor formalidad al trabajo faunístico, permitiendo hacer comparaciones con otras listas, 2) auxiliar para planear expediciones futuras, y 3) permitir evaluar la conservación o aprovechamiento de un área.

Cuadro 6. Fórmulas de los estimadores de Soberón & Llorente. Donde E(S) es el número de especies estimadas, a es la ordenada al origen, b es la pendiente de la curva, x es el número de especies acumuladas y t_q es el porcentaje a alcanzar de la asíntota (en este caso fue igual al 95%).

Modelo	Fórmula	Fórmula t_q
Lineal	$E(S)=a*(1-\exp(-b*x))/b$	$t_q=1/b \ln [1/(1-q)]$
Logarítmico	$E(S)=[\log(1+(1-\exp(-b))^*a*x)]/(1-\exp(-b))$	-----
Clench	$E(S)=(a*x)/(1+(b*x))$	$t_q=q/[b(1-q)]$

Se aplicaron los modelos de función de acumulación de especies (Soberón & Llorente 1993) a los datos del material recolectado, utilizando el paquete ‘Statistica’ (StatSoft 1998). También se calculó t_q , el cual en este caso es igual al número de localidades o días de recolecta, requeridos para alcanzar el 95% de la asíntota en función de la tasa de acumulación de especies de la recolecta, representado por b (Cuadro 6).

Primero se aleatorizaron los datos utilizando ‘Estimates’ (Colwell 2001), y se exportaron a ‘Statistica’, donde se ingresaron las fórmulas en el campo ‘User-specified regresión’ para obtener los parámetros a y b por el método quasi-Newton. Posteriormente,

los valores de los parámetros se substituyeron en las mismas ecuaciones para obtener el ajuste con los modelos y finalmente se graficó cada uno de ellos, extrapolando hasta obtener las asíntotas.

5.2.2. Modelos no paramétricos. Los modelos propuestos por Colwell (2001), estiman la riqueza específica mediante estadísticos no paramétricos, que utilizan la información de incidencia o abundancia de las especies. Los análisis se llevaron a cabo utilizando el programa 'Estimates' versión 6.1, el cual utiliza curvas aleatorizadas de acumulación de especies. Las fórmulas de los estimadores se muestran en el cuadro 7.

ACE e ICE son estimadores que a diferencia de los otros, se basan en la cobertura de muestra, concepto que según Chazdon *et al.* (1998), puede explicarse de la siguiente manera: si una línea se divide en S segmentos y cada uno representa una proporción real del universo donde se ha realizado un muestreo, la cobertura es la suma de los S segmentos que pertenecen a la muestra. La diferencia entre estos dos estimadores es que ACE calcula en función de aquellas especies que tienen ≤ 10 individuos en una muestra (especies raras), mientras que ICE lo hace con especies encontradas en ≤ 10 unidades de muestra (especies infrecuentes).

En el caso del análisis con 'Estimates' la matriz se exportó directamente de BIOTA y se siguieron las recomendaciones de Colwell (2001): 1) se especificó en el programa una aleatorización de 50 veces, con 'The Strong Hash Encryption Generator', 2) se eligió la opción de muestreo sin reemplazo, y 3) se utilizaron las fórmulas corregidas para Chao 1 y Chao 2. Al igual que en los modelos de función de acumulación de especies, se usó el número de localidades por dos personas y el número de días por dos personas como variables independientes.

Soberón & Llorente (1993) recomiendan la elección de un modelo de acumulación *a priori*; sin embargo, Colwell & Coddington (1994), consideran que la elección debe ser pragmática, es decir, probando varios modelos tan rigurosamente como sea posible, para compararlos contra estándares conocidos de una amplia variedad de taxones y localidades, con la finalidad de evitar juicios basándose en un solo grupo de datos. Además, dado que no existe una adecuación estadística de los modelos a un cierto tipo de datos o

circunstancias particulares, se recomienda utilizar todos y elegir el que mejor se ajuste a los datos (Colwell 2001).

Cuadro 7. Fórmulas utilizadas por ‘Estimates’.

Estimador	Datos que utiliza	Fórmulas tomadas de Chazdon <i>et al.</i> (1998)
ACE	Estimador de cobertura basado en abundancia	$S_{est} = S_{com} + S_{rare}/C_{ace} + F_1/C_{ace} \gamma_{ace}^2$
ICE	Estimador de cobertura basado en incidencia	$S_{est} = S_{freq} + S_{inf}/C_{ice} + Q_1/C_{ice} \gamma_{ice}^2$
Chao 1	Estimador de riqueza basado en abundancia	$S_{est} = S_{obs} + F_1^2/2(F_2+1) - F_1 F_2/2(F+1)^2$
Chao 2	Estimador de riqueza basado en incidencia	$S_{est} = S_{obs} + Q_1^2/2(Q_2+1) - Q_1 Q_2/2(Q_2+1)^2$
Jack 1	Estimador de riqueza basado en abundancia	$S_{est} = S_{obs} + Q_1(m-1/m)$
Jack 2	Estimador de riqueza basado en incidencia	$S_{est} = S_{obs} + [Q_1(2m-3)/m - Q_2(m-2)^2/m(m-1)]$
Bootstrap	Estimador de riqueza basado en incidencia	$S_{est} = S_{obs} + \sum_{k=1}^{obs} (1-p_k)^m$
MMRuns	Estimador de riqueza obtenido por el promedio de la aleatorización de cada muestra	-----
MMMean	Estimador de riqueza obtenido por la curva de acumulación de especies	-----
Cole	Éste es un estimador de riqueza de las muestras obtenidas en sí, no de la riqueza del área de estudio. Da idea de la heterogeneidad de los datos	-----

A continuación se enlistan las claves de las variables utilizadas en las fórmulas:

S_{est} = Número de especies estimadas

S_{sob} = Número de especies obtenidas en el muestreo

S_{rare} = Número de especies raras, 10 o menos individuos por especie en todas las muestras

S_{com} = Número de especies comunes, 10 o más individuos por especie en todas las muestras

S_{inf} = Número de especies infrecuentes, especies encontradas en 10 o menos muestras

S_{freq} = Número de especies frecuentes, especies encontradas en 10 o más muestras

m = Número total de muestras

F_1 = 'Singletons', número de especies que tienen un solo individuo en todas las muestras

F_2 = 'Doubletons', número de especies que tienen dos individuos en todas las muestras

Q_1 = Unicatas, número de especies que ocurren en una sola muestra

Q_2 = Duplicatas, número de especies que ocurren en dos muestras

p_k = Proporción de muestras que tienen k especies

C_{ace} = Estimador de cobertura de abundancia de muestra

γ_{ace}^2 = Coeficiente de variación estimado del número de especies que tienen exactamente i individuos cuando todas las muestras se han examinado

C_{ice} = Estimador de cobertura de incidencia de la muestra

γ_{ice}^2 = Coeficiente de variación estimado del número de especies que tienen exactamente j muestras

5.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES Y GARP. Los modelos de distribución potencial de especies han resultado una herramienta muy útil en el estudio de la biogeografía (Anderson *et al.* 2003). Este enfoque combina datos de ocurrencia de las especies con datos ecológicos y variables ambientales bióticas y abióticas como temperatura, geología, elevación, vegetación, u otras. Los registros de ocurrencia de especies representados por su geoposición (latitud y longitud), sirven para ubicar la presencia de las especies en ciertas localidades y en ocasiones se derivan de los ejemplares *voucher* de colecciones científicas y museos (Baker *et al.* 1998, Funk *et al.* 1999, Soberón 1999, Ponder *et al.* 2001, Stockwell & Peterson 2002b).

The 'Genetic for Rule-Set Prediction' (GARP) es uno de varios métodos de predicción de distribución de especies, el cual fue desarrollado mediante aplicaciones de

inteligencia artificial y está inspirado en modelos genéticos y de evolución (Payne & Stockwell 2001). A diferencia de otros métodos GARP usa datos cuantitativos que modelan el nicho fundamental de las especies (Hutchinson 1957), con una cobertura geográfica definida. Este algoritmo genético operacionalmente está dividido en cuatro subprogramas que interactúan a través de ciclos de iteraciones de mutación, evaluación y reproducción de los criterios que se establecen con base en los datos originales, resultando en la generación de una imagen que delinea el contorno de la distribución potencial de las especies. (Sánchez-Cordero *et al.* 2001)

El algoritmo de GARP resuelve la falta de uniformidad de los datos obtenidos de colecciones científicas al: 1) usar datos al azar de la cobertura original, 2) incluir variables ambientales como topografía, geología y tipo de vegetación, sin restringirse a variables climáticas, 3) utilizar reglas o condiciones heterogéneas y 4) empezar la iteración de selección de reglas a partir de los modelos tradicionales estadísticos uni y multivariados (Sánchez-Cordero *et al.* op. cit.). Además este modelo ha mostrado una alta eficiencia para predecir la distribución de ciertas especies de fauna y flora de distribución restringida como las endémicas, la de especies que incluyen pocas localidades de recolecta como las raras o de difícil captura y de especies de amplia distribución en Australia (Stockwell & Noble 1991, Stockwell & Peterson 2002a).

Las áreas de distribución se generaron con el programa ArcView GIS 3.2. Se elaboraron mapas con los puntos de recolecta y con los registros de las colecciones revisadas para las especies encontradas. Los mapas digitales utilizados se obtuvieron de CONABIO (2002).

Los modelos de distribución de especies se elaboraron con GARP, para ello se conjuntaron las bases de datos de recolectas y de colecciones. Los factores ambientales que se utilizaron se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Factores ecológicos utilizados en el análisis con GARP.

Factor	Descripción
Índice NDVI	Índice de vegetación diferido normalizado. Está elaborado con imágenes de satélite y se deriva a partir de las bandas del rojo e infrarrojo cercano.
Edafología	Tipos de suelo.
Humedad del suelo	Porcentaje de humedad en el suelo.
Orientación de la pendiente	Medida en grados (0-359)
Inclinación	Medida en % (0-90)
Índice topográfico o de humedad	Toma en cuenta la pendiente del suelo y la acumulación del flujo de agua. Se puede interpretar como la capacidad de la topografía de acumular agua.
Isotermas	Temperatura media anual, Temperatura media promedio diaria anual, Temperatura mínima absoluta, Temperatura mínima promedio, Temperatura máxima absoluta, Temperatura máxima promedio.
Isoyetas	Precipitación media anual.

En total se utilizaron 42 parámetros diferentes de los factores antes mencionados. Debido a que este método de modelaje produce varios resultados, se especificó en el programa que se recuperaran sólo los 10 mejores modelos, los cuales posteriormente fueron sumados para generar un modelo consenso (Anderson *et al.* 2003).

En función de que existe un factor inducido por la actividad del hombre, la distribución de las especies puede modificarse en un período corto de tiempo y, para evitar un sesgo en la construcción del modelo, se usaron imágenes de satélite recientes del periodo entre 1992 y 1995 y datos de localidades de ejemplares de 1985 y posteriores.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. MATERIAL DE MUSEOS. Se reconocieron 15 especies de tres géneros y tres familias, distribuidas en 130 localidades (Cuadro 9). El material estudiado de las colecciones se comparó con los registros previos para el estado (Cuadro 2) y no se encontraron ejemplares de las siguientes especies: *V. occidentalis*, *V. subcristatus* y *D. keyserlingii* citados por Beutelspacher (2000). La especie indeterminada del grupo *mexicanus* citada por González-Santillán (2001), resultó pertenecer a *V. pusillus*. La especie *Diplocentrus* sp. citada por González-Santillán (2001) pertenece a la especie que en este trabajo se denominó *Diplocentrus* aff. *coylei*. Finalmente la especie descrita recientemente como *D. malinalco* fue revisada cuidadosamente y se llegó a la conclusión de que es un sinónimo de *D. coylei*, lo cual tendrá que ser formalizado posteriormente.

El total de ejemplares del cuadro 9, sirvió como base para organizar el material de acuerdo con las provincias biogeográficas y los municipios de donde provienen las especies encontradas, sin embargo, fue sustraído el material que carecía de datos de recolecta completos. Finalmente, al eliminar 54 localidades, quedaron un total de 76 con información completa (Cuadros 10-12); cabe aclarar que en estos últimos cuadros la columna de número de localidades por especies no suma el mismo total de la columna de localidades, ya que en algunas de éstas fueron encontradas más de una especie y por ello la cantidad final es mayor.

En el cuadro 10 se presenta el material correspondiente a la Depresión del Balsas, la cual tuvo el mayor número de localidades y especies, siendo los municipios de Tejupilco y Malinalco los más diversos, con cinco y cuatro especies respectivamente. La siguiente provincia con mayor cantidad de localidades y riqueza de especies fue el Eje Neovolcánico, con 26 y seis respectivamente, siendo Valle de Bravo la más diversa con tres especies

(Cuadro 11). Finalmente, se encontró que el Altiplano Sur fue el de menor diversidad con cuatro localidades y dos especies (Cuadro 12).

La CNAN es la única colección de escorpiones que cuenta con una base de datos automatizada y fue recientemente curada (González-Santillán 2001), esto resultó ser fundamental para este trabajo, ya que el acceso a la información fue rápida y eficiente, además de que la CNAN es una de las colecciones más grandes de escorpiones y aportó a este trabajo diez de las especies encontradas, mientras que las demás colecciones juntas sólo aportaron cinco (Cuadro 9).

Cuadro 9. Material estudiado de colecciones. Abreviación Loc = número de localidades. Las dos últimas colecciones no tienen ejemplares en sus acervos.

Colección	Especies	Loc
CNAN	<i>C. l. limpidus</i>	2
	<i>D. coylei</i>	1
	<i>Diplocentrus</i> aff. <i>coylei</i>	1
	<i>V. granulatus</i>	1
	<i>V. curvidigitus</i>	2
	<i>V. variegatus</i>	5
	<i>V. m. mexicanus</i>	3
	<i>V. nigrescens</i>	1
	<i>V. pusillus</i>	1
	<i>V. p. punctatus</i>	2
	10	19
FC-UNAM	<i>C. l. limpidus</i>	14
	<i>V. granulatus</i>	2
	<i>V. intrepidus cristimanus</i>	2
	<i>V. variegatus</i>	2
	<i>V. p. punctatus</i>	1
	<i>V. kochi</i>	1
	6	22
INDRE	<i>C. l. limpidus</i>	1
	<i>V. m. mexicanus</i>	2
	<i>V. intrepidus cristimanus</i>	1
	3	4
FES Iztacala	<i>C. l. limpidus</i>	5
	<i>D. silanesi</i>	4
	<i>D. coylei</i>	1
	<i>V. pusillus</i>	1
	<i>V. m. mexicanus</i>	1
	<i>V. variegatus</i>	1
	6	13
IPN	<i>V. pusillus</i>	3
	<i>V. m. mexicanus</i>	6
	<i>V. variegatus</i>	2
	<i>V. p. punctatus</i>	2
	4	13
UAQ	<i>V. nitidulus</i>	1
CAS	<i>V. variegatus</i>	2
FSCA	<i>C. l. limpidus</i>	1
	<i>V. pusillus</i>	1
	<i>V. m. mexicanus</i>	1
	3	3
DWS	<i>Diplocentrus</i> aff. <i>zacatecanus</i>	1
	<i>V. m. mexicanus</i>	1
	<i>V. p. punctatus</i>	2
	<i>V. variegatus</i>	8
	4	12
MNHN	Paratipos de <i>V. pusillus</i>	2
UACH	-----	--
FAC-UAEM	-----	--
Total acumulado	15	130

Cuadro 10. Especies estudiadas de colecciones que pertenecen a la Cuenca del Balsas. *La presencia de *V. kochi* en esta localidad será discutida posteriormente.

Municipio	Total de localidades	Especies	Localidades por especie
Amatepec	2	<i>V. intrepidus cristimanus</i>	2
Ixtapan del Oro	3	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. nigrescens</i>	2 1
Ixtapan de la Sal	4	<i>V. variegatus</i> <i>V. m. mexicanus</i>	3 1
Malinalco	6	<i>C. l. limpidus</i> <i>D. coylei</i> <i>V. m. mexicanus</i> <i>V. variegatus</i>	1 1 2 2
Santo Tomás	2	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. kochi</i> *	1 1
Sultepec	5	<i>C. l. limpidus</i>	5
Tejupilco	18	<i>C. l. limpidus</i> <i>D. silanesi</i> <i>V. variegatus</i> <i>V. pusillus</i> <i>V. intrepidus cristimanus</i>	10 2 2 1 3
Tlatlaya	1	<i>V. intrepidus cristimanus</i>	1
Tonatico	4	<i>D. coylei</i> <i>V. variegatus</i> <i>V. curvidigitus</i>	1 1 2
Zumpahuacán	1	<i>C. l. limpidus</i>	1
Total: 10	Total: 46	Total: 10	-----

Cuadro 11. Especies estudiadas de colecciones que pertenecen al Eje Neovolcánico. *La distribución de *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* se discutirá más adelante.

Municipio	Localidades	Especies	Localidades por especies
Aculco	1	<i>V. nitidulus</i>	1
Almoloya de Alsiquiras	1	<i>V. m. mexicanus</i>	1
Atizapán de Zaragoza	1	<i>V. m. mexicanus</i>	1
Huixquilucan	1	<i>V. m. mexicanus</i>	1
Jilotepec	1	<i>V. granulatus</i>	1
Naucalpan	5	<i>V. m. mexicanus</i>	5
Ocuilan	1	<i>V. granulatus</i>	1
Temascaltepec	3	<i>Diplocentrus</i> aff. <i>zacatecanus</i> *	1
		<i>V. m. mexicanus</i>	2
Tenancigo	2	<i>V. m. mexicanus</i>	2
Tepotzotlán	1	<i>V. granulatus</i>	1
Texcoco	1	<i>V. m. mexicanus</i>	1
Toluca	2	<i>Diplocentrus</i> aff. <i>coylei</i>	1
		<i>V. m. mexicanus</i>	1
Valle de Bravo	3	<i>C. l. limpidus</i>	1
		<i>V. pusillus</i>	1
		<i>V. m. mexicanus</i>	1
Villa de Allende	2	<i>V. pusillus</i>	2
Zacualpan	1	<i>V. m. mexicanus</i>	1
Total: 15	Total: 26	Total: 7	-----

Cuadro 12. Especies estudiadas de colecciones que pertenecen al Altiplano Sur.

Municipio	Localidades	Especies	Localidades por especies
Teotihuacán	2	<i>V. p. punctatus</i> <i>V. kochi</i>	1 1
Zumpango	2	<i>V. p. punctatus</i>	2
Total: 2	Total: 4	Total: 2	-----

6.2. MATERIAL RECOLECTADO. Se realizaron 16 periodos de campo, entre agosto del 2001 y noviembre de 2002, sumando 38 días por dos personas efectivos de recolecta. Se visitaron un total de 79 localidades, de las cuales en 21 no se obtuvieron ejemplares. El total de especies halladas fue de 13. A continuación se presentan las recolectas divididas por las tres regiones biogeográficas que comprende el territorio del Estado de México (Cuadros 13-15).

1. La Cuenca del Balsas fue la unidad biogeográfica más diversa con diez especies; a su vez, el municipio de Tejupilco fue el de mayor número de especies con seis (Cuadro 13). La especie más abundante y que se encontró prácticamente en todas las localidades fue *C. l. limpidus*, la cual es un problema de salud pública para el estado, ya que su veneno puede ser letal. También se encontró a *Centruroides* sp. que se distribuye principalmente en el estado de Michoacán (Ponce 2003, Ponce & Francke en prensa). Asimismo se recolectaron dos especies de *Diplocentrus*, distribuidas a los extremos sudeste y sudoeste del estado. También se encontraron dos especies del género *Vaejovis* pertenecientes al grupo *mexicanus*. Con respecto a los tipos de vegetación explorados el que se exploró más intensamente fue el bosque tropical caducifolio.

2. En el Altiplano Sur se encontró un solo registro de recolecta (Cuadro 14). Esta provincia presenta una perturbación muy acentuada, los valles están ocupados por áreas para la agricultura, la ganadería o bien asentamientos urbanos, de esta manera existen pocos hábitats disponibles para los escorpiones. Sin embargo, se encontró a *V. p. punctatus*, asociada a matorral xerófilo, una asociación vegetal diferente al de las otras provincias.

3. El Eje Neovolcánico es la provincia biogeográfica de mayor extensión dentro del Estado de México, su parte sur es la más diversa debido a que comparte más de la mitad de sus especies con la Cuenca del Balsas (Cuadros 13 y 15). En el Eje se encontraron siete especies, cinco de las cuales se comparten con las otras regiones y dos pueden considerarse exclusivas. La baja diversidad relativa de esta provincia puede explicarse debido a que los escorpiones son más diversos en zonas áridas (Polis 1990) y este lugar presenta grandes elevaciones, cadenas montañosas extensas y por consiguiente el clima es húmedo y frío. Es importante mencionar además que en esta provincia hay una gran área perturbada, explotada a gran escala por varias culturas desde tiempos remotos y ha sido una de las más pobladas del país; actualmente es una de las zonas urbanas más grandes del mundo (Fa & Morales 1993, Romero & Velásquez 1999).

Cuadro 13. Cuenca del Balsas. Se muestran las localidades donde se recolectó en cada municipio. Los números que aparecen después del signo de suma + son el número de localidades extras donde no se recolectaron ejemplares.

Municipio	Localidades exploradas	Especies	Localidades con ejemplares
Amatepec	3 + 3	<i>C. l. limpidus</i> <i>Centruroides</i> sp. <i>V. variegatus</i> <i>V. pusillus</i>	2 1 1 1
Malinalco	4	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. variegatus</i> <i>D. coylei</i> <i>V. curvidigitus</i>	2 4 2 3
Tejupilco	16	<i>C. l. limpidus</i> <i>Vaejovis</i> sp. <i>V. variegatus</i> <i>V. pusillus</i> <i>V. intrepidus cristimamus</i> <i>D. silanesi</i>	13 1 5 3 1 1

Cuadro 13. Cuenca del Balsas. Se muestran las localidades donde se recolectó en cada municipio. Los números que aparecen después del signo de suma + son el número de localidades extras donde no se recolectaron ejemplares (continuación).

Tlatlaya	3	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. pusillus</i> <i>V. variegatus</i>	1 1 2
Tonatico	2	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. variegatus</i>	1 2
Zacualpan	4 + 1	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. m. mexicanus</i>	2 4
Total: 6	Total: 36	Total: 10	Total: 32

Cuadro 14. Localidad y municipio del Altiplano Sur donde se recolectó.

Municipios	Localidades exploradas	Especies	Localidades por especies
Otumba	1	<i>V. p. punctatus</i>	1
Total: 1	Total: 1	Total: 1	Total: 1

Cuadro 15. Eje Neovolcánico. Los números que aparecen después del signo de suma + son el número de localidades extras donde no se recolectaron ejemplares.

Municipios	Localidades exploradas	Especies	Localidades por especies
Acambay	1	-----	0
Aculco	1 + 2	<i>D. aff. zacatecanus</i>	1
Atacomulco	1	-----	0
Atizapán de Zaragoza	1	<i>V. m. mexicanus</i>	1
Chapa de Mota	2	-----	0
Isidro Fabela	1	-----	0
Nicolás Romero	1	<i>V. granulatus</i>	1

Cuadro 15. Eje Neovolcánico. Los números que aparecen después del signo de suma + son el número de localidades extras donde no se recolectaron ejemplares. (continuación).

Ocoyoacac	1	<i>V. m. mexicanus</i>	1
Ocuilan	4	<i>V. granulatus</i> <i>V. m. mexicanus</i>	1 2
El Oro	1	-----	0
San Simón de Guerrero	2	<i>C. l. limpidus</i>	2
Santo Tomás	1	<i>C. l. limpidus</i>	1
Sultepec	5 + 2	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. m. mexicanus</i> <i>V. variegatus</i>	5 1 3
Temascalcingo	1	-----	0
Temascaltepec	3	<i>C. l. limpidus</i>	3
Tenancigo	1	-----	0
Timilpa	2	-----	0
Valle de Bravo	1	<i>V. pusillus</i>	1
Villa de Allende	1	-----	0
Villa del Carbón	1 + 2	<i>V. granulatus</i>	1
Zacazonapan	1	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. intrepidus cristimanus</i>	1 1
Zinacatepec	2	-----	0
Total: 22	41	Total: 7	Total: 25

6.3. TIPOS DE VEGETACIÓN EXPLORADOS Y ECOMORFOTIPOS. Se planteó recolectar en siete tipos de vegetación de las tres provincias biogeográficas, de los cuales se obtuvo material de seis de estos. Faltó recolectar en el bosque mesófilo de la Depresión del Balsas (Figura 3). Esta asociación vegetal está ubicada en las cañadas de la sierra de Nanchititla, del municipio de Tejupilco, donde el terreno escarpado impidió que se hiciera el muestreo correspondiente.

En el cuadro 16 se muestran las asociaciones vegetales representadas en porcentajes aproximados, las especies que fueron encontradas en cada una de ellas y sus ecomorfotipos asociados. Se debe notar que las áreas que se utilizan actualmente para la agricultura son las que predominan en el estado.

El bosque tropical caducifolio representa un área de sólo 10% del territorio, sin embargo, fue el más diverso con nueve especies. Probablemente esta asociación posee una mayor diversidad de hábitats en comparación con las otras, lo cual puede estar relacionado con que se hayan encontrado todos los ecomorfotipos presentes en el Estado de México.

El bosque de pino-encino está ampliamente distribuido en el estado y tal vez por esta razón fue la segunda asociación vegetal más diversa con cinco especies. En comparación con el bosque tropical caducifolio, dicha asociación presentó sólo especies euritópicas.

En el bosque de coníferas con solo 4% de la extensión del estado, se encontraron dos especies del grupo *mexicanus*.

El matorral xerófilo es una asociación que está pobremente representada en el área de estudio con 3% del territorio, pero se recolectó a *V. p. punctatus*, exclusiva de esta asociación vegetal.

El pastizal natural que se distribuye al norte del estado fue explorado pero no se recolectaron ejemplares, sin embargo en el municipio de Aculco, donde existe este tipo de vegetación, se encontró a *Diplocentrus* aff. *zacatecanus*, aunque en un pastizal inducido. Es muy probable que esta especie se pueda encontrar en ambos tipos de pastizal.

Cuadro 16. Asociaciones vegetales, su porcentaje representado en el estado, las especies que se encontraron en cada una de éstas y sus ecomorfotipos asociados. ¿? El hábitat en donde se recolectó era similar al del grupo *nitidulus*.

Asociación vegetal	Porcentaje aproximado del área del estado	Especies encontradas	Ecomorfotipos
Bosque de pino-encino	35%	<i>C. l. limpidus</i> <i>V. m. mexicanus</i> <i>V. granulatus</i> <i>V. pusillus</i>	Cortícolas-Lapidícolas
		<i>V. variegatus</i>	Lapidícola
Bosque tropical caducifolio	10%	<i>C. l. limpidus</i> <i>Centruroides</i> sp. <i>V. m. mexicanus</i>	Cortícolas-Lapidícolas
		<i>V. variegatus</i> <i>V. intrepidus cristimanus</i> <i>Vaejovis</i> sp.	Lapidícolas
		<i>D. coylei</i> <i>D. silanesi</i>	Pelófilos
		<i>V. curvidigitus</i>	Litófilo
Bosque de coníferas	4%	<i>V. m. mexicanus</i> <i>V. granulatus</i>	Cortícola-Lapidícola
Bosque de <i>Juniperus</i>	0.5%	<i>V. m. mexicanus</i>	Cortícola-Lapidícola
Matorral xerófilo	3%	<i>V. p. punctatus</i>	¿?Lapidícola
Pastizal natural	1.5%	-----	-----
Bosque mesófilo	1%	<i>V. m. mexicanus</i>	Cortícola-Lapidícola
Agricultura y pastizal inducido	45%	<i>Diplocentrus</i> aff. <i>zacatecanus</i>	Pelófilo

Los bosques mesófilo y de *Juniperus* son vegetaciones transicionales que ocupan sólo el 1.5% del territorio del estado, sin embargo en ambas se encontró a *V. m. mexicanus*.

Los ecomorfotipos encontrados se presentan en el cuadro 17, donde se puede ver que la mitad de las especies ocupan un hábitat restringido, es decir son estenotópicas. Estas especies presentan adaptaciones al tipo de sustrato en el que viven, por ejemplo las pelófilas, representadas por *Diplocentrus* spp. poseen quelíceros alargados, patas cortas, robustas y armadas con macrosedas espiniformes en la parte pro y retrolateral del telotarso, caracteres usados para cavar en sustratos compactos. Las litófilas, que componen al grupo *nitidulus*, tienen el cuerpo comprimido dorsoventralmente y macrosedas en los telotarsos que utilizan para desplazarse entre los espacios de las paredes de roca.

Las especies euritópicas no presentan adaptaciones evidentes a un cierto sustrato, además de que se encontraron en diferentes hábitats por lo que su ecomorfotipo no se puede definir con precisión. Por ejemplo, las especies del grupo *mexicanus* y de *Centruroides* podrían considerarse cortícolas, porque fueron recolectadas bajo cortezas, pero también se recolectaron en varias ocasiones bajo rocas y otros objetos. Ambos hábitats pueden entrar en las dos categorías, por lo que se decidió ponerlos juntos en los cuadros 16 y 17.

En el cuadro 17 se aprecia que de los escorpiones litófilos (grupo *nitidulus*) sólo *V. curvidigitus* fue recolectado con éxito. En general las formaciones rocosas, riscos y paredes naturales de roca fueron difíciles de acceder por la noche. Otro factor que pudo afectar este resultado es el hecho de que estas especies estén en el límite de su distribución por lo que suelen ser raras.

Los ecomorfotipos de los escorpiones han sido definidos por algunos autores (Newlands 1978, Lamoral 1979, Bradley 1988, Polis 1990), los cuales han utilizado nombres diferentes para el mismo concepto. También se han utilizado términos que tienen que ver más con el comportamiento de estos arácnidos, por ejemplo errante (Bradley 1988, Polis 1990). Prendini (2001) intentó hacer un resumen de los trabajos anteriores y definió cinco ecomorfotipos, de los cuales, psamófilo y litófilo son altamente especializados; el resto de los ecomorfotipos son euritópicos, por lo que son aplicables a un rango más amplio de fenotipos (Cuadro 4).

Una tarea a futuro en este tópico es revisar la definición de los ecomorfotipos para poder homogenizar conceptos que puedan ser aplicados adecuadamente.

Cuadro 17. Ecomorfotipos y hábitats reconocidos. Las especies que se encontraron en las colecciones se marcan con un asterisco, su ecomorfotipo fue asignado de acuerdo a la literatura (Sissom & Francke 1985, Sissom 1991a, Lourenço & Sissom 2000). ¿? *Vaejovis* sp. se recolectó en actividad en la superficie y no se conoce su hábitat, se asignó al ecomorfotipo por sus características morfológicas.

Rango de Hábitats	Ecomorfotipos	Especies	Hábitats
Estenotópicos	Litófilos	* <i>V. nigrescens</i> , * <i>V. nitidulus</i> , <i>V. curvidigitus</i> , * <i>V. kochi</i>	Paredes de roca
	Pelófilos	<i>Diplocentrus</i> aff. <i>zacatecanus</i> , * <i>Diplocentrus</i> aff. <i>coylei</i> , <i>D. coylei</i> , <i>D. silanesi</i>	Galerías
Euritópicos	Cortícolas-Lapidícolas	<i>C. l. limpidus</i> , <i>Centruroides</i> sp., <i>V. granulatus</i> , <i>V. pusillus</i> , <i>V. m. mexicanus</i>	Bajo rocas, bajo corteza, bajo troncos, bajo musgo, dentro de troncos
	Lapidícolas	<i>V. p. punctatus</i> , <i>V. variegatus</i> , ¿? <i>Vaejovis</i> sp., <i>V. intrepidus</i>	Bajo rocas

6.4. ESPECIES ENCONTRADAS Y SU ABUNDANCIA RELATIVA. Se obtuvieron 15 especies del material de colecciones y 13 de los viajes de campo, de ambas fuentes se obtuvo un total de 17 especies y 817 ejemplares. En el cuadro 18 se presentan los taxones encontrados, los cuales están ordenados de acuerdo con la clasificación de Soleglad & Fet (2003).

Se encontraron cuatro especies nuevas para la ciencia de los tres géneros presentes en la entidad. *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* pertenece a un complejo de especies que se distribuye desde el Estado de México hacia el norte hasta Durango; la otra especie está relacionada con *D. coylei*, pero no se lograron capturar más ejemplares debido a que no se tiene la localidad exacta de recoleta de este ejemplar, lo único que se sabe es que pertenece a los alrededores de Toluca. El valle de Toluca ha crecido considerablemente y su urbanización ha eliminado una cantidad considerable del hábitat natural, de tal manera que no fue fácil recolectar en un área con estas características. Del género *Centruroides* sólo se encontró un ejemplar de una especie que está en proceso de descripción, que habita más comúnmente en la Depresión del Balsas dentro del territorio de Michoacán. Finalmente una especie del género *Vaejovis* que presenta caracteres morfológicos muy especiales. La subespecie *V. intrepidus cristimanus* es un nuevo registro para el estado.

Se encontraron en diferentes colecciones tres especies del grupo *nitidulus*, *V. kochi* en la FC-UNAM, *V. nigrescens* en la CNAN y *V. nitidulus* en la UAQ, estas especies no fueron recolectadas durante los períodos de campo debido a dos factores probables: 1) Las especies del grupo *nitidulus* son litofílicas y como se mostró en el cuadro 5, la forma más eficiente para recolectarlas es con lámparas de luz UV; sin embargo, por cuestiones de seguridad no se pudo permanecer de noche en algunas localidades que potencialmente podrían haber estado habitadas por estas especies; 2) no son comunes dentro del territorio del Estado de México, los límites de su distribución parece que coinciden con los límites del territorio del área de estudio.

Las especies que sólo se encontraron en colecciones (Cuadro 18) están relacionadas entre sí, por el hecho de que todas son estenotópicas, es decir de hábitat restringido, lo cual pudo influir en que no se recolectaran.

La abundancia relativa y el número de localidades de las especies recolectadas se presenta en la figura 9. La especie más abundante y encontrada en la mayoría de las localidades fue *C. l. limpidus*, lo cual está relacionado con su tipo de historia de vida, ya que es una especie oportunista y como tal sus poblaciones son densas.

V. variegatus es la especie que le sigue en abundancia y con mayor número de localidades, en general las especies lapidícolas suelen ser abundantes y esta especie está ampliamente distribuida en el sur del estado donde se recolectó con mayor frecuencia.

V. p. punctatus también es una especie lapidícola y por ende, sus poblaciones son abundantes, aunque en este caso sólo se recolectó en una localidad, además de que se encuentra distribuida dentro de un área reducida en el Estado de México (Cuadro 16).

Resulta contrastante la cantidad de localidades en las que se encontró a *V. m. mexicanus*, en comparación con *V. p. punctatus*; ambas especies se hallaron con la misma abundancia pero la primera se recolectó en casi diez localidades, mientras que la segunda sólo en una. Esta desigualdad probablemente se debe a que *V. m. mexicanus* es la especie con la mayor distribución en el estado aunque sus poblaciones son poco abundantes (Figura 9).

De acuerdo con los criterios de Main (1982) se clasificaron las especies raras como sigue: *V. pusillus* es un escorpión con un hábitat muy específico que localmente presenta

altas densidades, pero con una distribución muy restringida al igual que *Diplocentrus* aff. *zacatecanus*, *D. coylei*, *V. curvidigitus* y *V. granulatus*, los cuales pueden recolectarse en grandes cantidades una vez que se ha reconocido el sitio preciso donde habitan. *V. intrepidus cristimanus* y *D. silanesi* pueden clasificarse como especies con una distribución relativamente amplia pero con una densidad muy baja y finalmente *Vaejovis* sp. y *Centruroides* sp. son especies muy raras, debido a que el área de estudio se encuentra cerca del límite de la distribución común de estas especies.

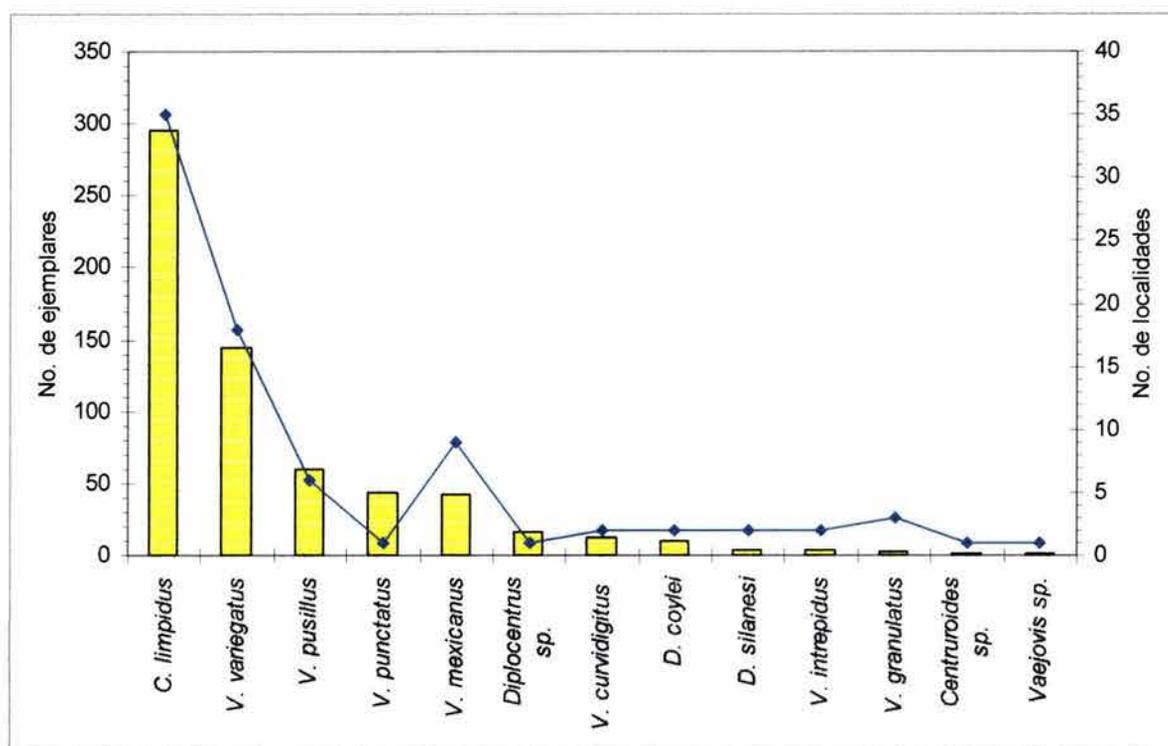


Figura 9. Abundancia relativa de las especies (barras) y número de localidades para cada una (línea).

Cuadro 18. Lista total de taxones encontrados en los museos y en recolectas, en las columnas de la derecha se indica el número correspondiente de ejemplares. Las celdas sombreadas muestran las especies que sólo se encontraron en museos o en recolectas.

Familias		Especies	Museos	Recolecta
Buthidae		<i>Centruroides limpidus limpidus</i> (Karsch, 1879)	40	296
		<i>Centruroides</i> sp.	0	1
Scorpionidae Subfamilia Diplocentrinae		<i>Diplocentrus coylei</i> Fritts y Sissom, 1996	3	10
		<i>Diplocentrus silanesi</i> De Armas & Martín-Frías, 2000	4	4
		<i>Diplocentrus</i> aff. <i>zacatecanus</i>	2	16
		<i>Diplocentrus</i> aff. <i>coylei</i>	1	0
Vaejovidae	Grupo <i>mexicanus</i>	<i>Vaejovis mexicanus mexicanus</i> C. L. Koch, 1836	36	41
		<i>Vaejovis granulatus</i> Pocock, 1898	5	3
		<i>Vaejovis pusillus</i> Pocock, 1898	18	60
	Grupo <i>nitidulus</i>	<i>Vaejovis kochi</i> Sissom, 1991	2	0
		<i>Vaejovis curvidigitus</i> Sissom, 1991	2	12
		<i>Vaejovis nigrescens</i> Pocock, 1898	1	0
		<i>Vaejovis nitidulus</i> C. L. Koch, 1843	1	0
	Grupo <i>intrepidus</i>	<i>Vaejovis intrepidus cristimanus</i> Pocock, 1898	6	8
	Grupo <i>eusthenura</i>	<i>Vaejovis punctatus punctatus</i> Karsch, 1879	24	44
		<i>Vaejovis variegatus</i> Pocock, 1898	31	145
		<i>Vaejovis</i> sp.	0	1
	Total de organismos			176

6.5. ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

6.5.1. Modelos de función de acumulación de especies. Los valores obtenidos con los modelos se muestran en el cuadro 19, los cuales estimaron de 13 a 16 especies para el análisis con localidades y 14 a 16 para días de recolecta. El modelo de dependencia lineal presentó una diferencia de una especie menos con el análisis de días de recolecta, mientras que la ecuación de Clench se mantuvo en 16 especies, mostrando una baja sensibilidad al sesgo por la utilización de diferente esfuerzo de recolecta.

En las figuras 10 a 15 se muestra el comportamiento de las curvas de los modelos y su extrapolación, donde dependencia lineal muestra una predicción de 15 especies con localidades y 17 con días de recolecta (Figuras 10 y 11); al igual que la ecuación de Clench (Figuras 14 y 15). El modelo logarítmico no presentó asíntota clara, al alcanzar 16 y 18 especies, por lo que puede estar sobreestimando la diversidad (Figuras 12 y 13) como se discutirá más adelante.

La ecuación de Clench fue la más constante en predicción al utilizar diferentes esfuerzos de recolecta y diferentes formas de obtención de la asíntota; aunque dependencia lineal estimó valores parecidos a los de Clench, sobre todo al extrapolar (Cuadro 20).

El resultado de t_q (Cuadro 19) para el modelo de dependencia lineal mostró que la recolecta realizada representa el 95% de la asíntota para ambos esfuerzos de recolecta. La ecuación de Clench, en contraste produjo un t_q mayor que dependencia lineal, lo que indica que la asíntota se alcanzará al 95% cuando se recolecten seis veces más localidades y seis veces más días por dos personas de las ya recolectados, lo cual resultó exagerado.

La experiencia de campo del autor es un punto de referencia importante, dado que no existe otro que pueda ser medido cuantitativamente. Dicha experiencia coincide con las predicciones de la extrapolación de los modelos de Clench y de Dependencia lineal, considerando para ambos un esfuerzo de recolecta por localidades (15 especies) (Cuadro 20). De acuerdo con el número de especies recolectadas (13) y las estimadas, faltaron dos especies por recolectar. Es probable que la predicción obtenida, sea la que represente mejor la diversidad de escorpiones del Estado de México.

Esta conclusión se fundamenta en que cuando se revisó el material de las colecciones se encontraron cuatro especies diferentes a las que se recolectaron; sin

embargo, es probable que dos de ellas (*V. nitidulus* y *V. nigrescens*) no sean parte relevante de la diversidad del área de estudio, ya que el hábitat en el que se han recolectado anteriormente difiere considerablemente. Por ejemplo, *V. nitidulus* habita de manera natural en zonas áridas y la localidad registrada para el Estado de México corresponde a una zona de agricultura y bosques de pino-encino. Otro argumento para descartar estas dos especies, es que sólo cuentan con un ejemplar cada una, recolectados dentro de poblaciones importantes (Ixtapan del Oro y Aculco) donde es más probable que ocurriera la introducción antropocórica.

Las otras dos especies tienen mayor presencia en el Estado de México, *V. kochi* ya había sido registrada para el estado, incluso, una localidad de donde provienen ejemplares tipos es Teotihuacán (Sissom 1991a). *Diplocentrus* aff. *coylei* fue recolectado en el valle de Toluca, por lo que su distribución indudablemente pertenece al Estado de México.

Finalmente hay que puntualizar que no se puede descartar la presencia de otras especies en hábitats menos accesibles, que no hayan sido explorados sistemáticamente, como por ejemplo el interior de la fronda de plantas epífitas.

El uso de estos y otros modelos de curvas de acumulación de especies no es reciente (Gleason 1922, Preston 1962, Sanders 1968, Hurlbert 1971, MacArthur 1972, Pielou 1975, Clench 1979, Connor & McCoy 1979, May 1986, Brown & Mayers 1988, Quinn & Harrison 1988, Miller & Weigebert 1989, Palmer 1990, Solow & Smith 1991, Grassle & Maciolek 1992, Bekon 1993, Soberón & Llorente 1993, Colwell & Coddington 1994, Flather 1996, Lande *et al.* 2000, Moreno & Halffter 2001, entre otros), sin embargo, no se han logrado ajustar las características de cada modelo para un caso específico de estudio, lo cual está ligado a los factores que los modelos no consideran y que tienen que ver con: 1) la abundancia relativa de los taxones, 2) la distribución espacial de los mismos, 3) su diversidad entre sitios, 4) el tipo del esfuerzo de recolecta, 5) la probabilidad de captura de los ejemplares, 6) los métodos de recolección empleados, 7) el tamaño del área en que se toman muestras, y 8) la temporalidad de las recolectas (Colwell & Coddington 1994, Flather 1996, Chazdon *et al.* 1998, Scharff *et al.* 2003, Thomson & Whithers 2003, Thomson *et al.* 2003).

Al respecto Vargas-Fernández *et al.* (1999), mencionan que dichos modelos no controlan variables que tienen que ver con la historia de vida de los organismos en estudio, además de la heterogeneidad del ambiente; por lo que estos modelos pretenden ser simples, pero a la vez tratan de explicar una realidad más compleja.

En dos trabajos recientes se ha intentado probar la utilidad de varios modelos de regresión no lineal con casos de estudio particulares y simulación en computadora, en los que se ponderó la implicación de la riqueza, abundancia relativa y el tipo de esfuerzo de recolecta en la forma de las curvas y en su poder de predicción (Thomson & Withers 2003, Thomson *et al.* 2003). En dichos estudios se probó la eficacia de los tres modelos aplicados en este trabajo y se observó una tendencia similar a la encontrada. El modelo de dependencia lineal y logarítmico frecuentemente subestiman la riqueza, aunque aquí el modelo logarítmico sobreestimó las especies a diferencia del modelo de Clench, el cual además puede ser más eficiente en sitios heterogéneos (Thomson *et al.* 2003) como el Estado de México; otras evidencias a favor del uso de este último modelo se encuentran en los trabajos de Vargas-Fernández *et al.* (1999) y Moreno & Halfpeter (2001).

Una de las perspectivas a futuro para mejorar la información generada es aplicar otros modelos de regresión no lineal, que pueden proveer evidencia más robusta. Se podrían aplicar específicamente los modelos Beta-P (Mielke & Johnson 1974) y Weibull (Brown & Mayers 1988) que han demostrado mayor eficiencia bajo diferentes condiciones (Flather 1996, Thomson & Withers 2003, Thomson *et al.* 2003).

Cuadro 19. Valores obtenidos del ajuste con los modelos propuestos por Soberón & Llorente (1993). Abreviaciones: L/2p localidades por dos personas, D/2p días recolectados por dos personas. El valor de r^2 fue prácticamente el mismo para ambos análisis.

Modelo	<i>a</i>		<i>b</i>		<i>(a/b)</i>		r^2	t_q	
	L/2p	D/2p	L/2p	D/2p	L/2p	D/2p		L/2p	D/2p
Dependencia lineal	0.52	1.13	0.04	0.08	13	14.12	0.96	75	37
Logarítmico	0.26	2.04	1.40	0.25	-----	-----	0.98	-----	-----
Ecuación de Clench	0.64	1.43	0.04	0.09	16	15.88	0.98	475	211

Cuadro 20. Valores obtenidos con la asíntota calculada con las fórmulas de Soberón y Llorente (1993) y por medio de la extrapolación de los datos.

Modelo	<i>a/b</i>		Extrapolación gráfica	
	L/2p	D/2p	L/2p	D/2p
Dependencia lineal	13	14	15	17
Ecuación de Clench	16	16	15	17
Logarítmico	-----	-----	16	18

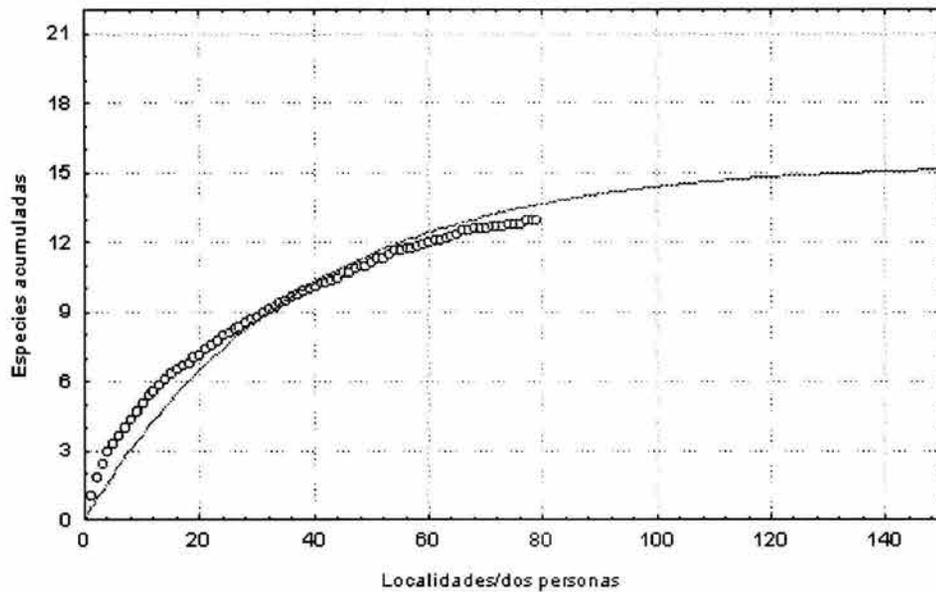


Figura 10. Comportamiento del modelo lineal analizado con localidades. En esta y en las próximas seis figuras los círculos representan los datos originales en orden aleatorio y las líneas el ajuste con cada modelo.

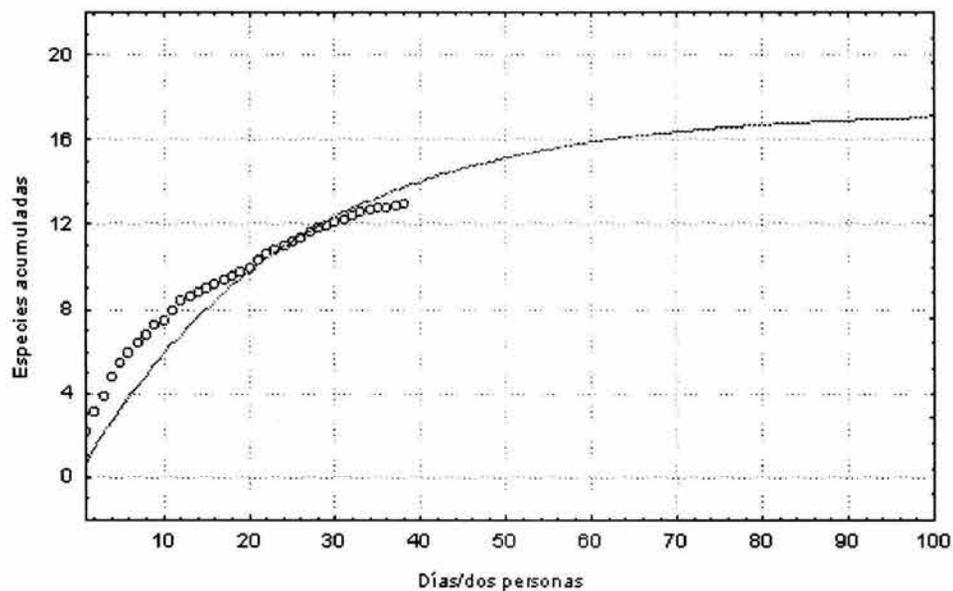


Figura 11. Comportamiento del modelo de dependencia lineal analizado con días.

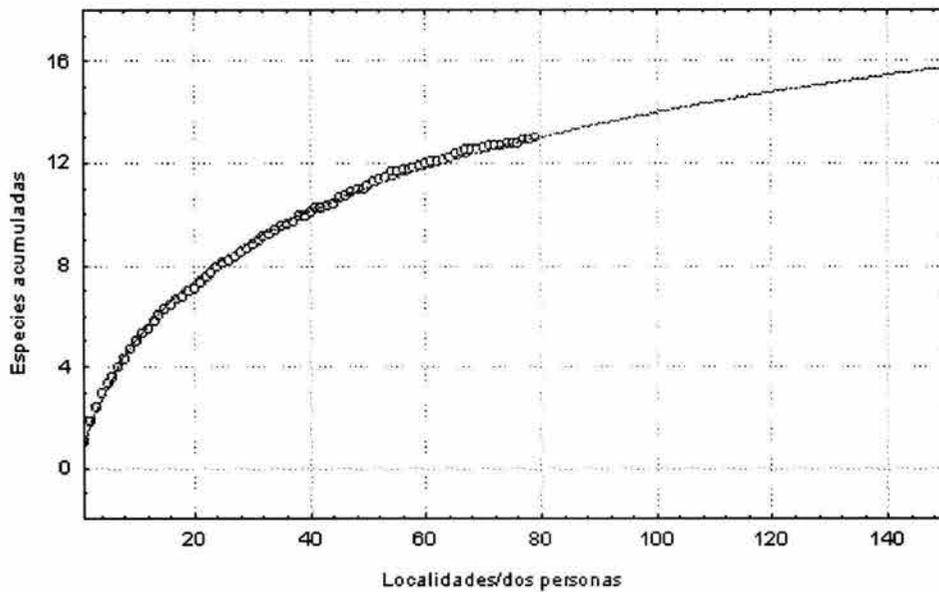


Figura 12. Comportamiento del modelo logarítmico analizado con localidades.

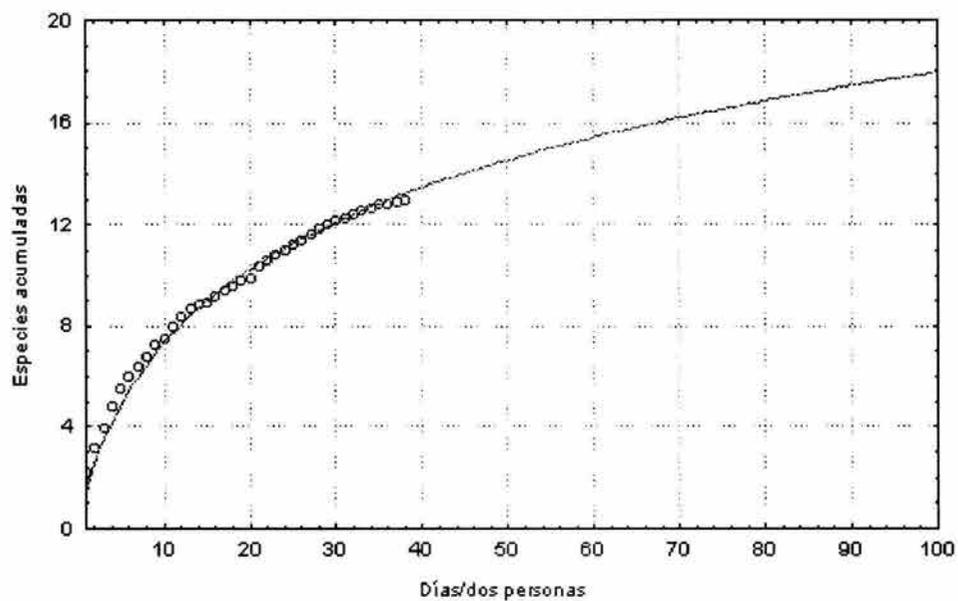


Figura 13. Comportamiento del modelo logarítmico analizado con días.

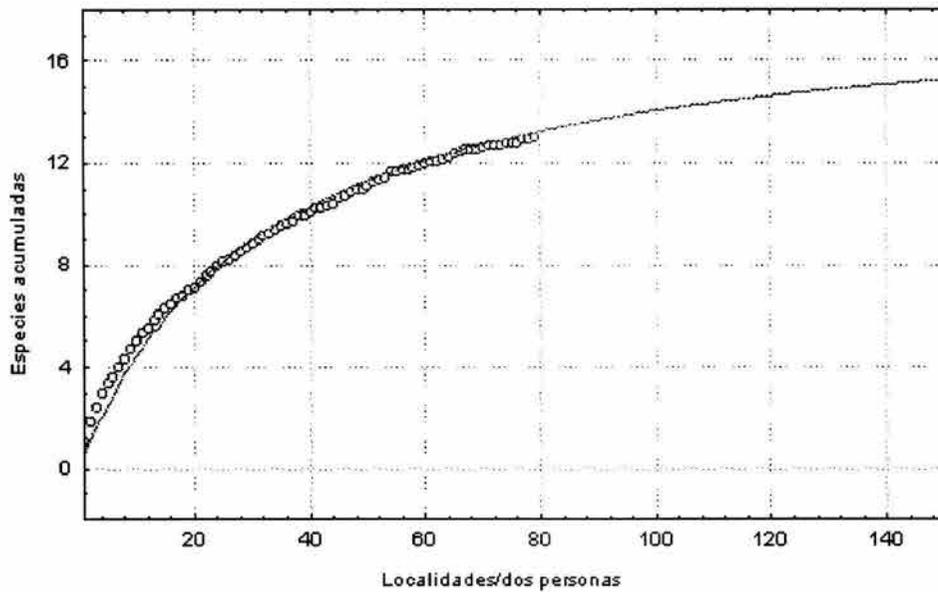


Figura 14. Comportamiento del modelo de ecuación de Clench analizado con localidades.

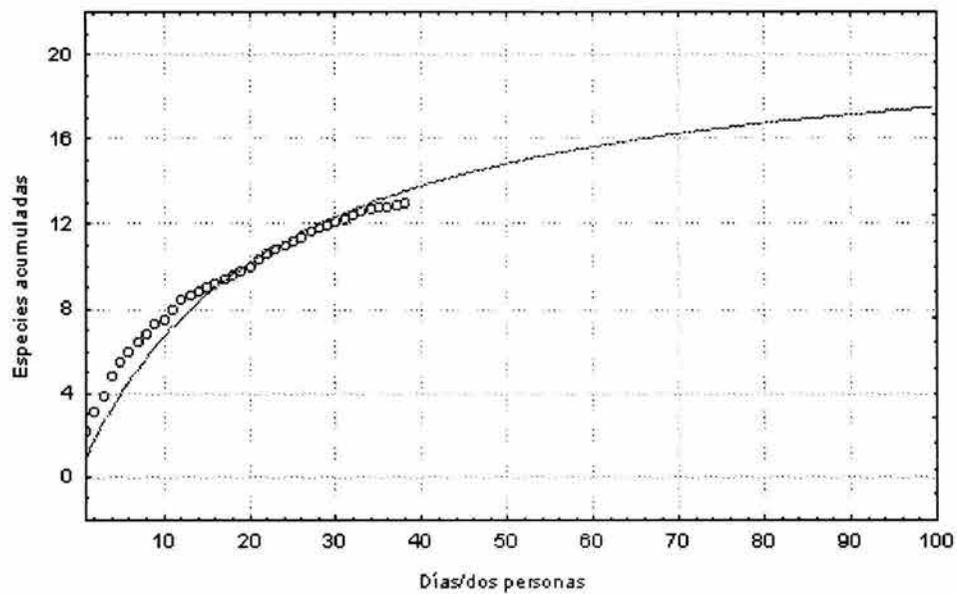


Figura 15. Comportamiento del modelo de ecuación de Clench analizado con días.

6.5.2. Modelos no paramétricos. Los resultados de los estimadores por localidades se presentan en el cuadro 21, los cuales predijeron entre 14 y 22 especies, siendo Jack 2 con 22 especies, ICE con 20, Chao 2 con 19 y Jack 1 con 18 los más altos. Otro grupo compuesto por Bootstrap, ACE, MMRuns y MMMean, estimaron 15 especies y finalmente Chao 1 resultó con 14. Para el esfuerzo de recolecta por días la predicción fue más baja, entre 15 y 18 especies, siendo los más altos Jack 2 con 18, Jack 1 e ICE con 17, el resto de los estimadores predijeron 15 especies.

Para ambos tipos de esfuerzo de recolecta el número de especies raras fue de 3 (Figura 9), mientras que no se registraron especies infrecuentes (Cuadro 21), razón por la que probablemente ICE sobreestimó la cantidad de especies y en contraste ACE resultó con una cantidad más cercana a lo obtenida en el campo.

El comportamiento de los estimadores por esfuerzo de recolecta por localidades se presenta en las figuras 16 a 24, en donde se advierte que las curvas están cerca de la asíntota, sobre todo en el caso de ICE a partir de la localidad 59 con 20 especies, aunque como se acaba de mencionar sobreestimó el número de especies. En las figuras 17 a 23 se observa la desviación estándar de la mayoría de los estimadores, donde ACE, Jack 2 y Bootstrap (Figuras 17, 22 y 23) presentan la más baja. El resto de los estimadores presentan una desviación estándar considerable que aumenta al final de la curva, sobre todo en los últimos puntos que son los cruciales ya que presentan el valor de estimación final.

Los estimadores analizados con localidades, MMMean y MMRuns están graficados en la figura 24 (Cuadro 22), en donde se observa un comportamiento errático al inicio de las curvas, lo cual según Colwell (2001) está relacionado con un incremento abrupto de riqueza en el inventario. En ambos casos la tasa de incremento de especies es más rápida en las primeras localidades en comparación con los demás estimadores, en MMRuns fue tal la variación, que para graficar se eliminaron las primeras seis localidades. Por otro lado, MMRuns alcanzó su asíntota desde la localidad 52 con 15 especies, siendo el estimador que lo hizo con un número menor de muestras. En la figura 24 también se muestra la curva obtenida con Cole, estimador que a diferencia de los demás estandariza su predicción con base en el tamaño mayor de muestra obtenido (Magurran 1988, Moreno 2000, Colwell 2001). Este estimador presenta varias desventajas (Moreno 2000), la principal es

justamente que al intrapar se pierde información, sin embargo puede dar idea de la heterogeneidad de las muestras ya que, según Colwell (2001), si la curva de datos originales está por debajo de la curva Cole, las muestras son heterogéneas y esto se acentúa si se alejan más, lo cual se puede observar al inicio de ambas curvas de las figura 24, aunque a partir de la localidad 67 se empalman. El comportamiento de Cole puede interpretarse de la siguiente manera: las muestras presentan cierta heterogeneidad debido al sesgo de algún factor mencionado en el análisis con los modelos de acumulación de especies, que puede ser de tipo histórico o ecológico. Sin embargo este sesgo se logró disminuir de alguna manera al final.

Las curvas de los estimadores con esfuerzo de días de recolecta se aprecian en las figuras 25 a 33, donde los estimadores ICE, Chao 1, Jack 1 y Jack 2 presentan asíntotas a partir del día 28 con un rango de 15 a 18 especies. En este caso las desviaciones más bajas fueron para ACE, Chao 1 y Bootstrap. El comportamiento de las curvas de MMRRuns, MMeans y Cole fueron parecidas a las encontradas con el esfuerzo de localidades, aunque la asíntota de MMRRuns no fue tan evidente, pero la diversidad estimada fue prácticamente la misma.

ACE, Bootstrap, MMRRuns y MMMean no presentaron cambios en su estimación analizada con ambos tipos de esfuerzo de recolecta. El hecho de que los valores de predicción se mantengan estables con diferente esfuerzo de recolecta, puede sugerir que los modelos de estimación no fueron sensibles a los diferentes factores de sesgo. Sin embargo, la tendencia de los análisis con los dos esfuerzos de recolecta es a disminuir la cantidad de especies y la desviación estándar con días. Esto puede deberse a que si se usan las localidades como esfuerzo, se incluyen 21 de ellas donde no se encontraron ejemplares y esto podría influir en el caso de ICE, Chao 2 y Jack 2 que hicieron predicciones más altas, lo cual fue comprobado al realizar el análisis sin las localidades con ceros, lo cual arrojó resultados muy parecidos al análisis con días y estimó 15 a 19 especies. El análisis con días incluyó también las 21 localidades sin individuos, pero la diferencia aquí es que al sumar los ceros no influyeron en el análisis, pues no hubo un solo día en donde no se recolectaran ejemplares.

Como ya se mencionó para los modelos de función de acumulación, los análisis apuntan a una cantidad de 15 especies en el Estado de México, siendo igual para el caso de los modelos de esta sección. Si se toma en cuenta que los días de recolecta presentaron resultados menos sesgados que las localidades y en el cual la tendencia de los estimadores es a 15 especies, seis de ellos estiman esto (Cuadro 21), además de que ACE y Bootstrap presentan una desviación estándar igual a cero, otorgando mayor confiabilidad al resultado.

Si se hace un balance del desempeño de los estimadores tanto de las curvas de función de acumulación como los modelos del programa 'Estimates', se puede concluir que la ecuación de Clench, del primer grupo de modelos, ACE y Bootstrap del otro, son los de mejor estimación porque resultaron con la misma diversidad. Además de los otros argumentos expuestos con respecto a las evidencias de especies de las colecciones y la experiencia del autor, dichos estimadores resultaron por arriba de las especies observadas, se mantienen constantes al aplicarlos con variables diferentes y no fueron sensibles a los sesgos metodológicos.

Otra conclusión que puede deducirse, es que estos tres modelos pueden ser útiles para estimar riqueza de especies de escorpiones en zonas muy heterogéneas fisonómicamente. Como última recomendación a los futuros trabajos de diversidad en escorpiones, es que se deberán seguir probando estos últimos modelos desde el punto de vista empírico a través de inventarios lo más completos posibles, que puedan tener resultados comparables con los encontrados en este estudio y otros.

Cuadro 21. Resultado de los estimadores, la desviación estándar se muestra entre paréntesis. Abreviaciones, L/2p localidades por dos personas, D/2p días de recolecta por dos personas.

Estimador	Número de especies estimadas y desviación estándar	
	L/2p	D/2p
ACE	14.99 (0)	14.59 (0)
ICE	19.94 (0.01)	16.83 (0.01)
Chao 1	13.75 (3.74)	15.00 (0)
Chao 2	18.63 (17.14)	14.63 (3.49)
Jack 1	17.94 (2.57)	16.89 (1.87)
Jack 2	21.85 (0)	17.92 (0)
Bootstrap	15.10 (0)	14.90 (0)
MMRuns	14.68	14.99
MMMean	14.80	14.44
Cole	12.97 (0.16)	12.95 (0.23)

Cuadro 22. Valores de las variables que usaron los estimadores para realizar el análisis

Variables de los estimadores	L/2p	D/2p
Singletons	2	2
Doubletons	1	0
Unicates	5	4
Duplicates	1	3
Spp. infrecuentes	0	0

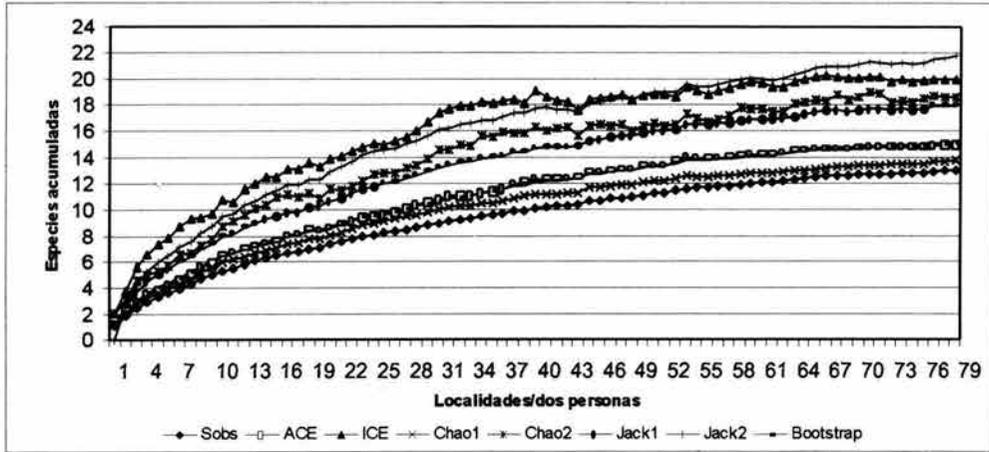


Figura 16. Curvas ajustadas con esfuerzo de recolecta localidades por dos personas, la abreviatura “Sobs” representa los datos originales en orden aleatorio.

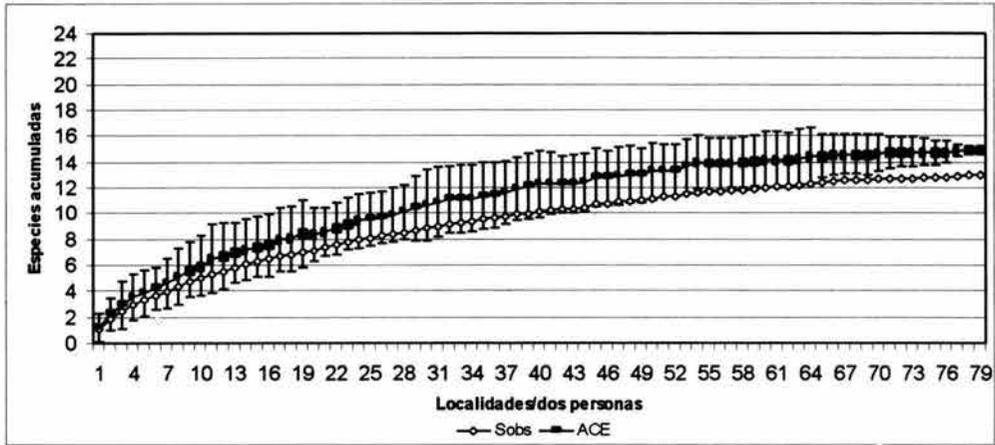


Figura 17. Curva de ACE con localidades por dos personas y desviación estándar.

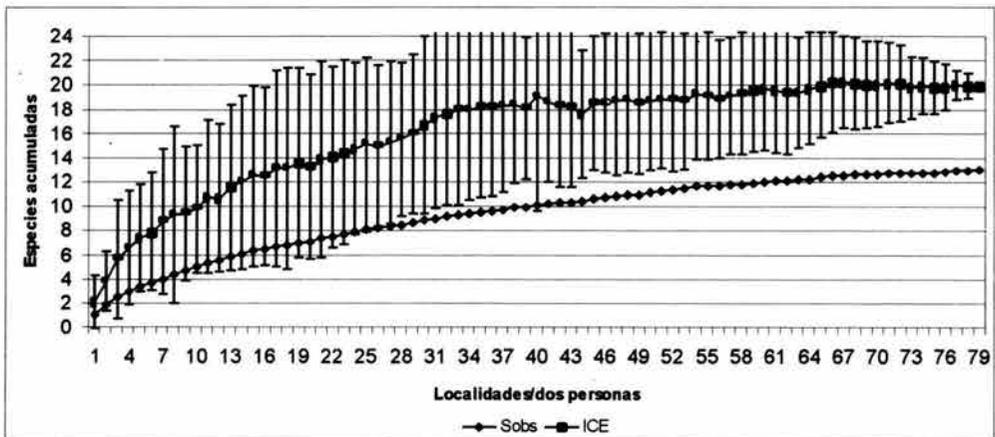


Figura 18. Curva de ICE con localidades por dos personas y desviación estándar.

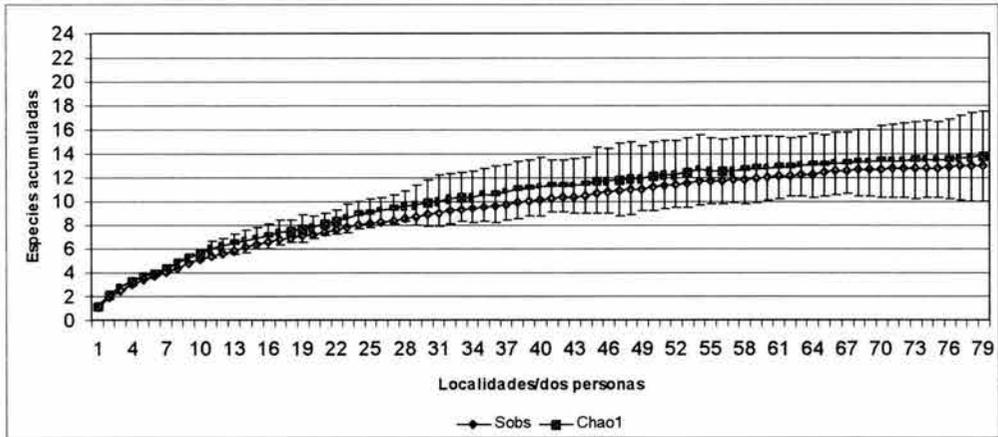


Figura 19. Curva de Chao 1 con localidades por dos personas y desviación estándar.

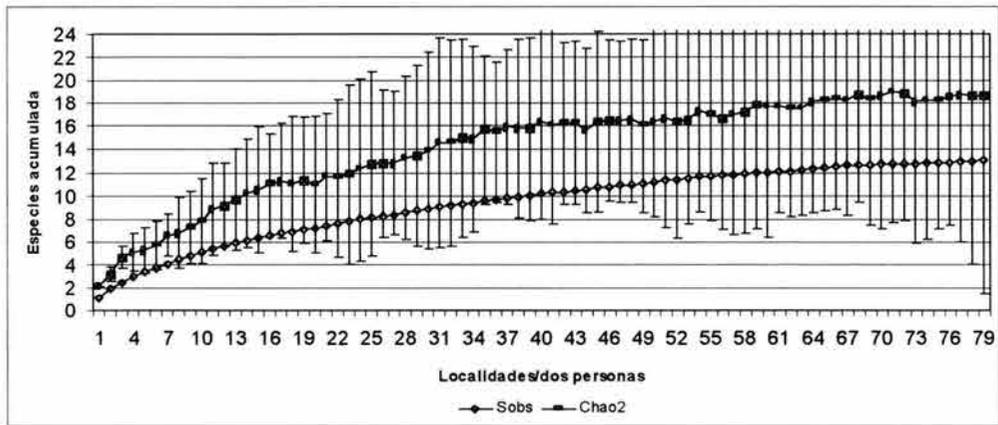


Figura 20. Curva de Chao 2 con localidades por dos personas y desviación estándar.

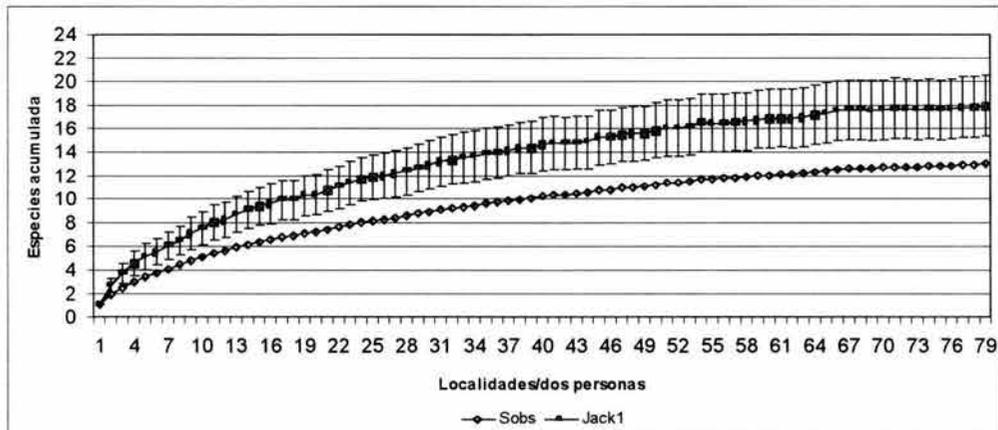


Figura 21. Curva de Jack 1 con localidades por dos personas y desviación estándar.

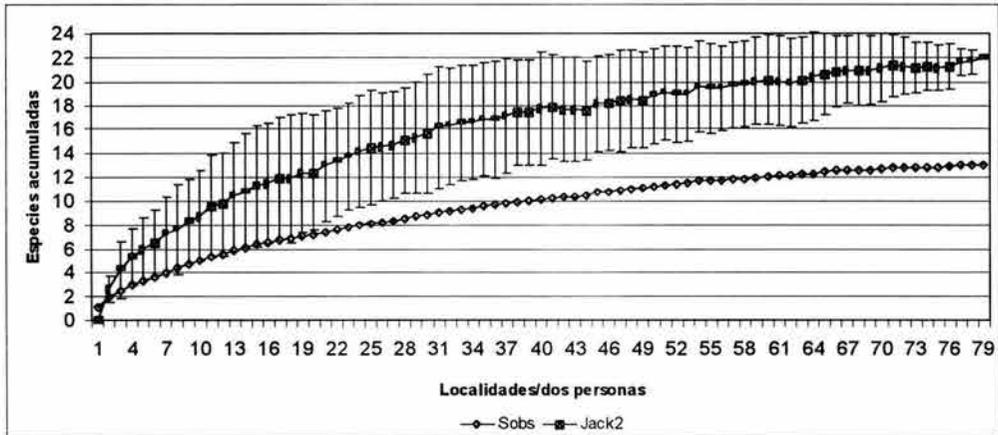


Figura 22. Curva de Jack 2 con localidades por dos personas y desviación estándar.

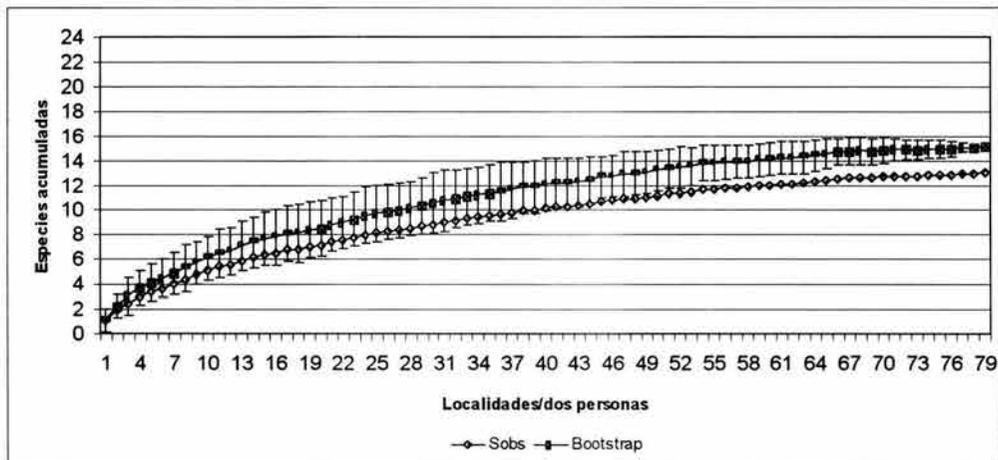


Figura 23. Curva de Bootstrap con localidades por dos personas y desviación estándar.

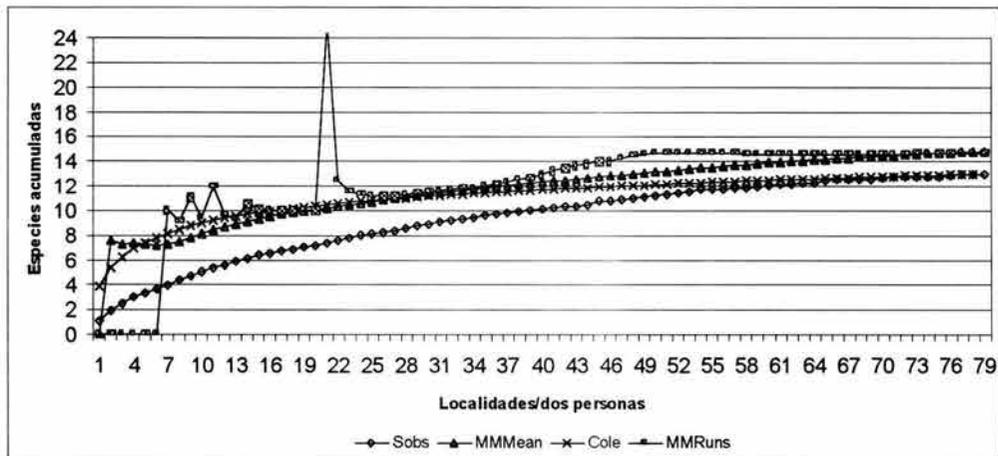


Figura 24. Curvas de MMRMean, MMRRuns y Cole ajustadas con localidades por dos personas.

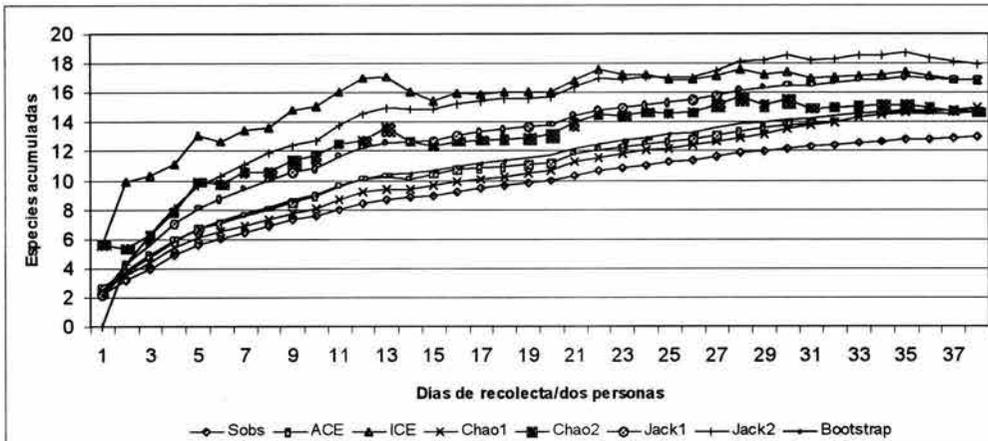


Figura 25. Curvas ajustadas con días de recolecta por dos personas la abreviatura “Sobs” representa los datos originales en orden aleatorio.

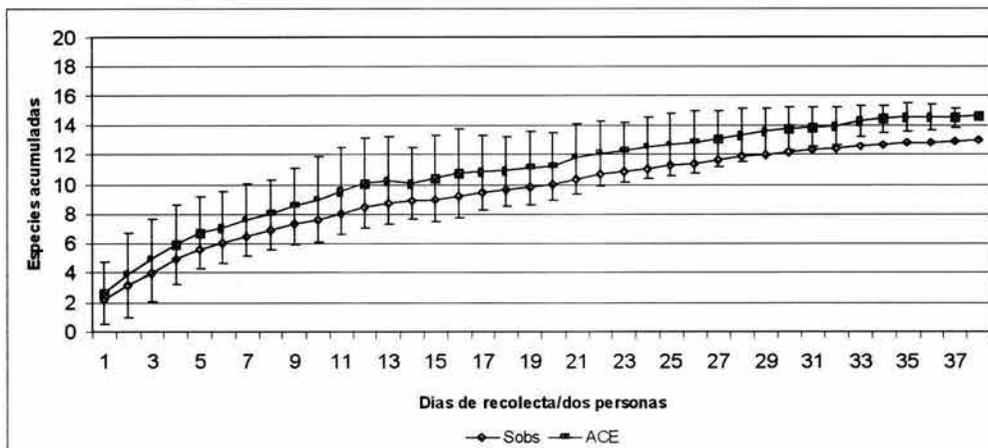


Figura 26. Curva de ACE con días de recolecta por dos personas y desviación estándar.

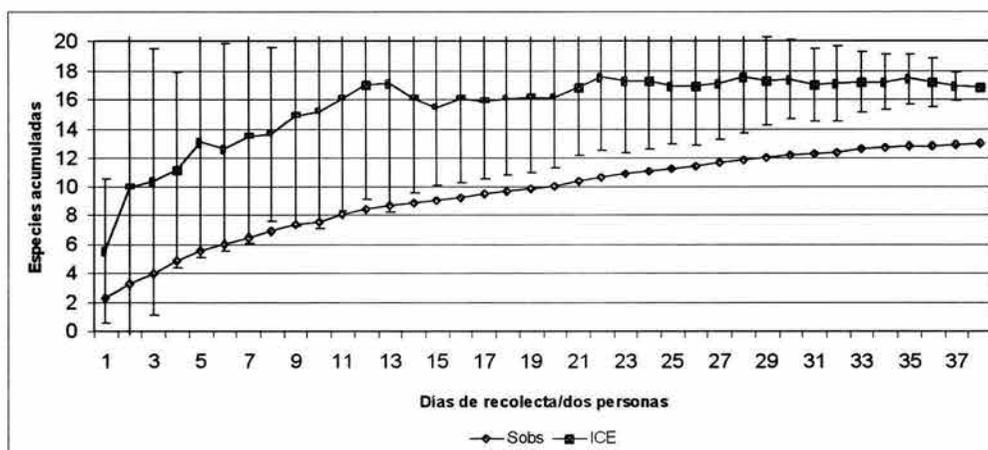


Figura 27. Curva de ICE con días de recolecta por dos personas y desviación estándar.



Figura 28. Curva de Chao 1 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar.



Figura 29. Curva de Chao 2 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar.

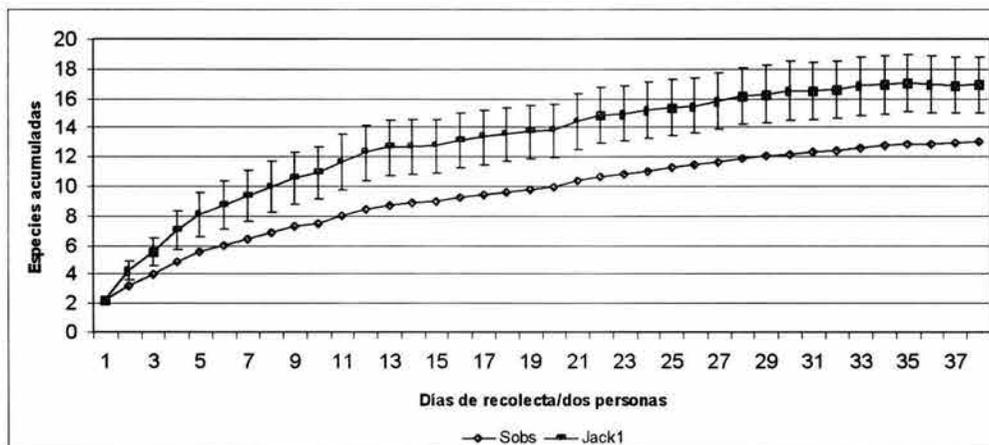


Figura 30. Curva de Jack 1 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar.

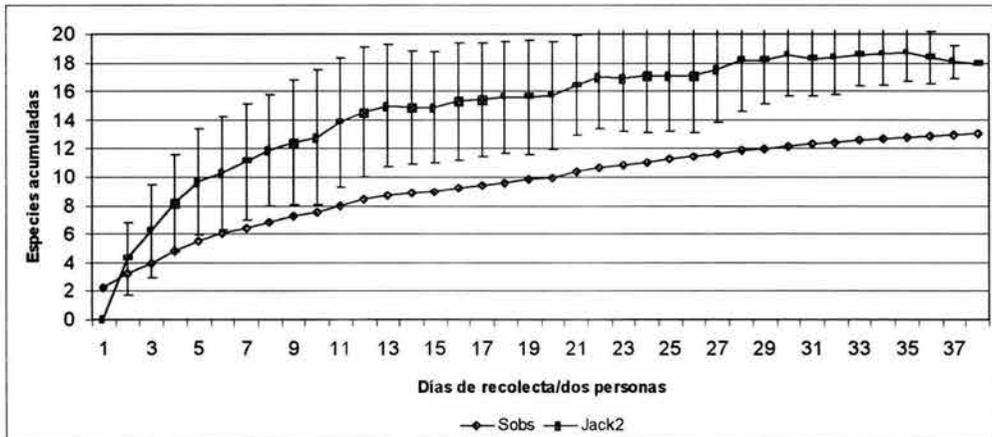


Figura 31. Curva de Jack 2 con días de recolecta por dos personas y desviación estándar.

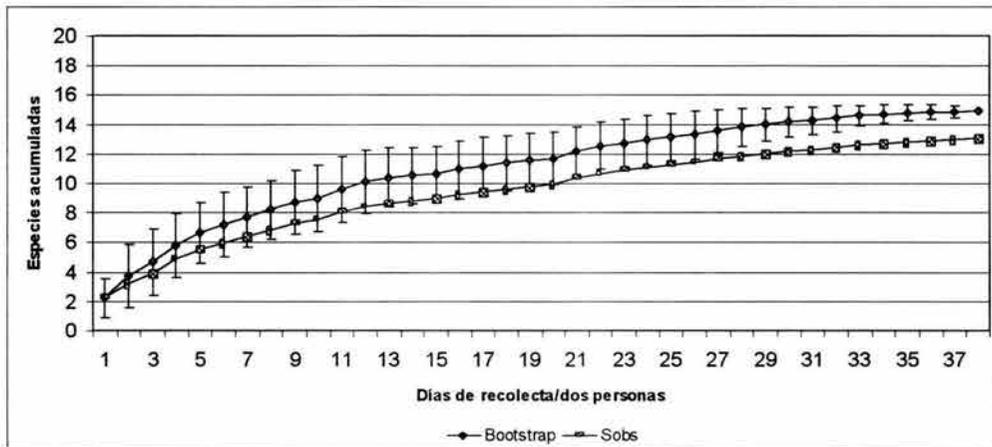


Figura 32. Curva de Bootstrap con días de recolecta por dos personas y desviación estándar.

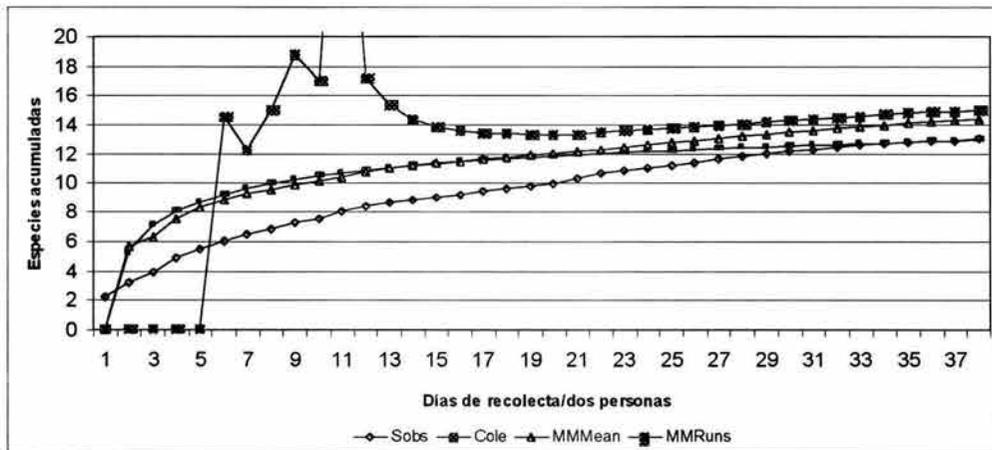


Figura 33. Curvas de MMMean, MMRuns y Cole ajustadas con días de recolecta por dos personas.

6.5.3. Diversidad del Estado de México comparada con la de otros estados. En el Estado de México se reportaron hasta antes de este trabajo, entre 5 y 11 especies dependiendo del autor (Cuadro 2), lo que representó el 2.5% y el 5% de la fauna de México respectivamente, tomando como el 100% 200 especies (González-Santillán 2003). Si se supone que la diversidad por estado tiene un rango de entre 23% (41 especies) en Baja California Sur y hasta 0.5% (una especie) en Tabasco y Tlaxcala, con un promedio de 6.5% (13 especies); el Estado de México antes de este trabajo poseía una diversidad por debajo de la media con respecto a los demás estados. La diversidad encontrada en este trabajo coloca al Estado de México con el 8.5% de la fauna del país.

La comparación de la diversidad entre dos áreas puede ser un elemento útil en estudios posteriores dirigidos a conocer la escorpiofauna del país. Con esta motivación Sissom & Hendrixson (en prensa) proponen hacerlo de una forma práctica; la cual se basa en utilizar el número de especies conocidas de un estado entre una medida estándar de superficie. Bajo esta aproximación se compararon las faunas conocidas de algunos estados contra la del Estado de México, para ello se ajustó el área a 10,000 km² ya que las proporciones de los estados se pueden representar mejor. Los resultados de esta comparación se presentan en el cuadro 23, en donde se observa que la Península de Baja California sigue siendo el área con mayor cantidad de géneros y especies de México; considerándose la región más diversa del mundo (Polis 1990, Sissom & Hendrixson en prensa), sin embargo, el Estado de México presenta una riqueza de especies por área mayor que la de la Península. La alta densidad encontrada tiene factores contradictorios evidentes, como el tamaño de las áreas comparadas. Pero además en la fauna de la Península hay escorpiones psamófilos y litófilos, los cuales presentan especificidad a su hábitat, es decir son estenotópicas, por lo que se esperaría una diversidad más alta, en comparación con el Estado de México, donde hay menos especies estenotópicas (Prendini 2001). Por otro lado, también se compararon cuatro estados más sureños con mayor afinidad fisonómica con el estado de México (Cuadro 23), los cuales también han sido poco estudiados pero presentan mayor diversidad que los del norte. Este patrón preliminar señala que existe una mayor diversidad en zonas tropicales que en zonas áridas como se suele pensar (Polis 1990).

La riqueza de cada uno de los estados también puede ser comparada directamente. En la figura 34 se muestra la riqueza para cada estado de la República, donde se presenta el total de la fauna de escorpiones encontrada en el Estado de México. Se observa que éste último es más rico que Guerrero, Veracruz y Chiapas, lo cual resulta absurdo si se recuerda que estos estados junto con Oaxaca reúnen aproximadamente la mitad de artrópodos de todo México (Cordero & Llorente 2000). Hay que tomar en cuenta que en estos estados no se ha realizado un inventario como el de este trabajo, por lo que es probable que cuando se lleven a cabo el número de especies aumente a más del doble, dando más sustento a la hipótesis de que la diversidad de escorpiones es mayor en el trópico que en zonas áridas.

Cuadro 23. Comparación de la diversidad de especies en algunos estados de México, utilizando la aproximación de Sissom & Hendrixson (en prensa). Entre paréntesis los datos de González-Santillán (2001).

Estado	Superficie km ²	No. especies	No. spp/10 ⁴ km ²
Chihuahua	247,087	9	0.36
Sonora	182,052	24	1.32
Coahuila	149,982	12	0.80
Durango	123,181	8	0.65
Tamaulipas	79,384	10	1.26
Baja California Sur	73,475	41	5.58
Baja California	69,921	32	4.58
Nuevo León	64,210	13	2.02
Sinaloa	58,328	3	0.51
Estado de México	21,333	17 (9)	7.96 (4.21)
Oaxaca	93,136	32	3.44
Veracruz	72,815	16	2.67
Michoacán	59,890	12	2.00
Guerrero	63,794	15	2.35

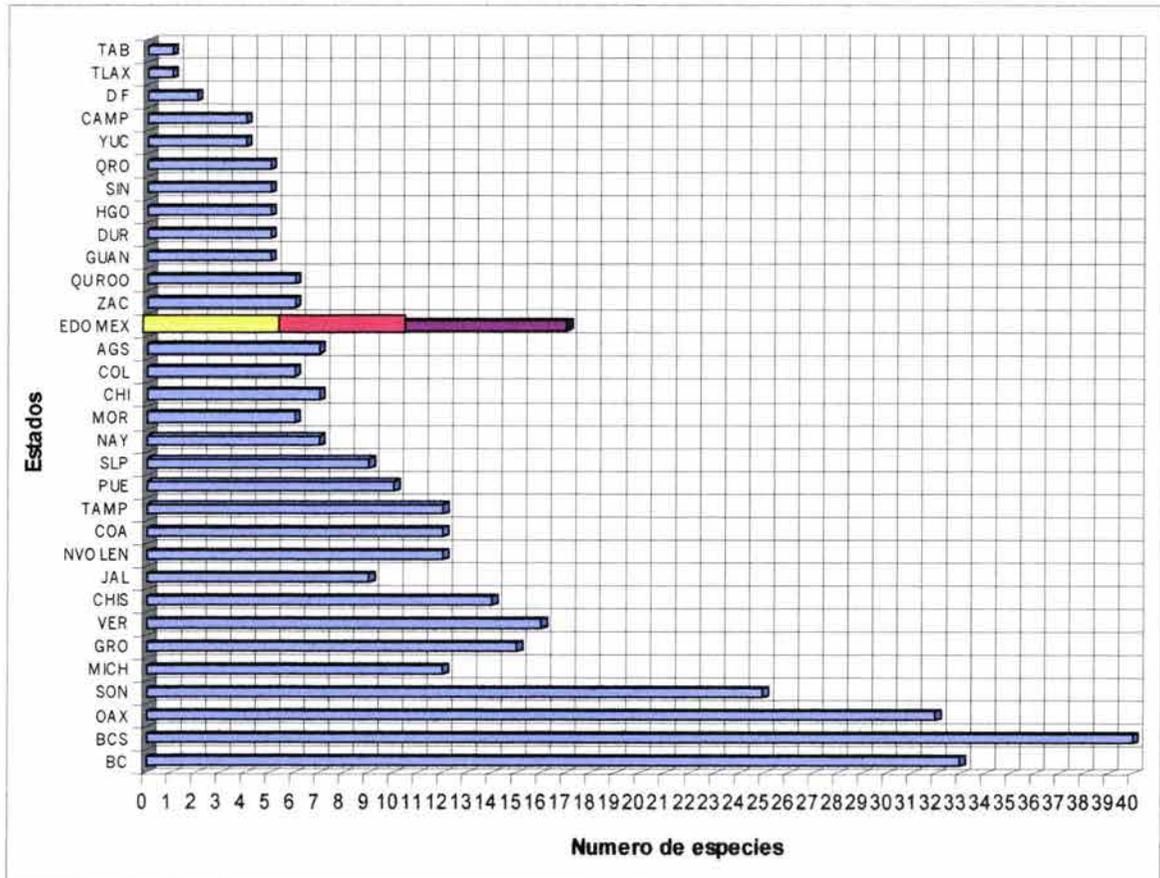


Figura 34. Riqueza de especies por estado presente en México según González-Santillán (2003); para el Estado de México se muestra en color amarillo los datos de diversidad de Fet *et al.* (2000) y Lourenço & Sissom (2000); en anaranjado los datos de la riqueza de especies registrada por González-Santillán (2001) y en marrón la riqueza encontrada en este trabajo.

6.6. ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN

6.6.1. Mapas de distribución. La figura 35 muestra la distribución de los registros de las localidades en donde se recolectó y las referencias del material que se estudió de las colecciones. Dicha figura y las subsiguientes representan por medio de las figuras de color azul, las localidades de los museos, mientras que las figuras de color rojo las recolectas de campo realizadas. El total de las localidades obtenidas fue de 122, de las cuales 59 son de recolectas y 63 de colecciones científicas. Como se puede ver en este mapa la mayor cantidad de localidades se concentró en la parte sur del estado, debido a que la parte central contiene grandes asentamientos humanos densos y no es fácil acceder a lugares de recolecta, lo cual también ocurre en la parte norte y conurbana a la zona metropolitana del Distrito Federal.

En las figuras 36 a 40 se presentan las localidades por especies registradas. La figura 36 ilustra la distribución de *C. l. limpidus* y *Centruroides* sp., las cuales se restringen al sur del estado; particularmente *Centruroides* sp. es muy rara en el Estado de México ya que sólo se encontró en una localidad.

En la figura 37 se presentan las especies del género *Diplocentrus*, que se distribuyen en el norte, el centro y el sur del estado. *D. coylei* y *D. silanesi*, como se mencionó ocupan los extremos sudeste y sudoeste respectivamente. *Diplocentrus* aff. *zacatecamus* fue registrado en dos localidades relativamente alejadas y cuya altitud sobre el nivel del mar varía en 500 m. En el norte se recolectó en una población relativamente abundante con una altitud de 2450 m, en comparación con la localidad del sur de donde sólo se estudiaron dos ejemplares de la colección WDS que presenta una altitud aproximada de 2000 m. Esta incongruencia aparente puede tratarse de un error de etiquetado en el caso de la localidad del sur. Para resolver este problema se requieren realizar más recolectas de campo. La cuarta especie, reconocida como *Diplocentrus* aff. *coylei*, sólo se conoce de una localidad en Toluca, por lo que también se requiere de más recolectas dirigidas.

La distribución de las especies del grupo *eusthenura* está representada en la figura 38, una al norte y dos al sur del estado. El Eje Neovolcánico es claramente la barrera que impide una distribución más amplia para las tres especies. *Vaejovis* sp. es otra especie rara que sólo se recolectó en una localidad.

El grupo *mexicanus* tiene una distribución más amplia a través del territorio del Estado de México, como se aprecia en la figura 39. Estas especies se distribuyen principalmente dentro del Eje Neovolcánico, *V. m. mexicanus* se restringe en las zonas montañosas del centro-sur del estado; mientras que *V. granulatus* está más relacionado con las montañas situadas al este y, finalmente, *V. pusillus* se halló con más frecuencia en la zona centro-sudoeste. Cabe destacar que a pesar de que las tres especies fueron encontradas dentro del Eje Neovolcánico no se encontraron simpátricamente.

La figura 40 muestra las localidades donde fueron encontradas las especies del grupo *nitidulus* y el grupo *intrepidus* representado sólo por *V. intrepidus cristimamus*. Las especies del primer grupo se distribuyen igual que las especies del grupo *eusthenura*, a los extremos norte y sur, *V. nitidulus* y *V. kochi* tienen mayor afinidad al Altiplano Sur, mientras que *V. nigrescens* y *V. curvidigitus* están más asociados con la Cuenca del Balsas. *V. kochi* presentó un caso similar al de *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* ya que se encontró una localidad al norte y otra hacia el sur, esto también puede deberse a un error de localidad como en el caso anterior. *V. intrepidus cristimamus* también presenta un problema ya que su identidad taxonómica no es suficientemente clara, de tal forma que su distribución conocida, desde el Estado de México hasta Zacatecas, puede ser incorrecta. Esto sólo se logrará resolver haciendo un análisis profundo de los ejemplares que se atribuye a esta especie para aclarar su distribución.

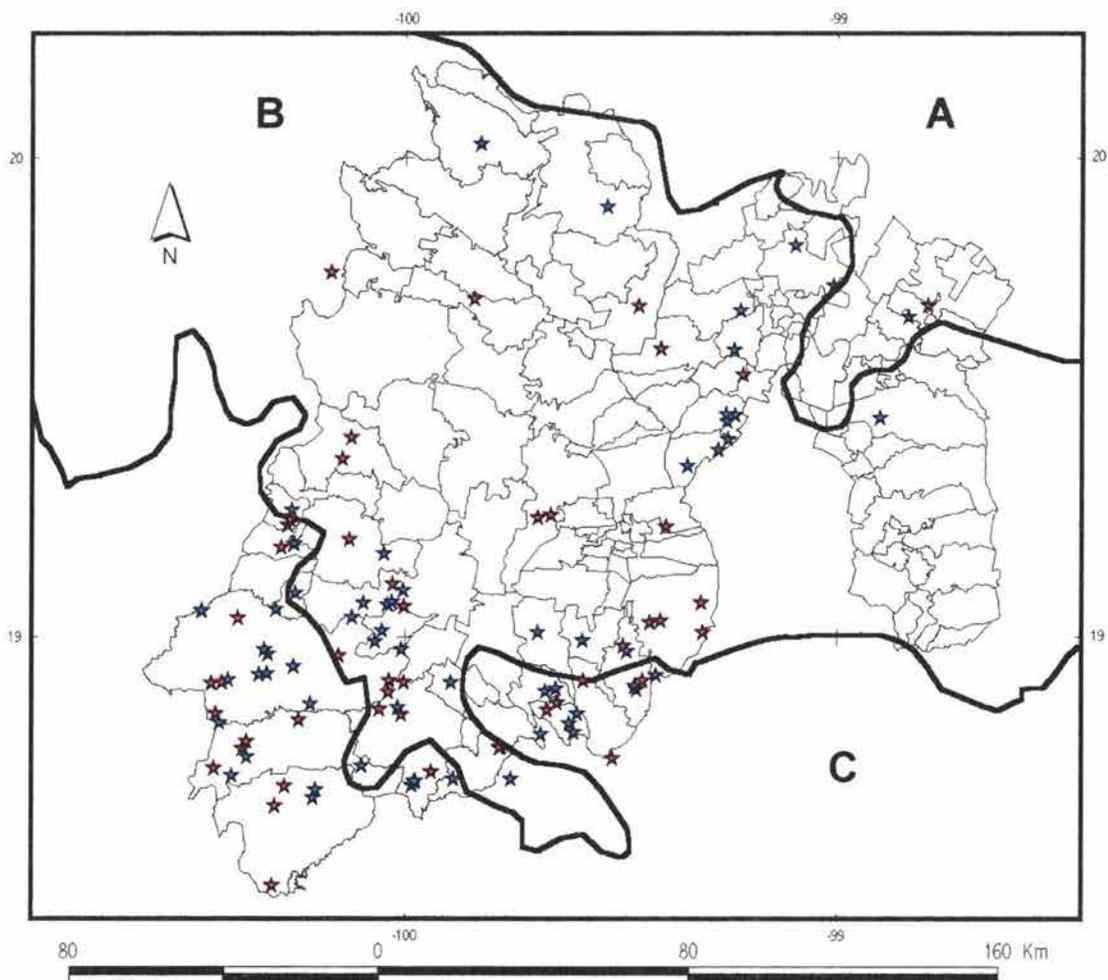


Figura 35. Mapa del Estado de México con los registros de todas las especies. Estrellas azules colecciones y estrellas rojas recolecta. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). A. Altiplano Sur, B. Eje Neovolcánico, C. Depresión del Balsas.

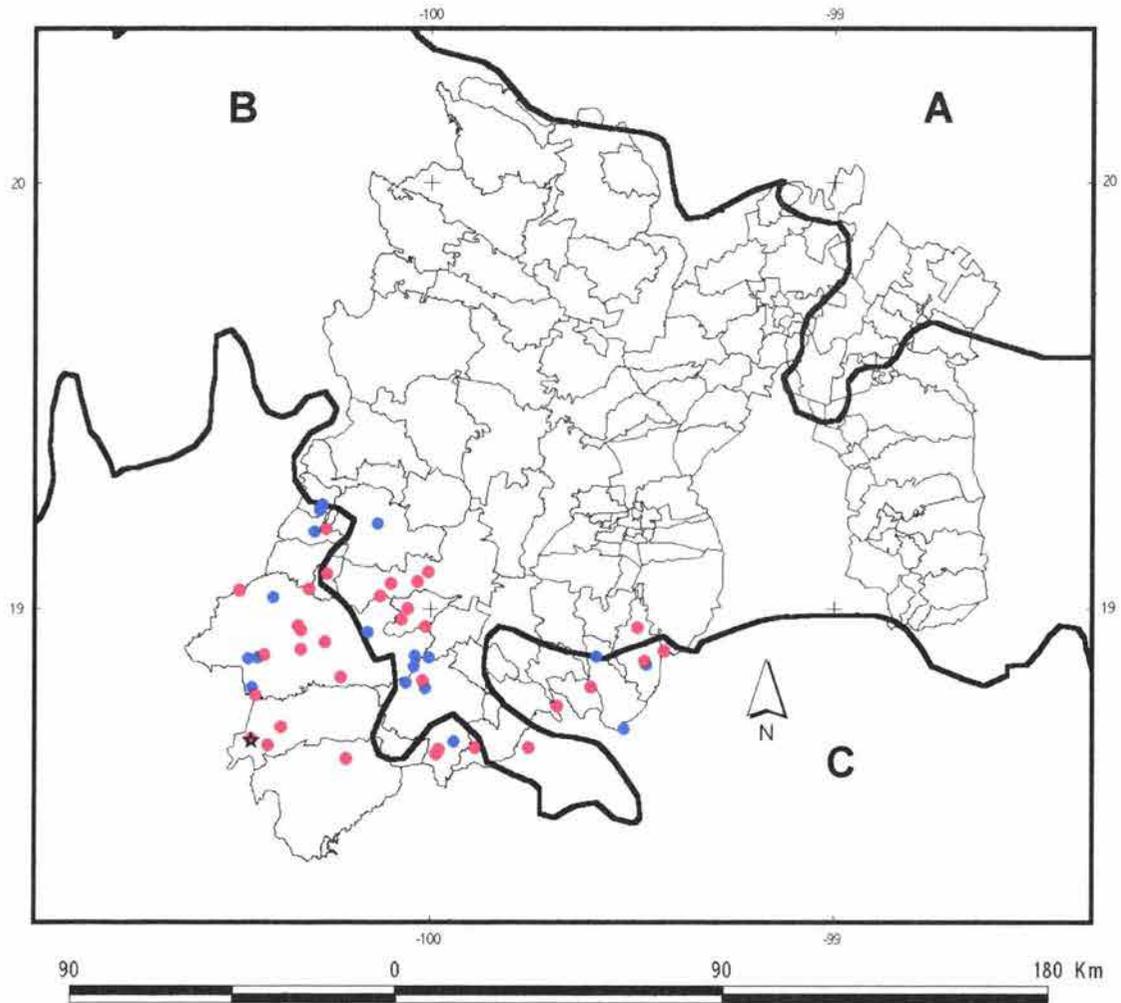


Figura 36. Distribución de *Centruroides*. Círculos *C. l. limpidus* y estrella *Centruroides* sp. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). A. Altiplano Sur, B. Eje Neovolcánico, C. Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas.

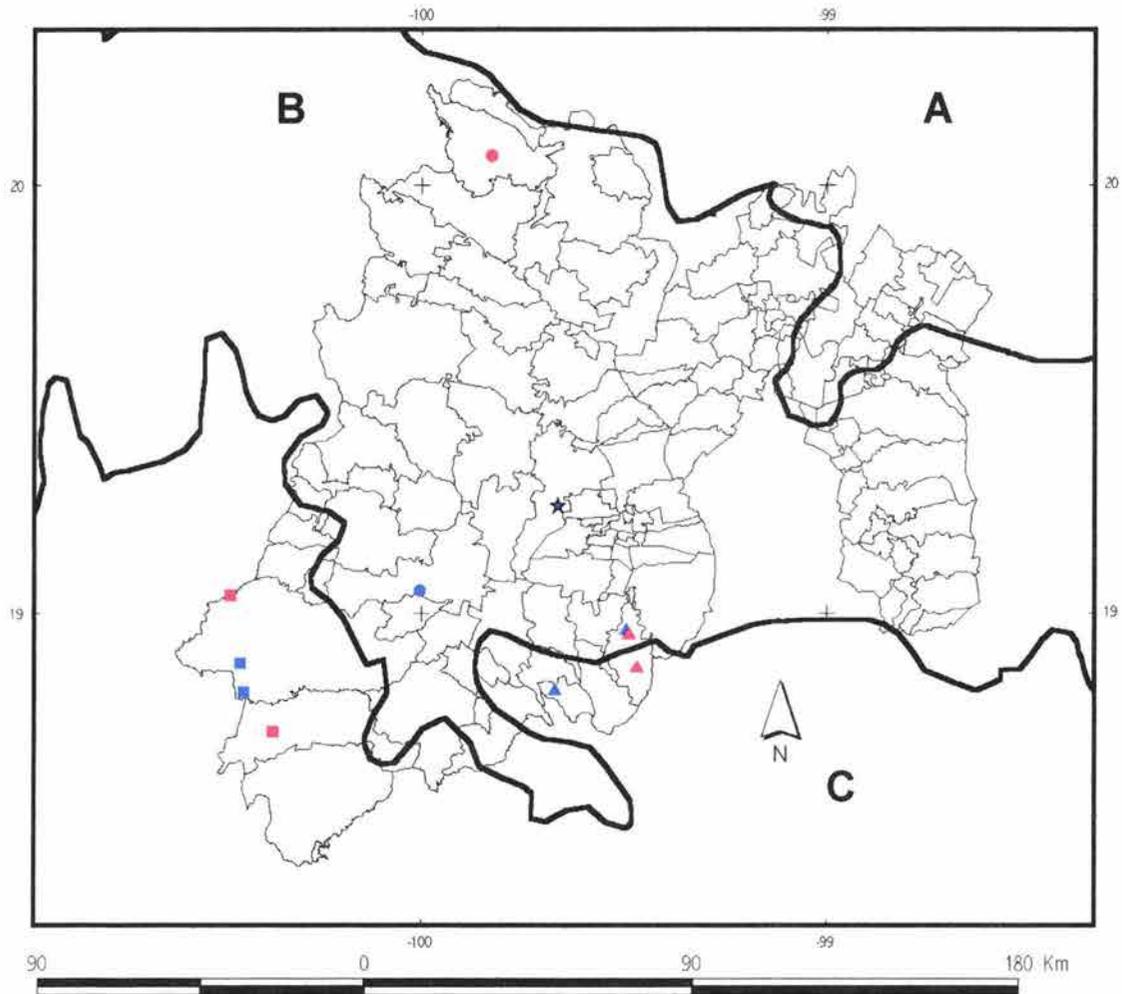


Figura 37. Distribución de las especies de *Diplocentrus*. Triángulos *D. coylei*, cuadros *D. silanesi*, círculos *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* y estrella *Diplocentrus* aff. *coylei* Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). **A.** Altiplano Sur, **B.** Eje Neovolcánico, **C.** Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas.

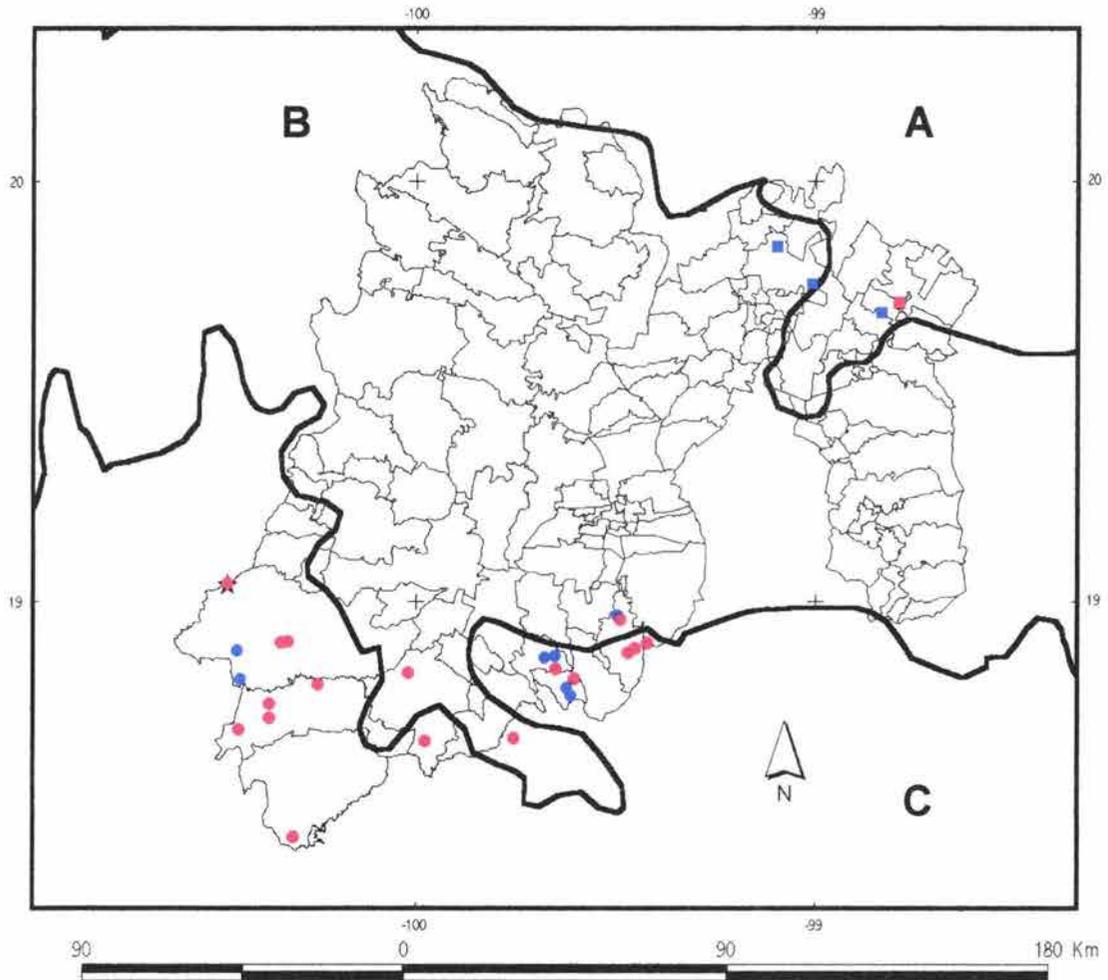


Figura 38. Distribución de las especies de *Vaejovis* pertenecientes al grupo *eusthemura*. Cuadros *V. p. punctatus*, círculos *V. variegatus* y estrella *Vaejovis* sp. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). A. Altiplano Sur, B. Eje Neovolcánico, C. Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas.

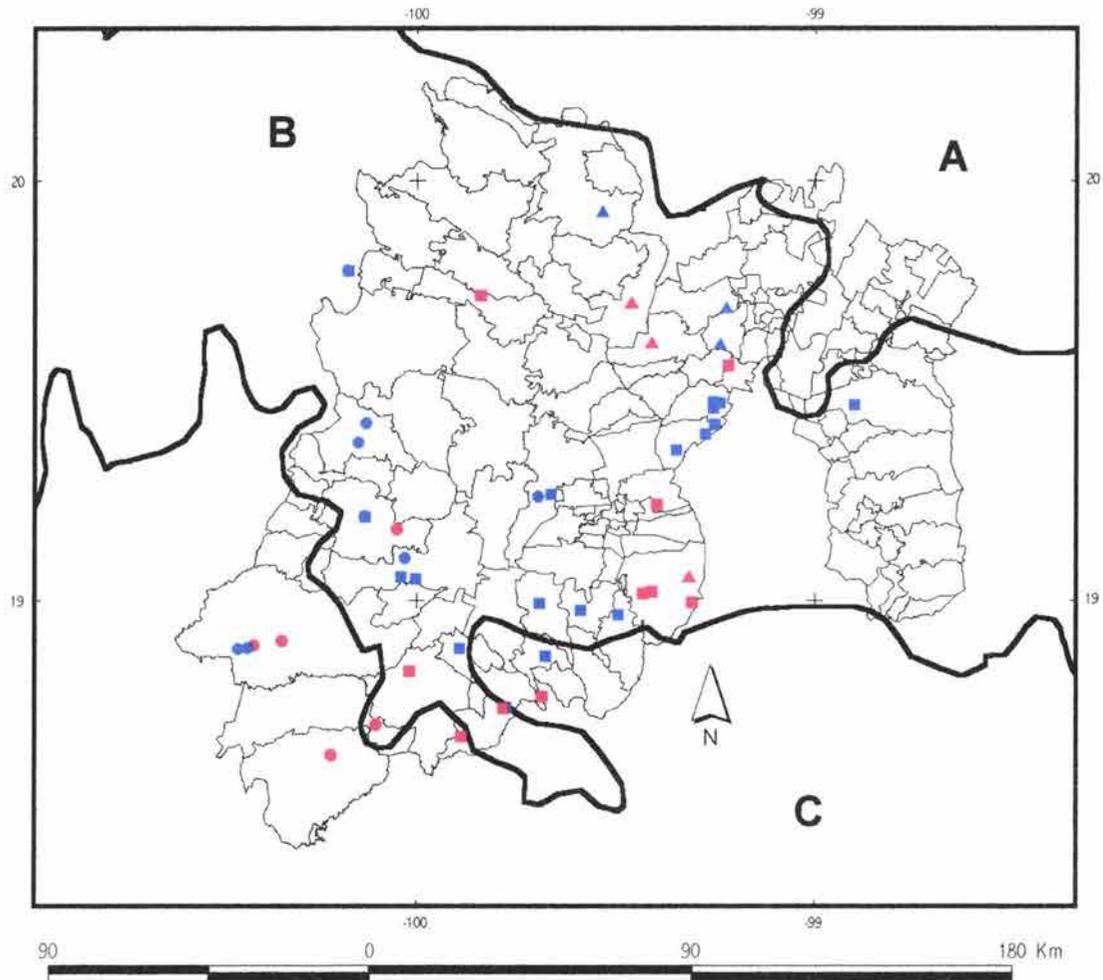


Figura 39. Distribución de las especies del grupo *mexicanus* de *Vaejovis*. Círculos *V. pusillus*, cuadros *V. m. mexicanus* y triángulos *V. granulatus*. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). A. Altiplano Sur, B. Eje Neovolcánico, C. Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas.

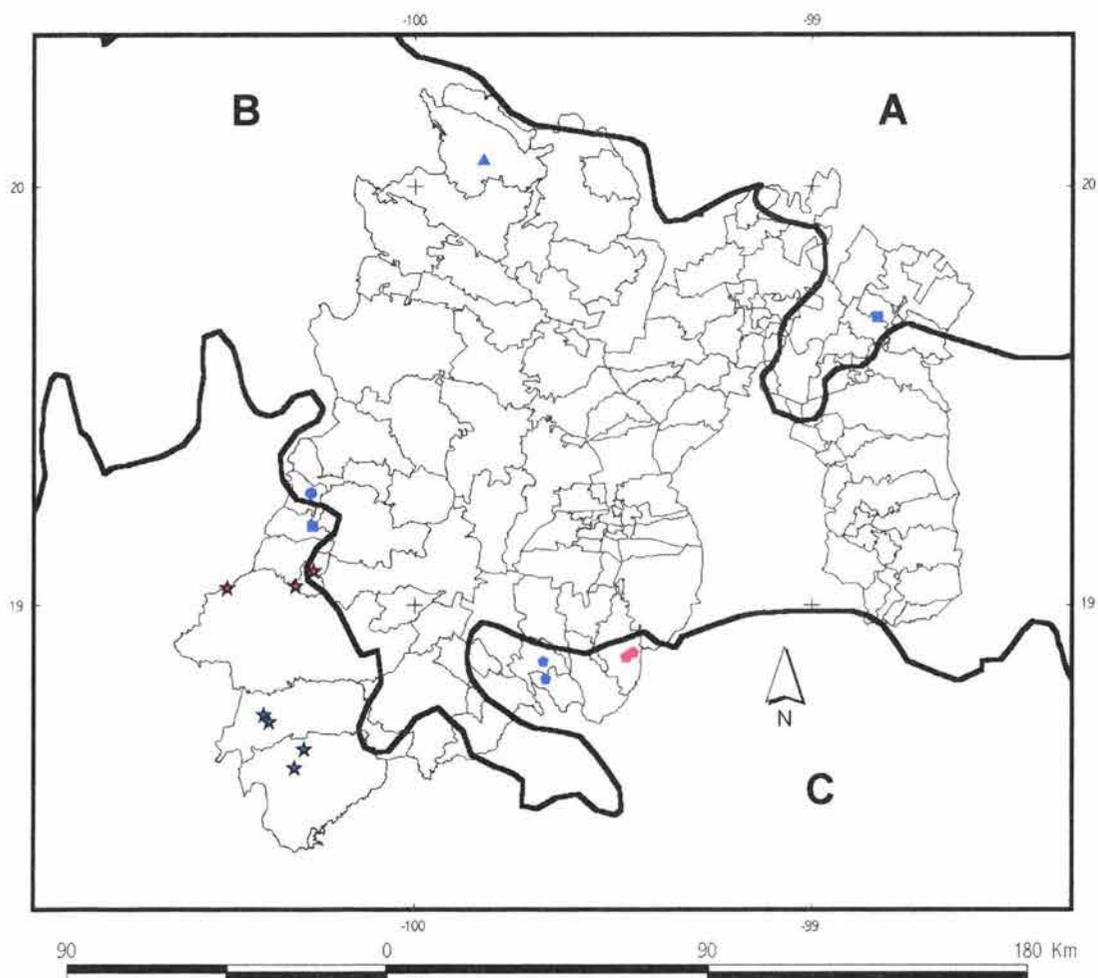


Figura 40. Distribución de las especies de *Vaejovis* del grupo *nitidulus* y del grupo *intrepidus*. Cuadros *V. kochi*, círculos *V. nigrescens*, triángulo *V. nitidulus*, pentágonos *V. curvidigitus* y estrellas *V. intrepidus cristimanus*. Las líneas más gruesas delimitan las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). A. Altiplano Sur, B. Eje Neovolcánico, C. Depresión del Balsas. Color azul material de colecciones, color rojo recolectas.

6.6.2. Modelos de distribución potencial. Los modelos de distribución potencial se realizaron sólo para *C. l. limpidus*, *D. silanesi*, *V. variegatus*, *V. m. mexicanus*, *V. pusillus* y *V. intrepidus cristimanus* debido a que no se obtuvieron localidades suficientes de las otras especies.

C. l. limpidus y *V. variegatus* presentan modelos de distribución prácticamente iguales, su distribución está restringida por dos barreras geológicas: el Eje Neovolcánico al norte, con sus principales cadenas montañosas que se les interponen, al oeste la serranía de Mil Cumbres, al centro el Nevado de Toluca y al este la sierra Ajusco-Chichinautzin que separa los valles de Morelos y de México. Al sur se encuentra el río Balsas tal y como se pueden apreciar en las figuras 41 y 42. Esta congruencia hace pensar que comparten el mismo hábitat, ya que sus límites de distribución se traslapan; sin embargo, existe una diferencia fundamental desde el punto de vista ecológico ya que *C. l. limpidus* es una especie oportunista, mientras que *V. variegatus* presenta rasgos de una especie en equilibrio; lo cual puede definir nichos ecológicos distintos desde el punto de vista funcional pero que están restringidos a la misma zona de distribución.

Como se observa en la figura 41 la parte más baja de la ribera del Balsas no posee condiciones para que *C. l. limpidus* pueda establecerse, lo cual puede estar relacionado con los trabajos de Towler *et al.* (2001), Ponce (2003) y Ponce & Francke (en prensa); quienes han aportado información morfológica y molecular al respecto. Dichos trabajos concluyeron que en el área donde se distribuye *C. l. limpidus*, existen dos linajes de escorpiones que pueden ser diagnosticados, por lo que en el último trabajo mencionado se describirá una especie nueva de *Centruroides*, cuya distribución es justamente en el área donde *C. l. limpidus* potencialmente no se halla, según el modelo resultante de este trabajo. *V. variegatus* presenta la misma disyunción de distribución que genera la ribera del río Balsas (Figura 42). Al respecto, Ponce (2003) citó una especie indeterminada con afinidad a *V. variegatus* distribuida en la misma área que ocupa *Centruroides* sp., por lo que este modelo también se relaciona con dichos resultados.

La distribución de *C. l. limpidus* y *V. variegatus* y sus respectivas especies relacionadas puede interpretarse como un endemismo (*sensu* Croizat 1964 y Nelson & Platnick 1981), ya que las especies encontradas en el Estado de México y Michoacán junto

con sus respectivas especies vicariantes de la ribera del Balsas comparten historias evolutivas y biogeográficas. En este curso de ideas surge la pregunta de si *V. variegatus* y *C. l. limpidus* mantienen su identidad en la vertiente sur del río Balsas o han sido reemplazadas por especies hermanas. Esta pregunta se fundamenta en el hecho de que ambas especies son el resultado de un evento vicariante provocado por la aparición de este río, así que si esto originó el surgimiento de *Centruroides* sp. y la especie afín a *V. variegatus* en la vertiente norte del Balsas, muy probablemente pudo ocurrir en la vertiente sur, por lo que es posible que estén involucradas dos especies vicariantes más. Para responder esta incógnita se requiere hacer un estudio comparativo de ejemplares de las cuatro poblaciones.

La figura 43 muestra el modelo resultante para *V. m. mexicanus*, se aprecia una distribución más asociada a zonas de altitud media y templada del estado. El modelo exhibe discontinuidades que están ocupadas por las cadenas montañosas más altas: El Nevado de Toluca hacia el sur, la sierra de Mil Cumbres en el oeste, la sierra de las Cruces al centro norte, la sierra Ajusco-Chichinautzin en el límite entre Morelos y el Distrito Federal y finalmente la sierra Nevada al este. También hay una zona sin condiciones adecuadas para *V. m. mexicanus*, donde se encontraban los grandes lagos del Valle de México. Según este modelo dicha especie está ampliamente distribuida en el Eje Neovolcánico y su límite más notable es la zona baja y tropical de la Depresión del Balsas. El modelo muestra que esta especie se distribuye en los terrenos de altitud media del centro y sur del Estado de México, extendiéndose al oeste hasta la sierra de Valle de Bravo; al sur se encontró hasta la sierra de Zacualpan, al límite con Guerrero; al este incluye la parte central del Valle de México, hasta las faldas de la sierra Nevada y al norte no es clara su delimitación, pero se encontró en los municipios que colindan con el Distrito Federal y un registro antiguo en el municipio de Villa de Allende.

El modelo también incluye la distribución de esta especie en Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Morelos, estados en los cuales no ha sido registrada. Esta predicción debe estudiarse con cuidado ya que el nicho ecológico, como ya se expuso antes puede tener diferencias funcionales como en *C. l. limpidus* y *V. variegatus*. Por ejemplo, la distribución de *V. m. mexicanus* en Morelos no le corresponde, en su lugar se encuentra la

subespecie *V. m. smithi*, que según el Dr. W. D. Sissom deberá ser considerada una especie válida. En conclusión es necesario hacer más recolectas para probar el modelo potencial de esta especie.

La distribución potencial de *V. pusillus* se presenta en la figura 44 y, como se esperaba, el modelo muestra una distribución en agrupaciones aisladas en la parte sudoeste del estado. Esta especie presenta una distribución muy restringida por el tipo de hábitat en el que prospera, ya que se ubica en bosques de pino-encino a una altitud media y una temperatura templada, dentro de un área en la que predominan las tierras bajas y climas tropicales. *V. pusillus* se distribuye desde el norte de la Sierra Madre del Sur, hasta los límites del Eje Neovolcánico en la Serranía de Mil Cumbres al oeste y el Nevado de Toluca al este. Esta especie no presenta una correlación con las regiones biogeográficas en las que se basó este trabajo, por el contrario, su distribución está más relacionada con la fisiografía del área de estudio, encontrándose en la provincia de la Depresión del Balsas definida por Ferrusquía-Villafranca (CONABIO 2002) en función de criterios morfotectónicos. Un estudio más profundo de la historia orográfica de esta zona podría dar indicios del origen y distribución actual de esta especie.

El modelo de distribución potencial de *D. silanesi* está ilustrado en la figura 45, donde se indica que se restringe al sudoeste del Estado de México y la parte colindante con Michoacán. Al igual que *C. l. limpidus* y *V. variegatus* esta especie está limitada al norte por el Eje Neovolcánico. Según el modelo encontrado, esta especie muestra una distribución muy restringida, lo cual no es una característica rara en este género, por ejemplo podemos mencionar la presencia de cinco especies en un área no mayor de 60 km² en el valle central de Oaxaca (Francke 1977a), aunque no se ha estudiado con más detalle, el autor realizó varias recoletas en esta zona y no encontró evidencias de que estas especies se distribuyan más allá de su localidad típica. Otro factor que hace pensar que esta especie tiene dicha ubicación es el hecho de que Ponce (2003) realizó recolectas que circundan el área encontrada en el modelo, sin encontrar ejemplares, además sus recolectas no se extendieron hacia el municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero en Michoacán, donde potencialmente se encuentra esta especie. En suma, esta especie es endémica a los estados de México y Michoacán.

Finalmente *V. intrepidus cristimanus* presenta un modelo de distribución muy parecido al de *D. silanesi*, en el que su límite de distribución está dado por las tierras altas del Eje Neovolcánico (Figura 46). También es notable que su distribución se presenta en áreas aisladas. Este modelo puede dar indicios de la identidad taxonómica de la especie que aquí se reconoce como *V. intrepidus cristimanus*, ya que su hábitat está relacionado con ambientes tropicales a diferencia de la localidad típica de esta subespecie que, según Hoffmann (1931), se encuentra en zonas frías de Zacatecas. Esta distribución desde Zacatecas hasta el sur del estado de México no tiene mucho sentido en función de las regiones biogeográficas en las que se distribuye, ya que tanto la Sierra Madre Oriental como el Eje Neovolcánico son barreras biogeográficas prácticamente insalvables para organismos tan poco vágiles como los escorpiones. Por lo que se concluye que esta especie puede representar un taxón diferente al que se le atribuye aquí. La forma más congruente para resolver esta incógnita es realizando más recolectas, estudiando los ejemplares y analizando su distribución.

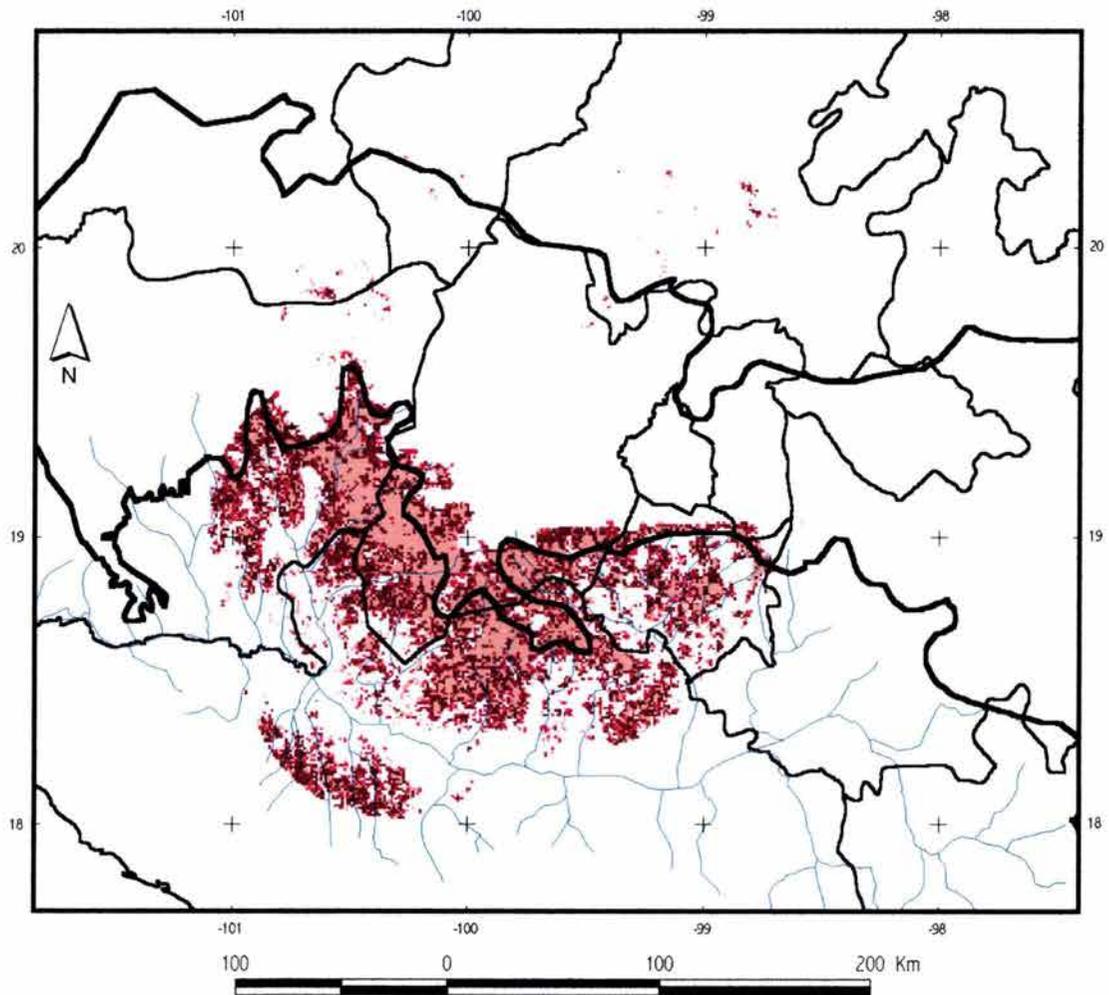


Figura 41. Modelo de distribución de *C. l. limpidus* donde se muestran las barreras geográficas más importantes que limitan su distribución: al norte el Eje Neovolcánico, representado por la línea más gruesa y al sur la ribera del río Balsas y sus afluentes, representado por las líneas más delgadas.

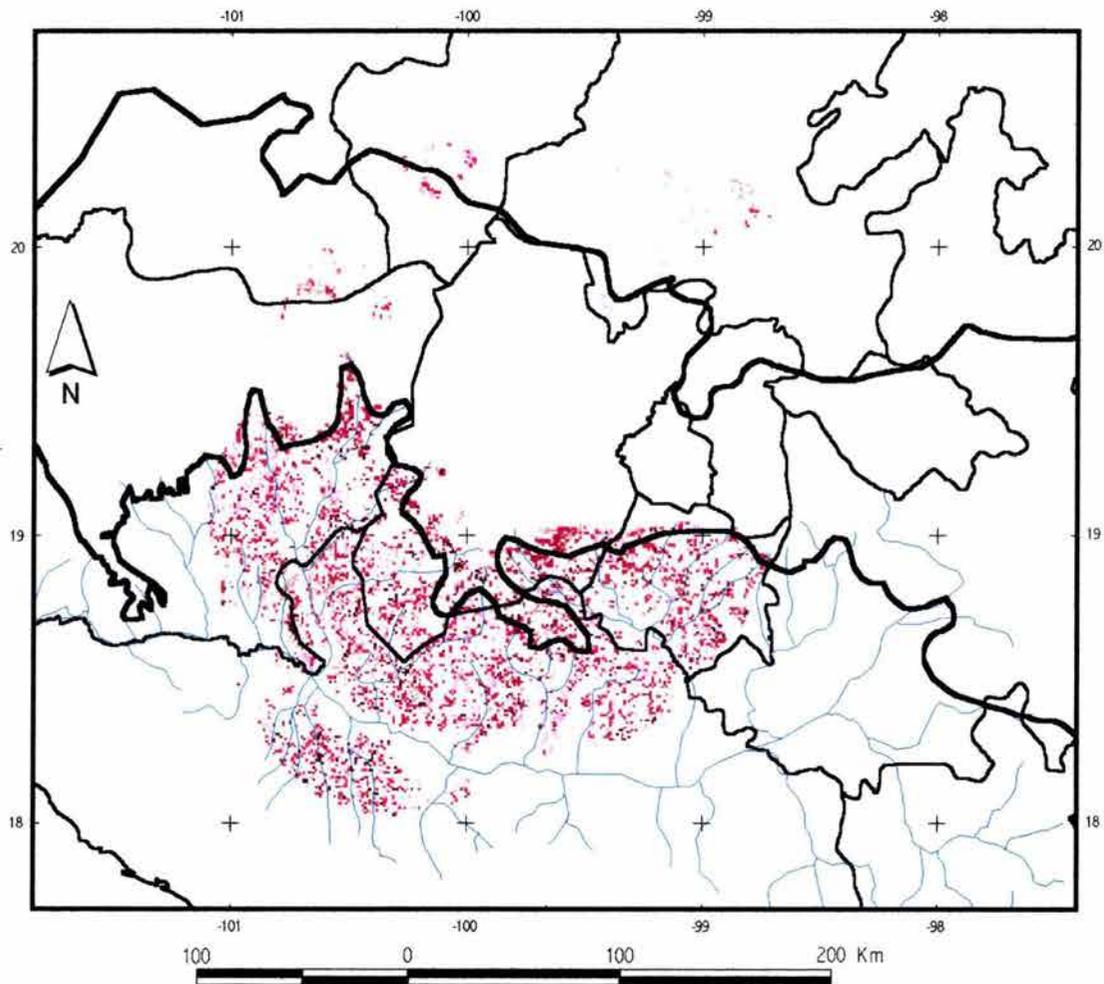


Figura 42. Modelo de distribución de *V. variegatus*, donde se muestran las barreras geográficas más importantes que limitan su distribución: al norte el Eje Neovolcánico, representado por la línea más gruesa y al sur la ribera del río Balsas y sus afluentes, representado por las líneas más delgadas.

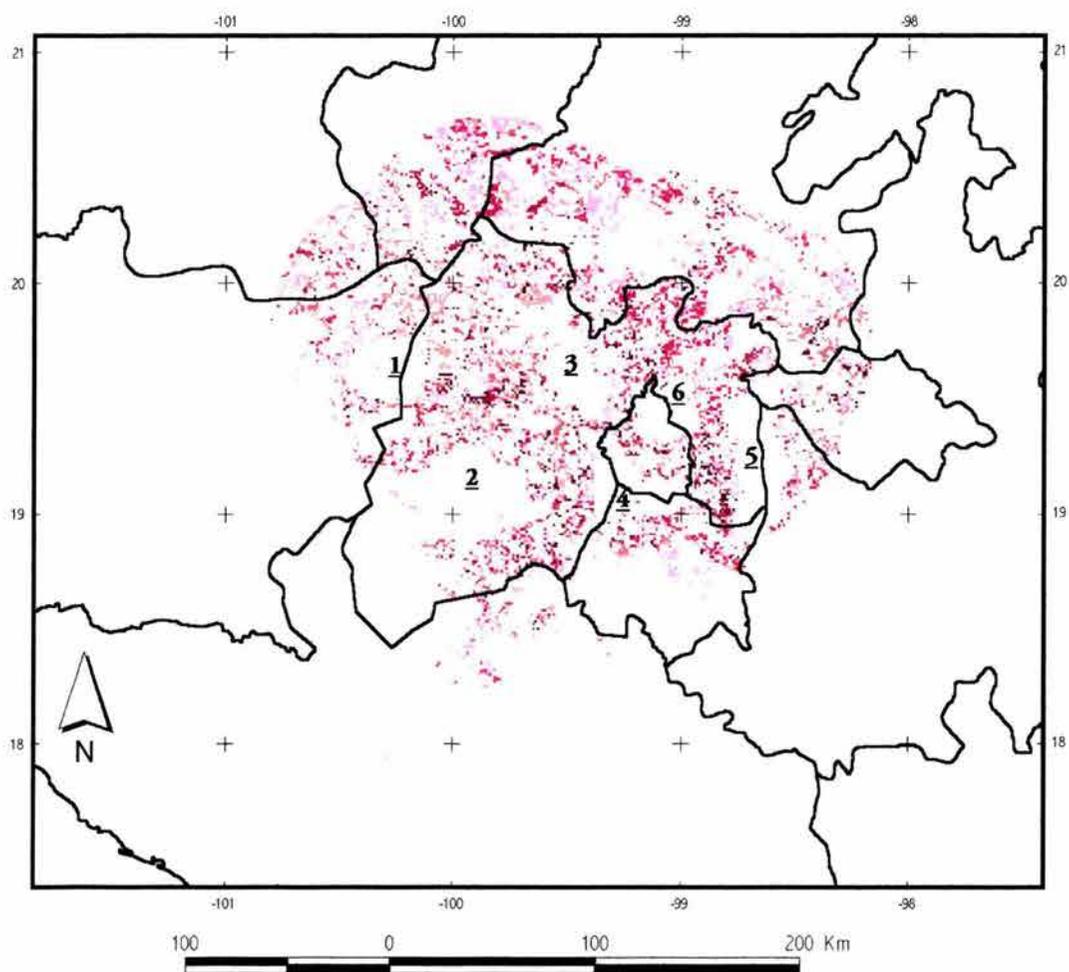


Figura 43. Modelo de distribución de *V. m. mexicanus* donde se ilustran las áreas que limitan su distribución representados por los números: 1. La sierra de Mil Cumbres, 2. El Nevado de Toluca, 3. La sierra de las Cruces, 4. La sierra Ajusco-Chichinautzin, 5. La sierra Nevada, y 6. La zona de los grandes lagos del Valle de México.

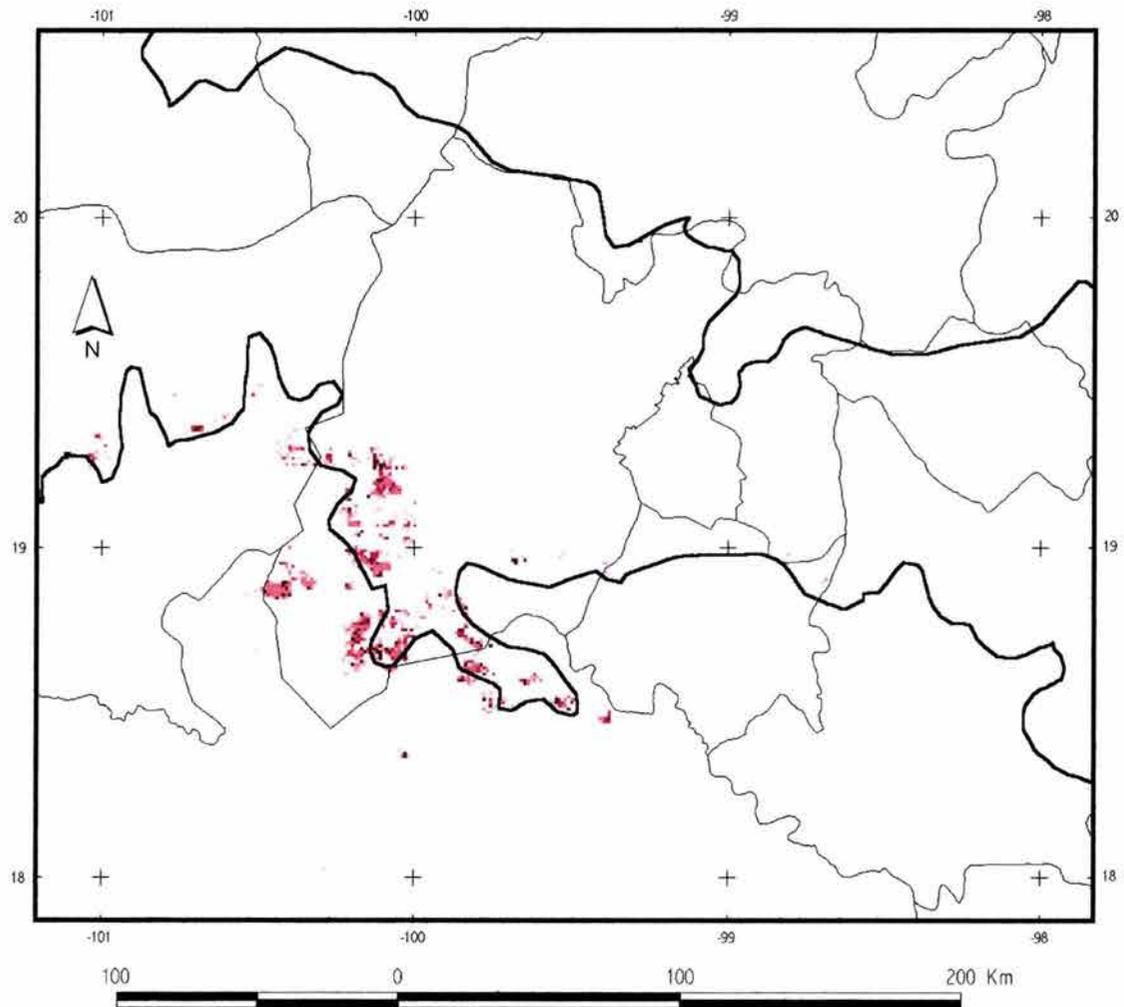


Figura 44. Modelo de distribución de *V. pusillus* donde se muestran las regiones fisiográficas según Ferrusquía-Villafranca (1993), representadas por las líneas más gruesas. El área en donde se distribuye esta especie es la Depresión del Balsas.

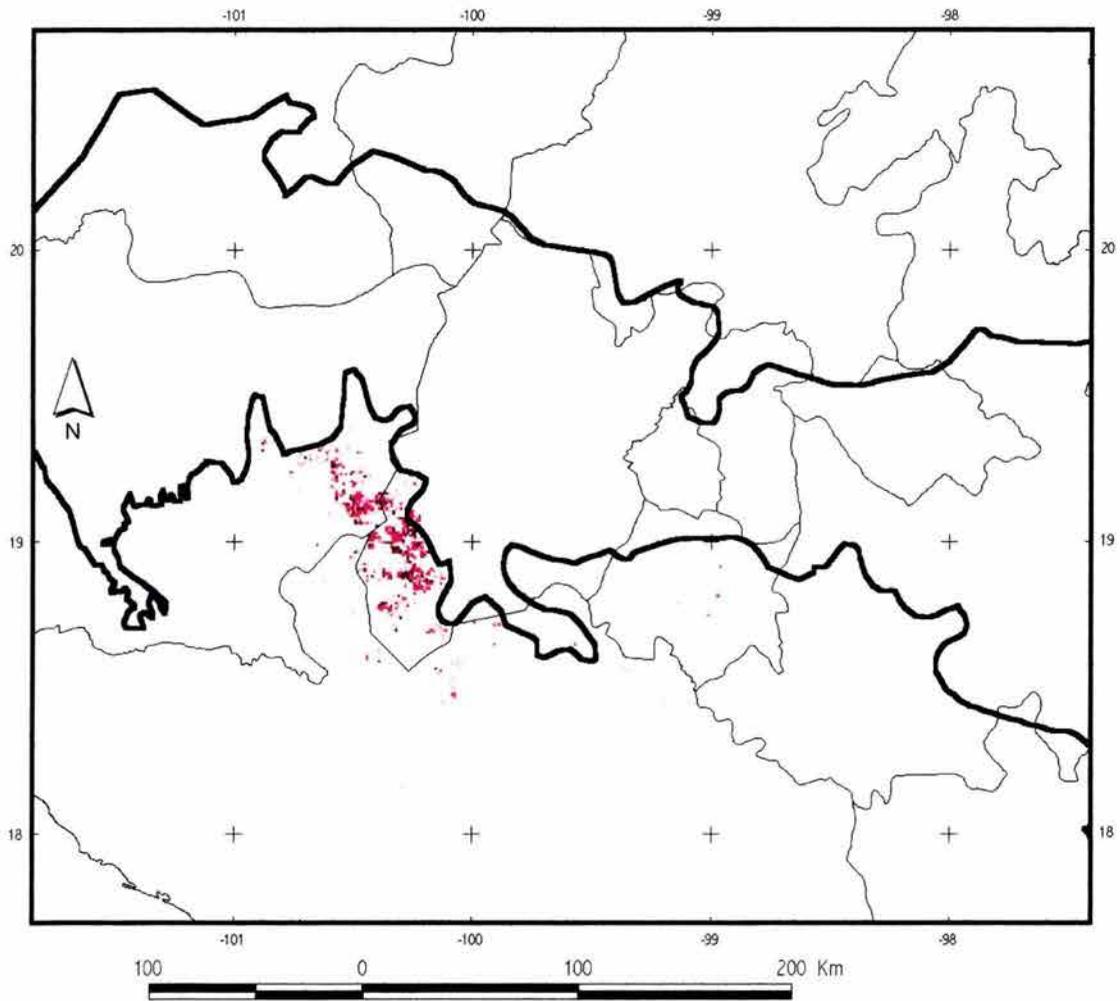


Figura 45. Modelo de distribución de *D. silanesi*, donde se muestra que el Eje Neovolcánico, representado por las líneas más gruesas, limita la distribución de esta especie al norte.

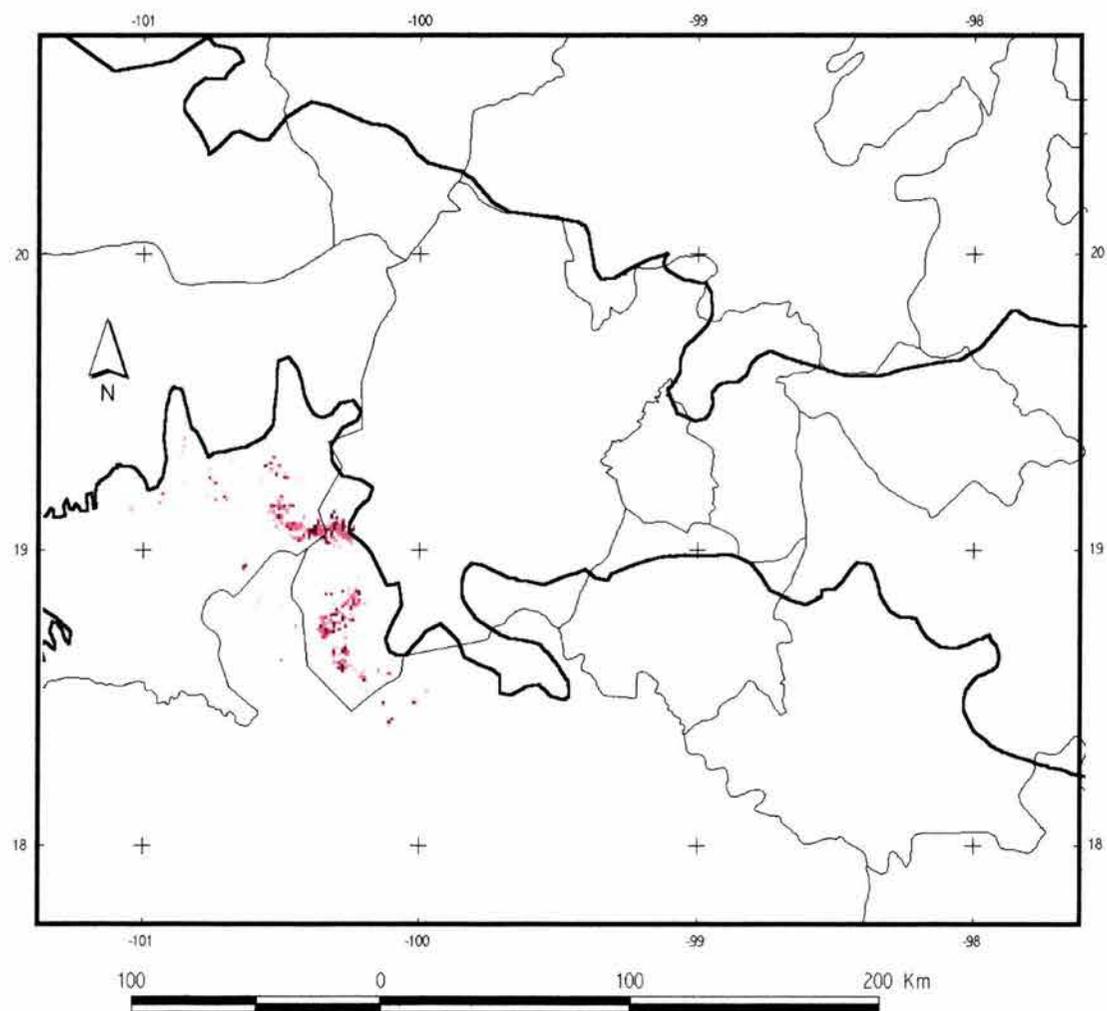


Figura 46. Modelo de distribución de *V. intrepidus cristimanus*, donde se muestra que el Eje Neovolcánico, representado por las líneas más gruesas, limita la distribución de esta especie al norte.

Una de las fuentes históricas principales que originó la riqueza de especies observada en el área de estudio, puede ser la convergencia de tres provincias biogeográficas muy diferentes, lo cual se ve reflejado en que el Altiplano Sur es la única provincia dentro del Estado de México en donde hay matorral xerófilo, en tanto que en el Eje Neovolcánico hay grandes elevaciones que no existen en las otras dos áreas y finalmente la Depresión del Balsas posee bosques tropicales en tierras más bajas y climas más calientes que los otros dos.

El Eje Neovolcánico se considera una barrera no sólo para los alacranes sino para otros grupos de animales y plantas (Halffter 1976, Rzedowski 1978, Delgadillo 1987, Fa 1989); aunque al mismo tiempo resulta ser una isla. Desde el punto de vista de los hábitats presentes, las características climáticas y de altitud de la Cuenca del Balsas y del Altiplano Sur, impiden el desplazamiento de alacranes adaptados a las condiciones ecológicas que imperan en las montañas *v. gr.* *V. m. mexicanus* y *V. granulatus* hacia otras cadenas montañosas, lo que en el pasado provocó aislamiento y esto se ve actualmente como la presencia de estas dos especies.

El Eje Neovolcánico es un elemento clave en el entendimiento de la distribución actual de las especies de escorpiones encontradas. Como se mencionó en el cuadro 18, *Vaejovis* está organizado en grupos de especies, de las cuales *V. variegatus*, *V. nigrescens* y *V. curvidigitus* se encontraron en el sur del estado, por otro lado *V. p. punctatus*, *V. nitidulus* y *V. kochi* en el extremo norte. Las especies anteriores presentan caracteres ecomorfotípicos que las relacionan, *V. variegatus* y *V. p. punctatus* pertenecen al grupo *eusthenura*, cuyas especies son típicamente lapidícolas, es decir, su morfología está adaptada para habitar bajo rocas. En cambio las otras cuatro especies del grupo *nitidulus* son litofílicas, su morfología está adaptada para la vida entre las grietas de peñascos y paredes de roca. Esta relación puede tener una base desde el punto de vista evolutivo, según el principio filogenético de conservación del nicho, propuesto por Harvey y Page (1995), que enuncia que los fenotipos del presente y del pasado de un linaje tienden a ocupar ambientes similares. A pesar que ésta sea una razón puramente adaptacionista (Grafen 1989), la congruencia entre las historias de la evolución de estas especies y la distribución actual en función de la historia orográfica del área es muy congruente. Al surgir el Eje Neovolcánico quedaron aisladas las

poblaciones de ambos grupos de especies y han evolucionado ocupando un nicho similar que se puede observar en la actualidad.

Las provincias biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000) y la distribución de escorpiones encontrados en general es congruente, a pesar de que ciertas especies no están bien estudiadas y presentan distribuciones más amplias. Los cuadros 24 a 26 presentan los estados que ocupan las provincias y su relación con la distribución de las especies de escorpiones encontrados. En el Altiplano Sur *V. p. punctatus* y *Diplocentrus* aff. *zacatecanus* presentan inexactitudes taxonómicas que no hacen clara su distribución, pero las otras dos especies (Cuadro 24) si se distribuyen sólo en esta provincia. En un nivel inferior estas dos especies podrían ayudar a definir subprovincias o distritos bióticos.

Cuadros 24-26. Especies encontradas en el Estado de México cuya distribución en otros estados está relacionada con las regiones biogeográficas propuestas por Espinosa *et al.* (2000). Los estados en negritas son los que corresponden a las provincias biogeográficas.

Cuadro 24. Altiplano Sur.

Estados en donde se distribuyen las especies	<i>V. p. punctatus</i>	<i>V. nitidulus</i>	<i>V. kochi</i>	<i>D. aff. zacatecanus</i>
Estado de México				
Hidalgo				
Querétaro				
Guanajuato				
San Luis Potosí				
Aguascalientes				
Durango				
Oaxaca				
Puebla				
Tlaxcala				
Zacatecas				

Según la información obtenida (Cuadro 25), el Eje Neovolcánico puede ser dividido en subprovincias ya que *V. m. mexicanus* y *V. granulatus* traslapan su distribución en las sierras de Ajusco-Chichinautzin y parte de la sierra de las Cruces, lo cual sugiere una zona

de endemismo. *V. nigrescens* presenta una distribución más allá de las fronteras del Eje Neovolcánico y no apoya contundentemente esta provincia. La especie de *Diplocentrus* esta muy poco estudiada y se requieren de más recolectas para establecer su distribución, por lo que no aporta información en este caso.

Cuadro 25. Eje Neovolcánico. Los estados en negritas son los que corresponden a las provincias biogeográficas.

Estados en donde se distribuyen las especies	<i>V. m. mexicanus</i>	<i>V. granulatus</i>	<i>V. nigrescens</i>	<i>D. aff. coylei</i>
Distrito Federal				
Estado de México				
Guanajuato				
Jalisco				
Michoacán				
Puebla				
Querétaro				
Tlaxcala				
Aguascalientes				
Zacatecas				

La Depresión del Balsas cuenta con dos especies que se distribuyen en un área muy parecida a la de dicha provincia, *C. l. limpidus* y *V. variegatus*. Sin embargo, otras especies apoyan la subdivisión de ésta, ya que se encontró a *Centruroides* sp., *Vaejovis* sp. y, probablemente, a *V. intrepidus cristimanus* y *D. silanesi*, que podrían conformar una subprovincia en la parte oeste. Mientras que en la parte este *V. curvidigitus* y *D. coylei* conforman una zona de endemismo.

Cuadro 26. Cuenca del Balsas. Los estados en negritas son los que corresponden a las provincias biogeográficas.

	<i>C. lim.</i>	<i>V. var.</i>	<i>C. bal.</i>	<i>V. sp.</i>	<i>V. int.</i>	<i>D. sil.</i>	<i>V. cur.</i>	<i>D. coy.</i>	<i>V. pus.</i>
Edo.Mex.									
Gro.									
Mich.									
Mor.									
Oax.									
Pue									
Ags.									
Gto.									
Jal.									
Nay.									
Sin.									

7. LISTA DE ESPECIES COMENTADA

Centruroides limpidus limpidus (Karsch, 1879)

Protólogo: Karsch, F. 1879. Scorpionologische Beiträge. Part II. *Mitteilungen des Münchener Entomologischen Vereins*, 3: 97-136.

Tipos: *Sintipos* 14 ♀♀? recolectadas en Puebla, México. Depositados en: Zoologisches Museum, Humboldt Universität, Berlin, Alemania.

Distribución conocida: Estado de México, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla.

Esta especie pertenece al grupo *rayados* y se incluye en el subgrupo *limpidus-elegans* (González-Santillán 2001), sin embargo esta agrupación requiere revisión, como lo indican los primeros análisis de relaciones filogenéticas del género (Towler *et al.* 2001, Ponce 2003). *C. l. limpidus* es la especie que se encontró con mayor abundancia con casi 300 ejemplares en la mayoría de las recolectas (Figura 9). En algunas localidades llega a ser tan abundante que en una noche se observó a más de 100 individuos; también en el día fue la especie más comúnmente encontrada por el método de rodamiento de objetos del suelo. El hecho de que este alacrán sea muy común está relacionado con su actividad y el hábitat que ocupa, ya que es una especie errante que vive en zonas tropicales, donde no hay un descenso significativo de la temperatura, lo cual le permite tener actividad durante todo el año.

Otro rasgo que probablemente está relacionado con su alta abundancia, es que durante el periodo de recolectas que abarcó todas las estaciones del año se observaron hembras con crías, lo que puede indicar una densidad poblacional alta. Ponce (2003) registró hembras de esta especie con crías en los meses de enero, marzo, abril, junio,

agosto, septiembre, octubre y noviembre, en la Depresión del Balsas, en Michoacán. Este patrón implica dos explicaciones probables: 1) que estos escorpiones no tienen una estacionalidad fija para su reproducción, lo cual propone Ponce (2003), y 2) que tengan varios periodos reproductivos, pero por la característica de dicho trabajo no se pudo detectar este hecho. En otras especies de *Centruroides*, se ha observado que presentan reducción de tiempo en algunas etapas del desarrollo ontogenético como son la gestación, el primer estadio, la madurez sexual y la longevidad, además de producir más de una camada por estación y madurar sexualmente en diferentes estadios (Williams 1969b, De Armas 1980, Francke & Jones 1982, Polis 1990). Estos rasgos en el ciclo de vida son comunes en las especies con selección *r* (Polis 1990), por lo que *C. l. limpidus* debe considerarse una de ellas.

En cuanto a su distribución, se restringe al sur del estado y sus límites coinciden con las cotas altitudinales que van de los 575 a los 2070 m. En Michoacán Ponce (2003) recolectó esta especie entre los 280 y 1700 msnm (Cuadro 27). Los tipos de vegetación donde se recolectó fueron bosque tropical caducifolio y bosque de encino, el hábitat fue bajo rocas y cortezas de árboles semidesprendidas. Este búpido se ha registrado en la parte de la provincia de la Depresión del Balsas de los estados de Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla (González-Santillán 2001). Por otro lado, De Armas *et al.* (1995) registraron a esta especie en Chiapas, pero es muy probable que se trate de una determinación errónea, una población introducida o bien un error en la etiqueta de localidad (González-Santillán 2001).

Recientemente Towler *et al.* (2001) realizaron un análisis molecular de las relaciones filogenéticas que hay entre los *Centruroides* de la Depresión del Balsas. También registraron esta especie en el Cañón de los Cajones, municipio de Querétaro, Querétaro, y encontraron que no existen diferencias entre las poblaciones de *C. l. limpidus* del Balsas y las de Querétaro. Estos registros representan una zona alejada de su área natural de distribución dentro de la Depresión del Balsas. La ciudad de Querétaro históricamente ha sido una población de gran importancia económica y política, por lo que, al igual que en otras ciudades, deberían existir registros de picaduras de este escorpión desde hace tiempo, sin embargo, haciendo una revisión de los trabajos más importantes no

hay información al respecto (Hoffmann 1932, 1936, 1938, Mazzotti & Bravo-Becherelle 1961, Díaz-Nájera 1964, 1975). Por lo anterior se puede concluir que la presencia de esta especie en Querétaro muy probablemente se debe a una introducción antropocórica, lo cual no es raro en esta familia de escorpiones. Por ejemplo *C. gracilis* (Latreille) fue introducido a las islas Canarias y en un caso extremo *Isometrus maculatus* (De Geer) se introdujo, probablemente de la región oriental, a todo el trópico de Asia, África y América (Fet & Lowe 2000).

Centruroides sp.

Esta especie está en proceso de descripción por el Dr. J. Ponce de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán y el Dr. Oscar Francke del IBUNAM. La información sobre su taxonomía y distribución estarán disponibles en dicho trabajo. Es una de las especies menos comunes del Estado y las condiciones ecológicas en las cuales se encontró se presenta en el cuadro 27.

Diplocentrus coylei Fritts y Sissom, 1996

Protólogo: Fritts, D. A. & W. D. Sissom. 1996. Two new *Diplocentrus* (Scorpiones, Diplocentridae) from Mexico. *Entomological News*, 107(1): 39-48.

Tipos: *Holotipo* ♂ recolectado en la entrada de las Grutas de Cacahuamilpa, Guerrero, México. Depositado en: Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, EUA. *Paratipos* Un juvenil recolectado en las grutas de Cacahuamilpa, depositado en American Museum of Natural History, Nueva York, EUA. 1 ♂, 1 ♀ y 1 juvenil recolectados a 5.4 km al oeste de Cacahuamilpa. Depositados en American Museum of Natural History, Nueva York, EUA. 1 ♂, 1 ♀ recolectados en Las Granadas, Guerrero, México. Depositados en American Museum of Natural History, Nueva York, EUA.

Distribución conocida: Estado de México, Guerrero, Morelos.

Esta especie fue separada de *D. tehuacanus* Hoffmann por Fritts y Sissom (1996), quienes la ubicaron en Guerrero. En un trabajo más reciente De Armas y Martín-Frías (2000) registraron a *D. tehuacanus* en Malinalco, Estado de México. En un trabajo posterior los mismos autores rectificaron la identidad del ejemplar recolectado en Malinalco y describieron a la especie *D. malinalco* De Armas y Martín-Frías. En el presente trabajo se estudiaron varios ejemplares recolectados en dicha localidad, además de otras diferentes dentro del mismo municipio y se determinaron como *D. coylei*. Los caracteres diagnósticos de *D. malinalco* fueron comparados con los de ésta última especie y se llegó a la conclusión de que son los mismos. En un trabajo posterior se estudiarán con más detalle los ejemplares para aclarar si se trata de una sinonimia.

El ecomorfotipo que presenta esta especie es pelófilo. Se recolectaron ejemplares dentro de galerías construidas bajo rocas, durante el día. Por la noche otros ejemplares fueron observados en la entrada de sus galerías, las cuales estaban en taludes verticales de cortes de camino compuestos de un sustrato muy compacto, de tal forma que la entrada de la galería se hallaba expuesta. Esta especie fue encontrada en una altitud que va de los 1300 a 1700 m en bosque tropical caducifolio (Cuadro 27).

La presencia de este alacrán en la superficie está acoplada al periodo de reproducción y la alta disponibilidad de presas, lo cual se comprobó visitando la misma localidad en temporadas de sequía y de lluvias, encontrando ejemplares solo en esta última.

Esta especie ocupa la parte sudeste del estado y está limitada hacia el norte por las cadenas montañosas que hay al sur del Nevado de Toluca; al oeste por la sierra de Zacualpan y su continuación con la sierra de Taxco; al este no se interpone ninguna barrera importante, por lo que su distribución se puede extender hasta el estado de Morelos; finalmente la localidad más sureña registrada es Iguala (González-Santillán 2001).

***Diplocentrus silanesi* De Armas & Martín-Frías 2000**

Protólogo: De Armas, L. F. & Martín-Frías, 2000. Cuatro especies nuevas de *Diplocentrus* (Scorpiones: Diplocentridae) de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México. 46(1): 25-40.

Tipos: *Holotipo* ♂ recolectado en Tejupilco, Estado de México, México. Depositado en la CNAN, del Instituto de Biología de la UNAM, México.

Distribución conocida: Estado de México.

Esta especie fue descrita recientemente y está cercanamente relacionada con *D. coylei* por el gran parecido morfológico del pedipalpo de los machos de ambas especies.

D. silanesi se distribuye en la zona más baja y caliente del estado, con humedad media a alta, y como ocurrió con *D. coylei*, los machos adultos sólo se encontraron en verano, en lugares muy húmedos, como la orilla de un arroyo y cerca de un pozo. Los escorpiones fueron encontrados entre los 570 y 760 m de altitud, en bosque tropical caducifolio (Cuadro 27); lo que indica que su hábitat, al menos en elevación, es diferente al de *D. coylei* que habita localidades más altas.

Dichos taxones presentan un ecomorfotipo pelófilo que los restringe a un hábitat específico, lo que les confiere una mayor susceptibilidad a procesos de especiación por aislamiento y deriva genética. Desde el punto de vista biogeográfico las sierras de Zacualpan y de Taxco, forman una barrera continua que separa dos zonas bajas al sureste y suroeste de Estado de México y parte de Guerrero, las cuales están ocupadas por estas dos especies. Se puede suponer que la aparición de las sierras provocó vicarianza y seguido de una especiación alopátrica, se originaron estas dos especies. Para confirmar esta hipótesis falta recolectar al sur de dichas sierras en donde se esperaría que no se traslape la distribución de estas dos especies.

Diplocentrus aff. zacatecanus

Este escorpión pertenece a un complejo de especies relacionados morfológicamente con *D. zacatecanus*, que se distribuye desde Zacatecas, Aguascalientes, Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y el norte de Estado de México; dicha distribución corresponde a la provincia biogeográfica del Altiplano Sur descrita por Espinosa *et al.* (2000).

Se estudiaron ejemplares de la CNAN y adicionalmente de la colección del Dr. W. D. Sissom. Hasta el momento no se han logrado delimitar las especies dentro de este complejo ya que existen dos problemas principales: 1) El material que se conoce no es

suficiente, es decir, en su mayoría se tienen hembras adultas y juveniles, los cuales no representan semaforontes adecuados para separar las especies, además los pocos machos adultos que se conocen son de localidades muy distantes, por lo que se necesita un mayor número de recolectas; 2) otro problema derivado del anterior, es que no se conoce la variación morfológica de los machos adultos, que como ya se mencionó presentan los caracteres diagnósticos de las especies. Quizás la adquisición de un mayor número de machos adultos y el uso de técnicas moleculares pueda ayudar a definir dichas especies, sin embargo, existe la posibilidad de que se trate de un solo taxón polimórfico.

Como las dos especies anteriores éste es un escorpión pelófilo y sólo se encontró en la época de lluvias y su hábitat es muy peculiar. La localidad de recolecta se ubicó en una zona suburbana y los primeros ejemplares se hallaron en el patio trasero de una casa, que se encontraba casi todo inundado. Los alacranes fueron encontrados con lámparas portátiles de luz UV en la entrada de sus galerías, las cuales estaban completamente cubiertas por agua. Los escorpiones tenían el metasoma y parte del mesosoma sumergidos en el agua, la parte del mesosoma que tenían fuera era justamente donde están los estigmas respiratorios. Durante el día se encontraron ejemplares bajo rocas, sin indicio de haber hecho una galería, lo cual indica que sólo era un refugio provisional. A diferencia de las especies anteriores el clima en el que se distribuye esta especie es templado subhúmedo con una altitud de 2450 m y se encontró en un remanente de bosque de encino rodeado de una zona cultivada, principalmente con maíz (Cuadro 27).

Diplocentrus aff. coylei

Esta especie sólo se conoce de una localidad del valle de Toluca, fue encontrada en la colección de la CNAN y solamente cuenta con una hembra adulta. No se registraron más ejemplares en las colecciones visitadas y no se logró recolectar más material. Los caracteres morfológicos que presenta son similares a *D. coylei*, no obstante ciertas proporciones morfométricas son distintas, así como otros caracteres morfológicos. Sin embargo es preciso recolectar una serie ontogenética con machos y hembras adultos para definir con

mayor precisión su identidad taxonómica. Como las demás especies de *Diplocentrus* esta especie posee los caracteres morfológicos de un escorpión pelófilo.

V. mexicanus mexicanus C. L. Koch, 1836

Protólogo: Koch, C. L. 1836. Die Arachniden. Nürnberg: C. H. Zeh'sche Buchhandlung, 3 (1-5):17-104.

Tipos: *Sintipos* probablemente perdidos (Sissom 2000).

Distribución conocida: Distrito Federal, Estado de México.

V. mexicanus es la especie tipo del género *Vaejovis* y del grupo *mexicanus* (Soleglad 1973). Cuando C. L. Koch la describió no designó localidad tipo, fue Pocock (1902) quien la ubicó en el Distrito Federal y González-Santillán (2001) extendió su distribución hacia el Estado de México.

Este alacrán se recolectó en altitudes que van de los 1800 a los 2900 m en asociaciones vegetales de bosque de coníferas, bosque de encinos, bosque mesófilo, bosque tropical caducifolio y bosque de *Juniperus*.

Los hábitats de los cuales se obtuvieron ejemplares fueron bajo rocas, bajo troncos caídos, en talud de camino con grietas, bajo musgo y bajo corteza de árbol semidesprendida (Cuadro 27). Esta gran variedad de lugares donde fue encontrado este escorpión, además de su morfología que no presenta adaptaciones evidentes a algún sustrato, no lo asocian francamente a algún ecomorfotipo conocido y tiene el carácter de una especie generalista.

Los integrantes del grupo *mexicanus* se han adaptado a lugares relativamente altos y templados, por lo que su distribución está restringida a la presencia de estas condiciones. La discontinuidad de las cadenas montañosas sugiere una distribución en islas rodeadas por tierras bajas más calientes o secas.

La distribución de esta especie está restringida por la altitud de las cadenas montañosas del Estado de México, ya que como se aprecia en su modelo potencial de distribución, la altitud máxima que fue encontrada no rebasa los 3000 m. Aparentemente se encuentra en todas las sierras del Estado de México, sin embargo se requiere de mayor información para comprobar esto.

Vaejovis granulatus Pocock, 1898

Protólogo: Pocock, R. I. 1898. The scorpions of the genus *Vaejovis* contained in the collection of the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History*, 1(7): 394-400.

Tipos: *Holotipo* ♀ recolectado en México. Depositado en The Natural History Museum, Londres, Inglaterra.

Distribución conocida: Distrito Federal, Estado de México.

V. granulatus está bien definida desde el punto de vista morfológico (Sissom 1989), sus caracteres la asocian con el grupo *mexicanus* (Lourenço & Sissom 2000, González-Santillán 2001).

Sissom (1989) citó su distribución para el Distrito Federal, Estado de México, Morelos y Michoacán. En este último estado, específicamente en Coalcomán y Cerro Garnica (citadas como ‘Alcoman’ y ‘Cerro Carnica’) las considero dudosas por la disyunción geográfica que representan. Durante una recolecta reciente en la sierra de Coalcomán, se encontró a *V. monticola* Sissom, especie parecida a *V. granulatus*.

V. granulatus habita en la sierra de las Cruces y parte de la sierra Ajusco-Chichinautzin. Se ha encontrado simpátrica con *V. m. mexicanus*, en el Distrito Federal dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de Ciudad Universitaria, y con *V. m. smithi* Pocock en la vertiente sur del Derrame del Chichinautzin, dentro del estado de Morelos.

Estos escorpiones se encontraron entre los 2500 a 2800 msnm en bosque de coníferas y bosque de encinos, bajo rocas y bajo corteza de árbol (Cuadro 27); esto indica que no tiene especificidad de hábitat y se puede considerar generalista.

Vaejovis pusillus Pocock, 1898

Protólogo: Pocock, R. I. 1898. The scorpions of the genus *Vaejovis* contained in the collection of the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History*, 1(7): 394-400.

Tipos: *Lectotipo* ♀, *Paralectotipos* ♂ y ♀ recolectados en Omiltemi, Guerrero, México. Depositados en Natural History Museum, Londres, Inglaterra.

Distribución conocida: Estado de México y Guerrero.

V. pusillus pertenece al grupo *mexicanus* y se recolectó en altitudes de entre 1820 a 2260 m, solamente en bosque de pino-encino (Cuadro 27). Además su hábitat es muy específico, ya que se encontró dentro de troncos podridos, bajo corteza de troncos y bajo piedras que estaban en lugares muy húmedos y sombreados, protegidos por grandes árboles. La mayoría de los ejemplares se recolectaron durante día.

La distribución de esta especie es muy singular, a diferencia de las otras con las que está relacionada ocupa pequeñas islas de montaña en la Depresión del Balsas (*sensu* Ferrusquía-Villafranca). Un hecho que es innegable es que su aislamiento a la larga, responderá a fuerzas evolutivas que resultará en la aparición de especies nuevas.

El material tipo revisado de la colección MNHN, se comparó con los ejemplares recolectados en las sierras del Estado de México, concluyendo que no hay diferencias morfológicas significativas para asignar los ejemplares a un taxón diferente.

***Vaejovis nitidulus* C. L. Koch, 1843**

Protólogo: Koch, C. L. 1843. Die Arachniden. Nürnberg: C. H. Zeh'sche Buchhandlung, 10: 142 p.

Tipos: *Lectotipo* ♀ recolectado en México. Depositado en Zoologischen Museum, Humboldt Universität, Berlin, Alemania.

Distribución conocida: Estado de México, Hidalgo y Querétaro.

V. nitidulus fue una especie difícil de definir, ya que su descripción original contempla muy pocos caracteres, fue hasta el siglo pasado cuando Sissom y Francke (1985) la definieron y crearon al grupo que lleva su nombre. Su distribución según Lourenço & Sissom (2000) y González-Santillán (2001) se restringía a Hidalgo y Querétaro.

En este trabajo se obtuvo un registro de la colección de la UAQ. En un intento por conseguir más ejemplares, se realizaron dos excursiones a la localidad reportada, pero no se lograron obtener, ya que no se encontró un hábitat adecuado para recolectar con luz UV. En esta localidad se observó un remanente de bosque de encino con pastizales inducidos y grandes áreas de cultivo, principalmente maíz; la altitud promedio de esta zona es de 2500 m.

El grupo *nitidulus* presenta un ecomorfotipo litófilo. Sissom (1991a) caracterizó su hábitat mencionando que sus especies se distribuyen en zonas con vegetación árida y semiárida, aunque algunas especies se pueden encontrar en zonas de bosque de pino-encino. Además comentó que sus refugios consisten en grietas y recovecos de paredes de roca o riscos casi verticales y en lajas de roca con una pendiente considerable y que su actividad en la superficie es de corto tiempo, de allí que existan pocos ejemplares de este grupo en las colecciones científicas.

V. nitidulus está adaptado a un hábitat muy específico, ya que el autor recolectó esta especie en Zimapán, Hidalgo donde la vegetación dominante era matorral xerófilo en una zona muy árida. Los ejemplares se encontraron en grandes cantidades en cárcavas de erosión, con lámparas de luz UV.

Aunque no se puede descartar la existencia de esta especie en el Estado de México, es probable que no se distribuya naturalmente dentro de la entidad. La ocurrencia en el Estado de México puede ser resultado de una introducción antropocórica, según lo explicado en la discusión.

***Vaejovis curvidigitus* Sissom, 1991**

Protólogo: Sissom, W. D. 1991. Systematic studies on the *nitidulus* group of the genus *Vaejovis*, with description of seven new species (Scorpiones, Vaejovidae). *Journal of Arachnology*, 19: 4-28.

Tipos: *Holotipo* ♂ recolectado en Taxco, Guerrero, México. Depositado en American Museum of Natural History, Nueva York, EUA. Dos ♀♀ *Paratipos* recolectadas en la misma localidad del holotipo. Depositadas en la misma colección que el holotipo. Tres ♂♂ recolectados en Cuernavaca, Morelos. Depositados en Field Museum of Natural History, Chicago, EUA. Cuatro ♀♀ recolectadas en Tepoztlán, Morelos. Depositadas en United States National Museum of Natural History (Smithsonian Institution), Washington, DC, EUA.

Distribución conocida: Estado de México, Guerrero, Morelos.

V. curvidigitus pertenece al grupo *nitidulus* (Sissom 1991a). Estos escorpiones se recolectaron a una altitud de 1374 a 1554 m, la asociación vegetal fue bosque tropical caducifolio. Se encontraron dos ejemplares bajo rocas, durante el día y la mayor parte de los otros ejemplares por la noche, entre las grietas de una pared de rocas basálticas, ubicada en la ribera de un río (Cuadro 27). Como otros alacranes litófilos se encontró por la noche sobre las paredes de roca y a pesar de que se exploró en el área circundante a la pared, no se lograron recolectar más ejemplares. Su distribución se extiende desde el sureste del Estado de México, hasta el norte de Guerrero y Morelos.

***Vaejovis nigrescens* Pocock, 1898**

Protólogo: Pocock, R. I. 1898. The scorpions of the genus *Vaejovis* contained in the collection of the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History*, 1(7): 394-400.

Tipos: *Holotipo* ♀ recolectado en México. Depositado en Natural History Museum, Londres, Inglaterra.

Distribución conocida: Aguascalientes, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Zacatecas.

Pocock (1898, 1902) reconoció a este alacrán como una especie válida, pero Hoffmann (1931) lo delegó al rango de subespecie de *V. nitidulus*. Finalmente Sissom & Francke (1985) lo volvieron a ubicar como una especie válida y a partir de ese momento se incluyó en el grupo *nitidulus* (Hoffmann 1931, Sissom & Francke 1985, Sissom 1991a, Lourenço & Sissom 2000, González-Santillán 2001, Capes 2001).

Durante las recolectas de este trabajo no se encontraron ejemplares, pero si se halló un espécimen perteneciente a la CNAN que se recolectó en los límites del Estado de México y Michoacán. Dicha colección cuenta además con una gran cantidad de alacranes de esta especie, que provienen en su mayoría de Michoacán y varios de estos ejemplares se recolectaron dentro de habitaciones, por lo que parece que esta especie es sinantrópica. No se ha estudiado mucho acerca de su hábitat, sin embargo, se sabe que las características de las localidades en Michoacán son de zonas templadas con bosque de encino.

Esta especie está distribuida en la parte central de la República Mexicana, abarcando los estados de Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Querétaro, y el Estado de México (Sissom & González-Santillán en prensa).

Si se toma en cuenta la distribución de *V. nigrescens* en el Estado de México y el hecho de que aparentemente sea antropocórica, se puede concluir que el único ejemplar de la CNAN pudo ser capturado fortuitamente y no representa un elemento propio de esta entidad federativa.

Vaejovis kochi Sissom, 1991

Protólogo: Sissom, W. D. 1991. Systematic studies on the *nitidulus* group of the genus *Vaejovis*, with description of seven new species (Scorpiones, Vaejovidae). *Journal of Arachnology*, 19: 4-28.

Tipos: *Holotipo* ♂ recolectado en Progreso, Hidalgo, México. Depositado en el Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Francia. *Paratipos* una ♀ y un juvenil recolectados en Cuauhtepac, Hidalgo. Depositado en el Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Francia. Tres ♀♀ subadultas recolectadas a 10 km al noroeste de Atotonilco el Grande. Depositadas en la colección del Dr. W. D. Sissom. Tres ♀♀ subadultas recolectadas en Teotihuacán, Estado de México, México. Depositadas en la colección del Dr. W. D. Sissom. Una ♀ subadultas recolectada en San Juan Teotihuacán. Depositada en American Museum of Natural History, Nueva York, EUA.

Distribución conocida: Estado de México e Hidalgo.

Esta especie del grupo *nitidulus* no se recolectó en el área de estudio, debido en gran parte a que esta área está muy urbanizada y no se pudo permanecer por la noche para recolectar, debido a la inseguridad. Como las otras especies del grupo al que pertenece presenta un ecomorfotipo litófilo.

Vaejovis punctatus punctatus Karsch, 1879

Protólogo: Karsch, F. 1879. Scorpionologische Beiträge. Part II. *Mitteilungen des Münchener Entomologischen Vereins*, 3: 97-136.

Tipos: *Holotipo* ♀ recolectado en México. Depositado en Zoologischen Museum, Humboldt Universität, Berlin, Alemania.

Distribución conocida: Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Tlaxcala.

V. punctatus pertenece al grupo de especies *eusthemura* (Williams 1980). En un primer intento por ordenar su taxonomía Hoffmann designó tres subespecies *V. p. punctatus*, *V. p. variegatus* Pocock y *V. p. spadix* Hoffmann. Sissom (2000) presentó la distribución de estas subespecies después de estudiar bastante material de varias colecciones y concluyó que los ejemplares del Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Querétaro son los que se pueden considerar típicos, según la descripción original; sin embargo, González-Santillán (2001) corrigió la primera entidad y la cambió por el Estado de México, debido a un error de localidad de los ejemplares revisados por Sissom (2000) e incluyó a Tlaxcala.

Estas subespecies presentan un parecido morfológico superficial, ocasionando que se identifique erróneamente. Se encontraron algunos ejemplares de esta especie recolectados en el sur del Estado de México, en la FES Iztacala, pero resultaron pertenecer a *V. variegatus*. Esta última especie presenta algunos ejemplares cuya coloración es muy similar a la de *V. p. punctatus*, además los juveniles que fueron observados son muy parecidos en ambas especies.

V. p. punctatus se recolectó en una localidad, al norte de Teotihuacán, donde la altitud era de 2350 m, en una zona cultivada con *Opuntia* sp., con vegetación dominante de matorral xerófilo y se recolectaron con luz UV (Cuadro 28), obteniendo una cantidad de casi 50 ejemplares. Esta especie pertenece al grupo *eusthemura* que integra alacranes lapidícolas, sin embargo, la zona de recolecta era más parecía al lugar donde fue recolectado *V. nitidulus* en Zimapán Hidalgo e incluso se observaron varios ejemplares resguardados en las grietas de la roca expuesta.

***Vaejovis variegatus* Pocock, 1898**

Protólogo: Pocock, R. I. 1898. The scorpions of the genus *Vaejovis* contained in the collection of the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History*, 1(7): 394-400.

Tipos: *Sintipos* ♂ y ♀ recolectados en Amula, Guerrero, México. Depositados en Natural History Museum, Londres, Inglaterra.

Distribución conocida: Estado de México, Guerrero, Michoacán, Morelos, Puebla.

V. variegatus fue descrita como subespecie de *V. punctatus* por Pocock (1898), sin embargo cuatro años después el mismo autor la elevó al nivel de especie (Pocock 1902). Hoffmann (1932), Lourenço & Sissom (2000) y Sissom (2000) la citaron como subespecie ubicándola en: Guerrero, Estado de México, Morelos y Puebla. Beutelspacher (2000) la citó como especie, al igual que Ponce (2003) quien la registró en Michoacán. La distribución de esta especie se ubica en la Depresión del Balsas y corrobora una región de endemismo junto con *C. l. limpidus*.

Las condiciones en las que fue recolectada esta especie fueron a una altitud entre 574 y 1840 m, lo cual concuerda con lo observado con Ponce (2003); los tipos de vegetación más comunes en donde se encontró fueron el bosque de encino y el bosque tropical caducifolio y lo más común fue encontrarlos bajo rocas (Cuadro 27), característica importante del grupo *eusthenura*.

En una localidad en el extremo sur del estado los ejemplares presentan una coloración más clara que los de las otras. Los ejemplares fueron revisados exhaustivamente y a no ser por la coloración no existe algún otro carácter que permita diagnosticarlos como especie diferente.

***Vaejovis intrepidus cristimanus* Pocock, 1898**

Protólogo: The scorpions of the genus *Vaejovis* contained in the collection of the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History*, 1(7): 394-400.

Tipos: *Holotipo* ♀ recolectada en Zacatecas, México. Depositada en Natural History Museum, London, Inglaterra.

Distribución conocida: Aguascalientes, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Sinaloa y Nayarit.

Esta es la única especie del grupo *intrepidus* que se encontró en el estado y su distribución refleja la falta de estudio en este taxón, el cual nunca ha sido revisado. Hoffmann (1931) fue el primero en notar ciertos caracteres que relacionan a los integrantes de este grupo, sin embargo, el material que estudió fue escaso. En trabajos posteriores (Lourenço & Sissom 2000, Sissom 2000) se consideró el grupo como tal.

Esta especie fue encontrada entre los 574 y 1360 m de altitud, aunque Ponce (2003) la reportó en Michoacán hasta los 420 m. Se recolectó siempre en bosques tropicales caducifolios y bajo rocas (Cuadro 27).

Vaejovis sp.

Esta especie está en proceso de descripción por los Drs. J. Ponce de la universidad ya citada y W. D. Sissom de Texas A & M University. El ejemplar se encontró a 574 m de altitud (Cuadro 27), además de que Ponce (2003) lo recolectó entre los 240 a 767 m en Michoacán. La localidad en donde se encontró tenía bosque tropical caducifolio y como se recolectó de noche no se tienen datos de su hábitat, sin embargo, morfológicamente puede ser incluido en los alacranes lapidícolas.

Cuadro 27. Tipos de vegetación, hábitats y altitud de las localidades de recolecta. Abreviaciones: BC bosque de coníferas; BE bosque de encino; BM bosque mesófilo; BTC bosque tropical caducifolio; MX matorral xerófilo; BJ bosque de *Juniperus*.

Especies	Altitud (msnm)	Vegetación	Hábitats
<i>C. l. limpidus</i>	574-2071	BE, BTC	Bajo rocas, bajo corteza de tronco
<i>Centruroides</i> sp.	700	BTC	Bajo rocas
<i>D. coylei</i>	1374-1711	BTC	Bajo rocas y galerías
<i>D. silanesi</i>	574-760	BTC	Bajo rocas y galerías
<i>D. aff. zacatecanus</i>	2450	Zona suburbana (agricultura)	Entrada de galería, bajo rocas
<i>V. m. mexicanus</i>	1800-2900	BC, BE, BM, BTC, BJ	Bajo roca, bajo tronco podrido, pared de rocas, bajo musgo, bajo corteza
<i>V. granulatus</i>	2510-2810	BE y BC	Bajo corteza de tronco, bajo rocas
<i>V. pusillus</i>	1820-2260	BE, ladera norte	Bajo rocas, troncos caídos
<i>V. curvidigitus</i>	1374-1545	BTC	Bajo roca, pared de basalto
<i>V. intrepidus cristimanus</i>	574-1360	BTC	Bajo rocas
<i>Vaejovis</i> sp.	574	BTC	Superficie de sustrato
<i>V. p. punctatus</i>	2350	MX	Superficie de sustrato
<i>V. variegatus</i>	574-1840	BTC, BE, ladera sur	Bajo rocas, orillas de arroyo

8. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN

8.1. CLAVE PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS Y GÉNEROS

1. Parte ventral de la patela del pedipalpo con tres tricobotrias (Figura 47 A), borde ventral del dedo móvil del quelícero sin dientes accesorios; esternón pentagonal (Figura 48 A).....2

1'. Parte ventral de la patela del pedipalpo sin tricobotrias (Figura 47 B), borde ventral del dedo móvil del quelícero con dos dientes accesorios; esternón triangular (Figura 48 B).....Buthidae (*Centruroides* spp.)

2. Telson con tubérculo subaculear prominente, cubierto por microsedas blancas (Figura 49 A); borde dorsal del dedo móvil del quelícero con un diente subdistal; sérrula ausente.....Scorpionidae (Diplocentrinae; *Diplocentrus* spp.)

2'. Telson generalmente sin tubérculo subaculear o si lo presenta es espiniforme y nunca con sedas blancas (Figura 49 B), borde dorsal del dedo móvil del quelícero con dos dientes subdistales, sérrula presente.....Vaejovidae (*Vaejovis* spp.)

8.2. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES LAS DE *Centruroides*, BASADA EN EJEMPLARES ADULTOS

1. Crestas superciliares lisas, el triángulo interocular con gránulos grandes escasos; manchas oscuras de pigmentación del caparazón ordenadas en cuatro líneas longitudinales, con dos líneas oscuras estrechas que van de los ojos laterales hacia el primer segmento del mesosoma, sin conectarse con las líneas oscuras medias; tubérculo ocular sin una mancha oscura alrededor (Figura 50 A). Número de dientes pectíneos 22 a 26 en machos y 20 a 23 en hembras. Tubérculo subaculear reducido o si está presente se orienta hacia la punta del aguijón. Esta especie se distribuye en la zona sur del Estado de México.....*C. l. limpidus*

- 1'. Crestas superciliares granuladas, el triángulo interocular con gránulos grandes abundantes; manchas oscuras de pigmentación del caparazón no ordenadas en cuatro líneas longitudinales, con dos líneas que se ensanchan, recorriendo desde los ojos laterales hacia el primer segmento del mesosoma, conectándose con las líneas oscuras medias por detrás del tubérculo ocular; tubérculo ocular con una mancha alrededor (Figura 50 B). Número de dientes pectíneos 24 a 28 en machos y 22 a 25 en hembras. Tubérculo subaculear desarrollado y si es cónico presenta un ángulo recto con respecto a la base del aguijón. Esta especie está restringida al municipio de Amatepec.....*Centruroides* sp.

8.3. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE *Diplocentrus*, BASADA EN EJEMPLARES ADULTOS

1. Alacranes de talla grande (45-75 mm), segmentos del metasoma I-III con quillas laterales inframedias (Figura 51 A), pedipalpo de los machos con la mano alargada (Figura 52 A y B), la quilla dorsal lateral forma un ángulo de 90°, fórmula tarsal de los últimos dos pares de patas diferentes de 6/7 6/7, número de dientes de los peines más de 14 en machos y más de 12 en hembras.....2

- 1'. Alacranes de talla media (40-45 mm), segmentos del metasoma I-III sin quillas laterales inframedias (Figura 51 B), pedipalpo de los machos con la mano ensanchada (Figura 52 C) , la quilla dorsal lateral no forma un ángulo de 90°, fórmula tarsal de los últimos dos pares de patas 6/7 6/7, número de dientes de los peines 12-13 en machos y 10-11 en hembras. Esta especie se distribuye al noroeste del estado.....*Diplocentrus aff. zacatecamus*

2. Proporción largo/ancho del segmento cinco del metasoma menor de 3.00 en machos y menor de 2.25 en hembras. Número de dientes pectíneos de 13-16 en machos y 11-13 en hembras, fórmula tarsal de los últimos dos pares de patas nunca 7/8 7/8.....3

- 2'. Proporción largo/ancho del segmento cinco del metasoma 3.26-3.55 en machos, no se conocen las hembras. Número de dientes de los peines 14-16 en machos, no se conocen las hembras, fórmula tarsal de los últimos dos pares de patas 7/8 7/8. Esta especie se distribuye al sudoeste del estado.....*D. silanesi*

3. Fórmula tarsal de los últimos dos pares de patas 6/6 6/6, número de dientes pectinales 14-16 en machos y 11 a 13 en hembras. Esta especie se distribuye en el sudeste del estado.....*D. coylei*

3°. Fórmula tarsal de los últimos dos pares de patas 8/9 8/9, número de dientes pectinales 13 en hembras, no se conocen los machos. Esta especie se distribuye en el valle de Toluca.....*Diplocentrus aff. coylei*

8.4. CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE *Vaejovis*, BASADA EN EJEMPLARES ADULTOS

1. Quillas de la mano del pedipalpo y quillas ventrales del metasoma ausentes o si están presentes son lisas (Figura 53 A).....(grupo *eusthemura*) 2

- 1'. Quillas de la mano del pedipalpo presentes, al menos las internas con gránulos y quillas ventrales del metasoma desarrolladas a débiles pero con gránulos (Figura 53 B).....4

2. Mesosoma con cuatro líneas longitudinales oscuras, quillas ventrales del metasoma con manchas oscuras en todos los segmentos, metasoma y pedipalpos con sedas abundantes, número de dientes de los peines menos de 20 en machos y menos de 19 en hembras.....3

- 2'. Mesosoma sin cuatro líneas longitudinales oscuras, quillas ventrales del metasoma sin marcas oscuras en todos los segmentos, metasoma y pedipalpos con sedas muy escasas, número de dientes de los peines más de 20 en machos y hembras. Esta especie se distribuye al sur del Estado de México, en el municipio de Tejupilco, en la frontera con el estado de Michoacán.....*Vaejovis* sp.

3. Alacranes con quelas de los pedipalpos y metasoma robustos, de coloración general del cuerpo oscura, aunque algunas poblaciones la presentan clara, borde interno de los dedos del pedipalpo con cinco hileras de dentículos secundarios divididas por cuatro primarios. Número de dientes de los peines 18-21 en machos y 15-19 en hembras. Esta especie se distribuye en la parte sur del Estado de México.....*V. variegatus*

- 3'. Alacranes con quelas de los pedipalpos y metasoma esbeltos, de coloración general del cuerpo clara, borde interno de los dedos del pedipalpo con seis hileras de dentículos

- secundarios divididas por cinco primarios. Número de dientes de los peines 15-19 en machos y de 13 a 16 en hembras. Esta especie se distribuye en la parte noreste del Estado de México.....*V. p. punctatus*
4. Quillas externas de los pedipalpos desarrolladas y con gránulos, posición de las tricobotrias *ib* e *it* cercanas del sexto gránulo accesorio (Figura 54 A). Esta especie se distribuye en la parte sudoeste del estado.....*V. intrepidus cristimamus*
- 4'. Quillas externas de los pedipalpos lisas o ausentes, posición de las tricobotrias *ib* e *it* alejadas del sexto gránulo accesorio (Figura 54 B).....5
5. Segmentos del metasoma II-IV con quillas ventrales lateral y submedia moderadas a fuertes.....(*grupo mexicanus*) 6
- 5'. Segmentos del metasoma II-IV con quillas ventrales lateral y submedia débiles.....(*grupo nitidulus*) 8
6. Alacranes de talla media (30-55 mm), punta de los dedos de los pedipalpos con una vesícula hialina (Figura 55 A). Esta especie se distribuye en las sierras Ajusco-Chichinautzin, de las Cruces, Zacualpan, Valle de Bravo, Temascaltepec y en los valles de Toluca y México.....*V. m. mexicanus*
- 6'. Alacranes de talla chica (18.5-30 mm), punta de los dedos de los pedipalpos sin una vesícula hialina (Figura 55 B).....7
7. Proporción largo/ancho de la quela 2.30-3.55, número de dientes de los peines 16-17 en machos y 13-16 en hembras. Esta especie habita en la parte central y sur de la sierra de las Cruces y se extiende hasta la vertiente sur de la sierra Ajusco-Chichinautzin.....*V. granulatus*

- 7'. Proporción largo/ancho de la quela 4.00-4.10, número de dientes de los peines 12-15 en machos y 10-14 en hembras. Esta especie habita en las sierras de Mil cumbres, Valle de Bravo, Nanchititla, Sultepec, La Goleta y faldas del Nevado de Toluca.....*V. pusillus*
8. Patela del pedipalpo con tres tricobotrias *esb* (Figura 56 A).....9
- 8'. Patela del pedipalpo con dos tricobotrias *esb* (Figura 56 B).....10
9. Margen dentado del dedo fijo de la quela del pedipalpo dividido en siete hileras de denticulos (Figura 57 A), número de dientes de los peines 24-28 en machos y 21-27 en hembras. Esta especie se encontró en el noroeste del estado.....*V. nitidulus*
- 9'. Margen dentado del dedo fijo de la quela del pedipalpo dividido en seis hileras de denticulos (Figura 57 B), número de dientes de los peines 18-22 en machos y 19-21 en hembras. Esta especie se distribuye al noreste del estado.....*V. kochi*
10. Escorpiones de tamaño total 30-40 mm. Número de dientes de los peines 18-21 en machos y 16-18 en hembras. Esta especie se distribuye en la parte sudeste del estado.....*V. curvidigitus*
- 10'. Escorpiones de tamaño total 42-68 mm. Número de dientes de los peines 19-21 en machos y 17-21 en hembras. Esta especie se encontró en la parte sudoeste del estado.....*V. nigrescens*

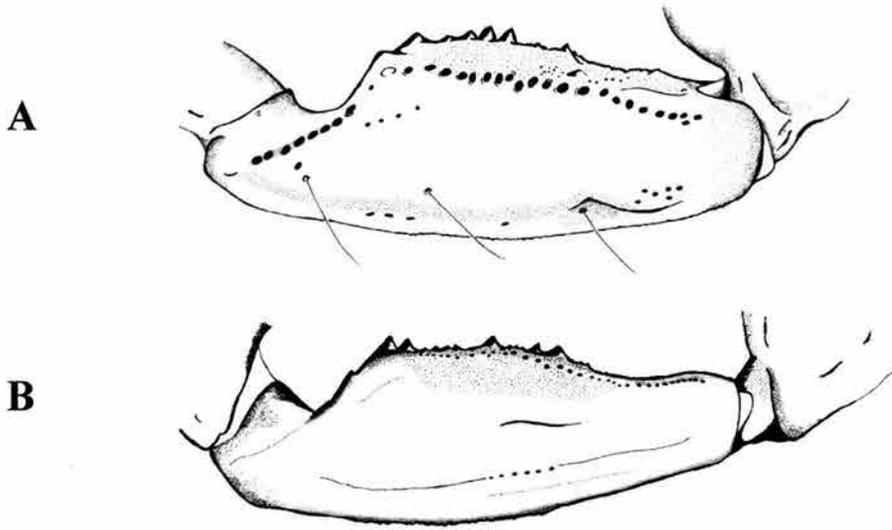


Figura 47. Aspecto ventral de la patela del pedipalpo de: A. *V. curvidigitus* tres tricobotrias y B. *C. l. limpidus* mostrando la ausencia de tricobotrias.

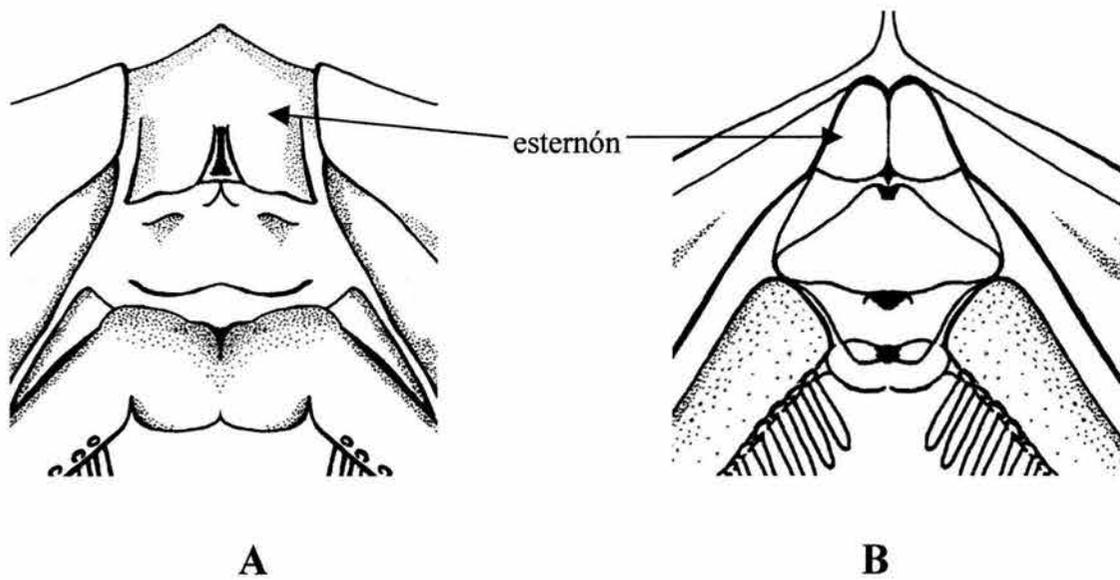


Figura 48. Aspecto ventral de la parte media del cuerpo de: A. *V. curvidigitus* mostrando el esternón de forma pentagonal y B. *C. l. limpidus* mostrando el esternón de forma triangular.

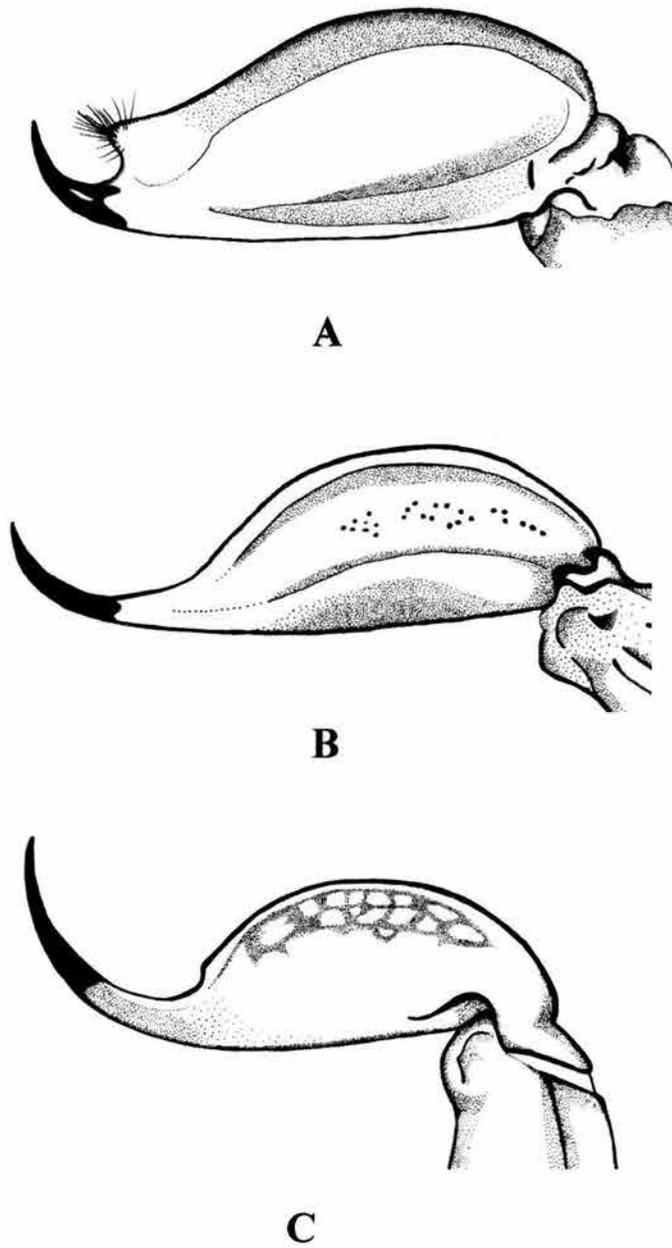
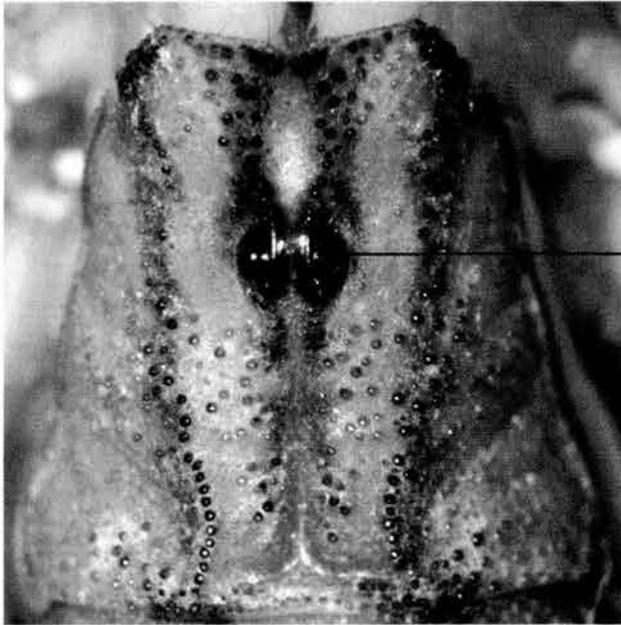
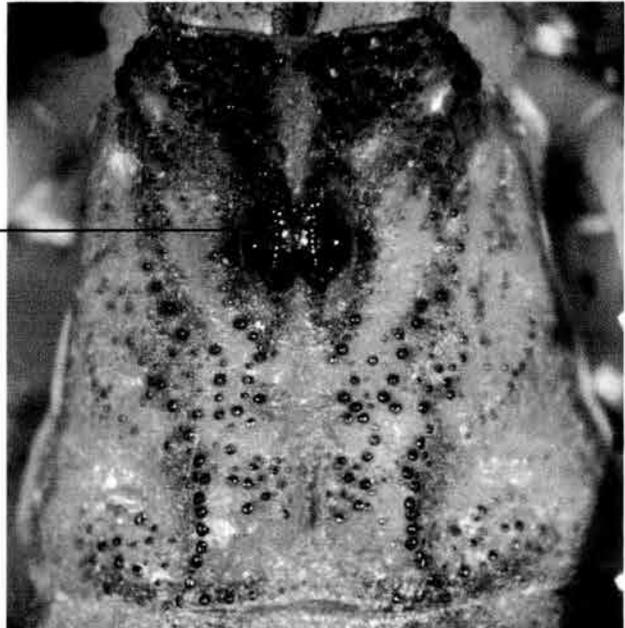


Figura 49. Aspecto lateral del telson de: A. *D. coylei* mostrando el tubérculo subaculear bien desarrollado con microsedas; B. *V. curvidigitus* mostrando el tubérculo subaculear ausente y C. *C. l. limpidus* mostrando un tubérculo subaculear poco desarrollado.



Crestas superciliares lisas

A



Crestas superciliares granulosas

B

Figura 50. Aspecto del caparazón de: A. *C. l. limpidus* mostrando las crestas superciliares lisas y la escultura general del caparazón y B. *Centruroides* sp. mostrando las crestas superciliares granulosas y la escultura general del caparazón.

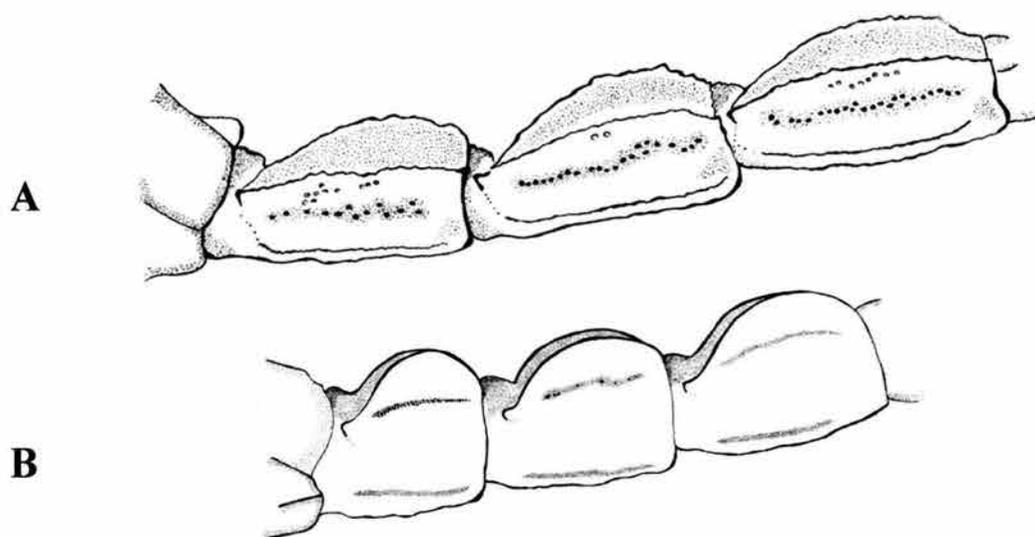


Figura 51. Aspecto lateral de los segmentos I-III de: A. *D. silanesi* mostrando la presencia de quillas inframedias laterales y B. *D. aff. zacatecanus* mostrando la ausencia de quillas inframedias laterales.

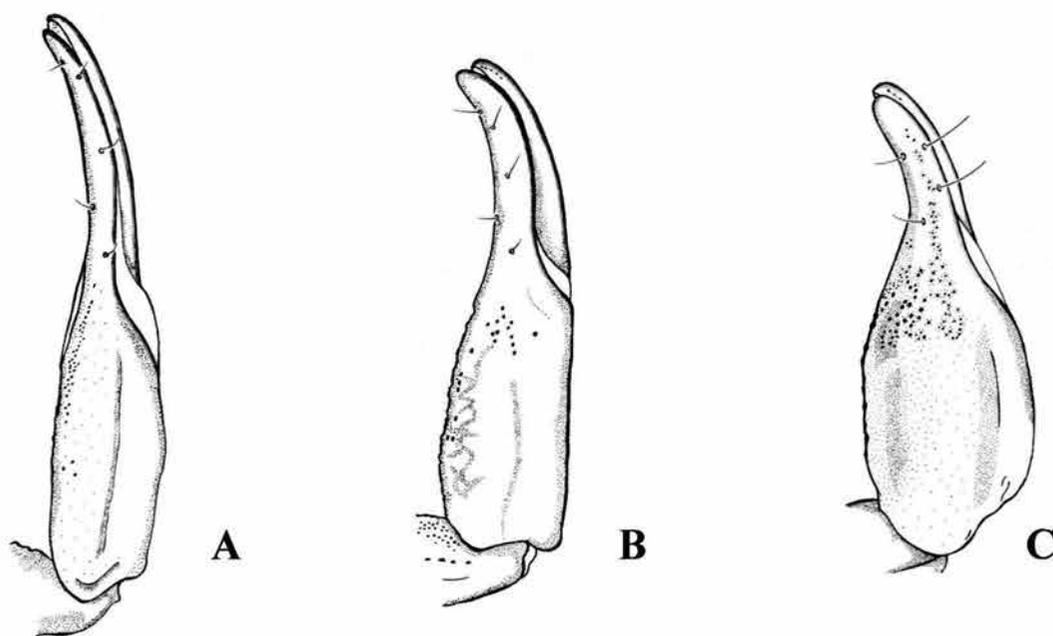


Figura 52. Aspecto dorsal de la quela de los pedipalpos de: A. *D. silanesi* mostrando una forma alargada; B. *D. coylei* mostrando una forma menos alargada y C. *Diplocentrus aff. zacatecanus* mostrando una forma globosa.

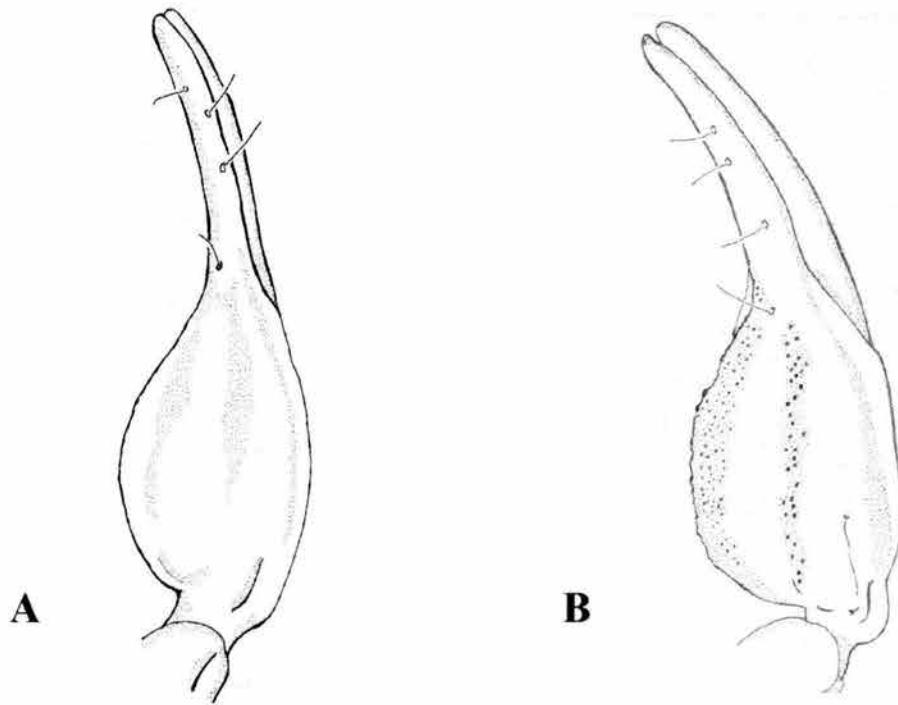


Figura 53. Aspecto dorsal de los pedipalpos de: A. *V. p. punctatus* mostrando las quillas lisas de la mano y B. *V. m. mexicanus* mostrando las quillas con gránulos de la mano.

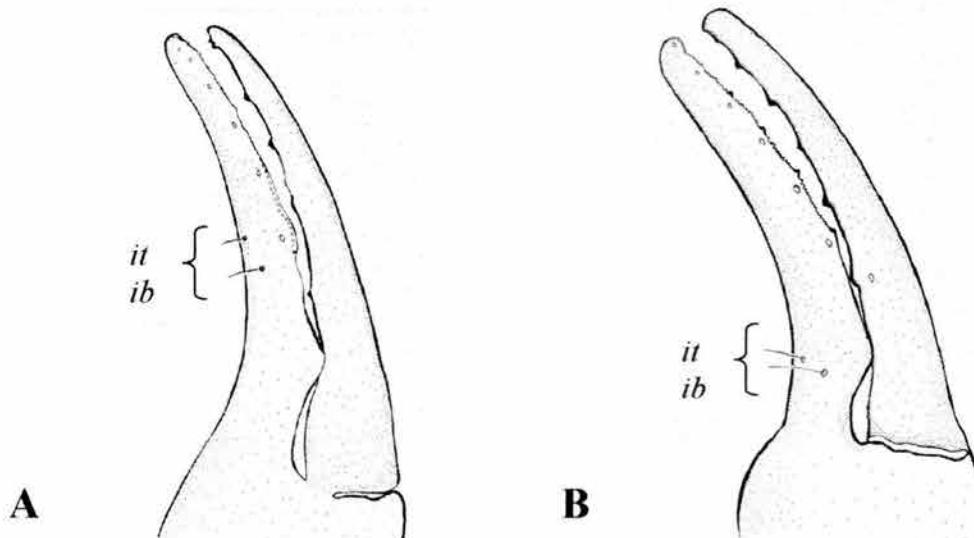


Figura 54. Posición de las tricobotrias *ib* e *it* de: A. *V. intrepidus cristimanus* mostrando la cercanía de las tricobotrias con el sexto gránulo accesorio interno y B. *V. m. mexicanus* mostrando lo alejado de las tricobotrias del sexto gránulo accesorio.

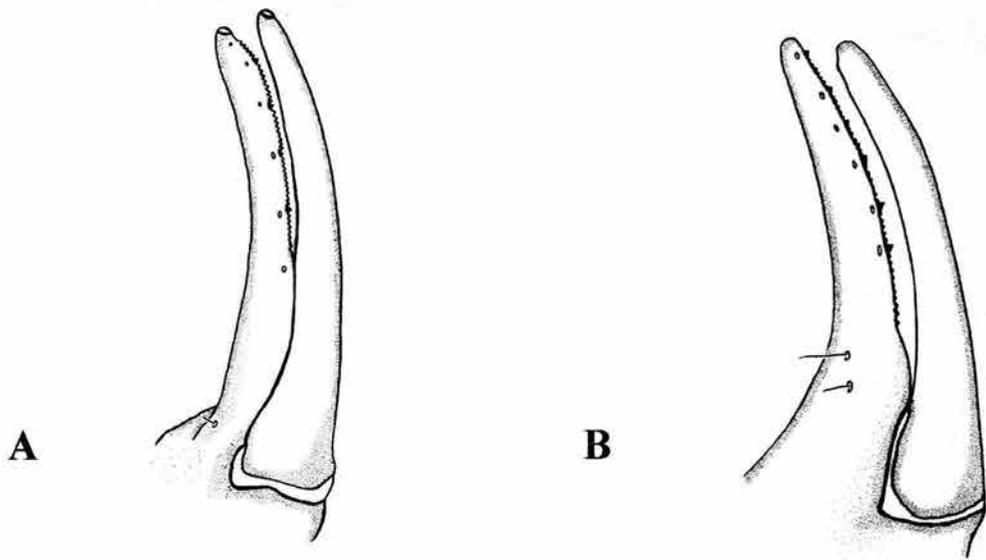


Figura 55. Aspecto lateral de la punta de los dedos de: A. *V. m. mexicanus* mostrando la presencia de una vesícula hialina y B. *V. granulatus* mostrando la ausencia de una vesícula hialina.

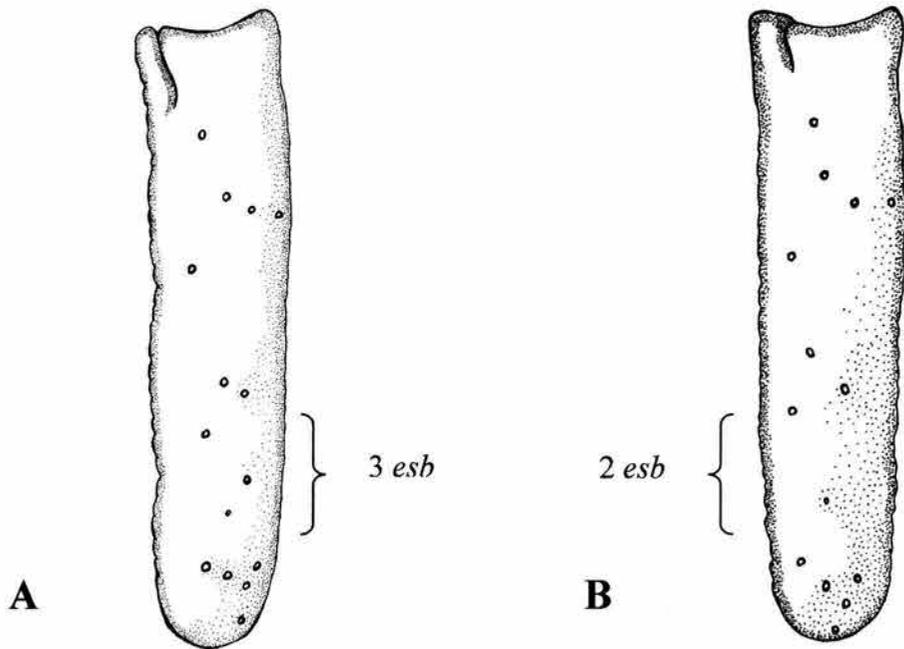


Figura 56. Aspecto externo de la patela de los pedipalpos de: A. *V. nitidulus* mostrando la presencia de tres tricobotrias *esb* y B. *V. nigrescens* mostrando la presencia de dos tricobotrias *esb*.

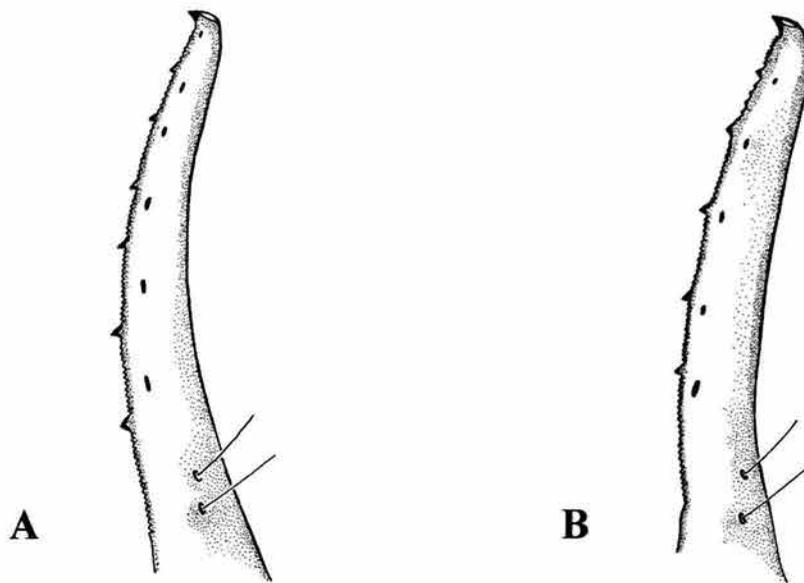


Figura 57. Aspecto lateral de los dedos fijos del pedipalpo de: A. *V. nitidulus* mostrando el borde interno dividido en siete hileras de denticulos y B. *V. nigrescens* mostrando el borde interno dividido en seis hileras de denticulos.

9. CONCLUSIONES

1. En el Estado de México se encontró una riqueza de 17 especies de escorpiones que se incluyen en tres géneros y tres familias, lo cual incrementó la riqueza al doble. Se encontraron cuatro especies nuevas para la ciencia de los tres géneros conocidos en el estado y un nuevo registro.

2. Los modelos de estimación de especies que se ajustaron mejor a este estudio fueron la ecuación de Clench, ACE y Bootstrap, que potencialmente pueden ser usados en el estudio faunístico de escorpiones en zonas muy heterogéneas. La predicción de dichos estimadores indica que existen 15 especies de escorpiones. Se comparó el resultado de los estimadores con las 17 especies encontradas con base en la experiencia de campo y resultó que probablemente dos taxones encontrados en colecciones científicas, no se distribuyan naturalmente en el área de estudio.

3. Se reconocieron cuatro de los cinco ecomorfotipos descritos en la literatura y se considera que la definición de éstos necesita ser revisada.

4. La provincia biogeográfica con mayor riqueza de escorpiones fue la Cuenca del Balsas con nueve especies, ya que el Eje Neovolcánico y el Altiplano Sur tuvieron sólo cuatro cada una. Esta diversidad está relacionada con el número de ecomorfotipos en cada provincia, ya que la Cuenca del Balsas presentó cuatro de ellos, mientras que las otras provincias presentaron sólo dos cada una.

5. Las especies que pueden considerarse propias al Estado de México son las que se distribuyen en la parte que pertenece al Eje Neovolcánico: *V. mexicanus*, *V. granulatus* y *D. aff. coylei*; las especies restantes tienen una distribución más amplia ocupando varios estados de la República Mexicana.

6. El Eje Neovolcánico y la Depresión del Balsas han jugado un papel muy importante como barreras vicariantes en la evolución de la diversidad y distribución actual de los escorpiones en el Estado de México.

7. Los modelos potenciales de distribución generados con GARP son relativamente congruentes con los límites de las provincias biogeográficas usadas en este análisis, por lo que este programa puede ser una herramienta de contraste muy útil, en el estudio de la distribución de los escorpiones.

10. REFERENCIAS

- Anderson, R. P., D. Lew & A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species' distribution: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modeling*, 162: 211-232.
- Baker, R. J., C. J. Phillip, R. D. Bradley, J. M. Burns, D. Cook, G. F. Edson, D. R. Haradan, C. Jones, R. R. Monk, J. T. Montford, D. J. Schmidly & N. C. Parker. 1998. Bioinformatics, museums, and society: integrating biological data for knowledge-based decisions. *Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University*, 187: 1-4.
- Bekon, W. N. 1993. The effect of insularity on the diversity of land birds in the Fiji Islands: implication for refuge design. *Oecology*, 94: 318-329.
- Benton, T. G. 1991. The ecology of the scorpion *Euscorpis flavicaudis* in England. *Journal of Zoology*, 226: 351-368.
- 2001. Reproductive ecology. 278-301 pp. En: Brownell, P. y G. Polis (Eds.). *Scorpion Biology and Research*. Oxford University Press. Inglaterra.
- Beutelspacher, C. R. 2000. *Catálogo de los Alacranes de México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 175 p.
- Bradley, R. 1988. The behavioral ecology of scorpions-a review. *Australian Entomological Society Miscellaneous Publication*, 5: 23-36.
- Brooks, D. R. 1988. Scaling effects in historical biogeography: A new view of space, time and form. *Systematic Zoology*, 37: 237-244.
- Brown, R. F. & D. G. Mayers. 1988. Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Annals of Botany*, 61: 127-138.

- Brownell, P. & G. Polis. 2001. *Scorpion Biology and Research*. Oxford University Press. Inglaterra. 431 p.
- Clench, H. 1979. How to make regional lists of butterflies: some thoughts. *Journal of the Lepidopterist's Society*, 33: 216-231.
- Capes, E. M. 2001. Description of a new species in the *nitidulus* group of the genus *Vaejovis* (Scorpiones, Vaejovidae). *Journal of Arachnology*, 29: 42-46.
- Chazdon, R. L., R. K. Colwell, J. S. Denslow & M. R. Guariguata. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest of NE Costa Rica. pp. 285-309. En: Dallmeier, F. y J. A. Comiskey (Eds.). *Forest biodiversity research, monitoring and modeling: Conceptual background and Old World case studies*. Parthenon Publishing. París.
- Coddington, J. A., Ch. E. Grieswold, S. Silva Davila, Peñaranda, E. Larcher & S. F. 1991. Designing and Testing Sampling protocols to Estimate Biodiversity in Tropical Ecosystems. pp. 44-60. En: Dudley, E. C. (Ed.). *The Unity of Evolutionary Biology: Proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and Evolution Biology*. Dioscorides Press. Portland. EUA.
- Connor, E. F. & E. D. McCoy. 1979. The statistics and biology of the species-area relationships. *American Naturalist*, 113: 791-833.
- Cordero, C. & J. Llorente. 2000. Los artrópodos de México: Algunas comparaciones. pp. 95-101. En: Llorente, J, E. González-Soriano & N. Papavero (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. CONABIO-UNAM. México.
- Colwell, R. K. 1996. BIOTA. *The Biodiversity Database Manager*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, EUA. 574 p.
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 345: 101-118.
- Crisci, J. V. 2001. The voice of historical biogeography. *Journal of Biogeography*, 28: 157-168.
- Crisci, J. V., L. Katinas & P. Posadas. 2000. *Introducción a la teoría y práctica de la biogeografía histórica*. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires, Argentina.

- Croizat, L. 1964. *Space, time and form: The biological synthesis*. Publicado por el autor. Caracas, Venezuela.
- De Armas, L. F. 1980. Aspectos de la biología de algunos escorpiones cubanos. *Poeyana*, 211: 1-28.
- De Armas, L. F. 1992. Escorpiones y solpugida (Arácnida) de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo. pp. 129-137. En: Navarro, L. D. y E. S. Morales (Eds.). *Diversidad biológica en la reserva de la biosfera de Sian Ka'an Quintana Roo*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo.
- De Armas, L. F., C. R. Beutelspacher & E. Martín-Frías. 1995. Notas sobre la taxonomía y distribución de algunos *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) de México. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 32: 29-43.
- De Armas, L. F. & E. Martín-Frías. 2000. Cuatro nuevas especies de *Diplocentrus* (Scorpiones: Diplocentridae) de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 46: 25-40.
- 2003. Dos nuevas especies de *Diplocentrus* Peters, 1816 (Scorpiones: Diplocentridae) de México. *Revista Ibérica de Aracnología*, 7: 71-77.
- Delgadillo, C. 1987. Moss distribution and phytogeographical significance of the Neovolcanic Belt of Mexico. *Journal of Biogeography*, 14: 69-78.
- Díaz Nájera, A. 1964. Alacranes de la República Mexicana. Identificación de ejemplares capturados en 235 localidades. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, 24: 15-30.
- 1975. Lista y datos de distribución geográfica de los alacranes de México. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, 35:1-36.
- Espinosa, D & J. Llorente. 1993. *Fundamentos de biogeografía filogenética*. UNAM. México. 133 p.
- Espinosa, D., J. J. Morrone, C. Aguilar & J. Llorente. 2000. Regionalización biogeográfica de México: Provincias bióticas. pp. 61-94. En: Llorente J., E. González & N. Papavero (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. UNAM. México.

- Espinosa, D., C. Aguilar & T. Escalante. 2001. Endemismo, área de endemismo y regionalización biogeográfica. pp. 31-38. En: Llorente, J. y J. J. Morrone (Eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. CONABIO-UNAM. México.
- Ewing, H. E. 1928. The scorpions of the Western part of the United States; with notes on those occurring in Northern Mexico. *Proceedings of the United States National Museum*, 73: 1-24.
- Fa, J. E. 1989. Conservation-motivated analysis of mammalian biogeography in the transmexican neovolcanic belt. *National Geographic Research*, 5: 296-316.
- Fa, J. E. & L. M. Morales. 1993. Mammals of Mexico: prioritizing diversity. pp. 319-361. En: T. P. Rammamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot & J. Fa (Eds.). *Biological Diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press. Nueva York. EUA.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of Mexico: A synopsis. pp. 3-107. En: T. P. Rammamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot & J. Fa (Eds.). *Biological Diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press. Nueva York. EUA.
- Fet, V., W. D. Sissom, G. Lowe & M. E. Braunwalder (Eds.). 2000. *Catalog of the Scorpions of the World (1758-1998)*. The New York Entomological Society. Nueva York. EUA. 690 p.
- Fet, V. & G. Lowe. 2000. Family Buthidae. pp. 54-286. En: Fet, V., W. D. Sissom, G. Lowe, M. E. Braunwalder (Eds.). *Catalog of the Scorpions of the World (1758-1998)*. The New York Entomological Society. Nueva York. EUA.
- Flather, C. H. 1996. Fitting species-accumulation functions and assessing regional land use impacts on avian diversity. *Journal of Biogeography*, 23: 155-168.
- Francke, O. F. 1977a. Scorpions of the genus *Diplocentrus* from Oaxaca, Mexico. *Journal of Arachnology*, 4: 145-200.
- 1977b. The genus *Diplocentrus* in the Yucatan Peninsula with description of two new troglobites. *Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies*, 6:49-61.
- Francke, O. F. & S. K. Jones. 1982. The life history of *Centruroides gracilis* (Scorpiones, Buthidae). *Journal of Arachnology*, 14: 15-28.

- Fritts, D. A. & W. D. Sissom. 1996. Two new *Diplocentrus* (Scorpiones, Diplocentridae) from Mexico. *Entomological News*, 107: 39-48.
- Funk, V. A., M. F. Zermoglio & N. Nasir. 1999. Testing the use of specimen collection data and GIS in biodiversity exploration and conservation decision-making in Guayana. *Biodiversity Conservation*, 8: 727-751.
- Gertsch, W. J. 1958. Results of the Puritan-American Museum expedition to West Mexico. 4. The scorpions. *American Museum Novitates*, 1903: 1-20.
- Gleason, A. H. 1922. On the relation between species and area. *Ecology*, 3: 158-162.
- González-Santillán, E. 2001. Catálogo de Escorpiones de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN). Tesis de licenciatura. UNAM. México. 148 p.
- 2003. Escorpiones de México. Memorias de la sexta reunión de expertos en envenenamiento por animales ponzoñosos. Cuernavaca, Morelos. 102 p.
- Grafen, A. 1989. The phylogenetic regression. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 326:119-156.
- Grassle, J. F. & N. J. Maciolek. 1992. Deep-sea species richness: regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *American Naturalist*, 139: 313-341.
- Halffter, G. 1976. La entomofauna americana: Ideas acerca de su origen y distribución. *Folia Entomológica Mexicana*, 6:1-108.
- Harvey, P. H. & M. D. Page. 1995. *The comparative method in evolutionary biology*. Oxford University Press. Inglaterra. 239 p.
- Hendrixson, B. E. & W. D. Sissom. 2001. Description of two new species of *Vaejovis* C. L. Koch, 1836 from Mexico, with a redescription of *Vaejovis pusillus* Pocock, 1898 (Scorpiones: Vaejovidae). pp. 215-223. En: Fet, V. & P. A. Selden (Eds.) *Scorpions 2001. In Memoriam Gary A. Polis*. British Arachnological Society. Inglaterra.
- Hoffmann, C. C. 1931. Monografías para la entomología médica de México. Monografía Num. 2, Los escorpiones de México. Primera parte: Diplocentridae, Chactidae, Vaejovidae. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, 2: 291-408.

- 1932. Monografías para la entomología médica de México. Monografía Num. 2, Los escorpiones de México. Segunda parte: Buthidae. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, 3: 243-282; 4: 283-361.
- 1936. La distribución geográfica de los alacranes peligrosos en la República Mexicana. *Boletín del Instituto de Higiene*, 2: 321-330.
- 1937. Nota acerca de los alacranes del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, 8: 201-206.
- 1938. Nuevas consideraciones acerca de los alacranes de México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, 9: 318-337.
- Hurlbert, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity; a critic and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577-586.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, 22: 415-427.
- INEGI, 2001a. *Sistema de información Geográfica del Estado de México*. Aguascalientes, México. 139 p.
- Lamas, G., R. K. Robbins & D. J. Harvey. 1991. A preliminary survey of the butterfly fauna of Pakitza, Parque Nacional del Manu, Peru, with an estimate of its species richness. *Publicaciones del Museo de Historia Natural*, 40: 1-19.
- Lamoral, B. H. 1979. The scorpions of Namibia (Arachnida: Scorpionida). *Annals of the Natal Museum*, 23: 497-784.
- Lourenço, W. R. & W. D. Sissom. 2000. Scorpiones. pp. 115-135. En: Llorente, B., E. González y N. Papavero (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. UNAM. México.
- Lande, R. P. J. De Vries & T. R. Walla. 2000. When the species accumulation curves intersect: Implications for ranking diversity using small samples. *Oikos*, 89: 601-604.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. EUA.

- Main, A. R. 1982. Rare species: Precious or dross? pp. 74-163. En: Ride G. R. H. & W. D. L. Ride (Eds.). *Species at Risk: Research in Australia*. Australian Academy of Science. Canberra. Australia.
- MacArthur, R. H. 1972. Patterns of species diversity. *Biological Reviews*, 40: 510-533.
- MacArthur, R. H. & E. O. Wilson. 1967. *The theory of island Biogeography*. Princeton University Press. New Jersey. EUA. 203 p.
- Mazzotti, L. & Bravo-Becherelle. 1961. Escorpionismo en la República Mexicana. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, 21: 3-19.
- May, R. M. 1986. The search for patterns in the balance of nature. *Ecology*, 67: 1115-1126.
- Mielke, P. W. & E. S. Johnson. 1974. Some generalized beta distributions of the second kind having desirable application features in hydrology and meteorology. *Water Resource Research*, 10: 223-226.
- Miller, R. J. & R. G. Wiegert. 1989. Documenting completeness, species-area relations, and the species-abundance distribution of regional flora. *Ecology*, 70:16-22.
- Moreno, C. E. 2000. *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis SAE, Hidalgo. México. 83 p.
- Moreno, C. E. & G. Halffter. 2001. On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 38: 487-490.
- Morrone, J. J. 1993. Beyond binary opposition. *Cladistics*, 9: 437-438.
- 2001. *Sistemática, biogeografía, evolución: Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 124 p.
- Myers, A. & P. Giller. 1990. Process, patterns and scale in biogeography. pp. 3-12. En: Myers, A. y P. Giller (Eds.) *Analytical Biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distribution*. Chapman & Hall. London. Inglaterra.
- Nelson, G. & N. I. Platnick. 1981. *Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance*. Columbia University Press. Nueva York. EUA. 567 p.
- Newlands, G. 1978. Arachnida (except Acari). pp. 677-684. En: Werger, M. J. A. (Ed.). *Biogeography and ecology of southern Africa*. 2. The Hague: W. Junk.

- Palmer, M. W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71:1195-1198.
- Pianka, E. R. 1970. On *r*- and *k*-selection. *American Naturalist*, 104: 592-597.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. Wiley Intersciences. Nueva York. EUA.
- Pocock, R. I. 1898. The scorpions of the genus *Vaejovis* contained in the collection of the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History*, 1: 394-400.
- Pocock, R. I. 1902. *Arachnida, Scorpiones, Pedipalpi and Solifugae*. Biologia Centrali-Americana. Taylor & Francis. Londres. Inglaterra. 71 p.
- Polis, G. A. 1990. *The Biology of scorpions*. Stanford University Press. EUA. 587 p.
- Polis, G. & R. D. Farley. 1979. Characteristics and environmental determinants of natality, growth and maturity in natural population of the desert scorpion, *Paruroctonus mesaensis* (Scorpionida: Vaejovidae). *Journal Zoology*, 187: 517-542.
- Polis, G. & D. Sissom. 1990. Life history. pp. 161-223 En: Polis G. (Ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. EUA.
- Ponce, J. 2003. Ecología y distribución del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la depresión del Balsas en el estado de Michoacán. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro. México. 276 p.
- Ponce, J. & C. R. Beutelspacher. 2001. *Alacranes de Michoacán*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán. México. 103 p.
- Ponce, J. & O. F. Francke. En prensa. Una Nueva especie de alacrán del género *Centruroides* Marx (1890) (Scorpiones, Buthidae) de la Depresión del Balsas, México. *Folia Entomológica Mexicana*,
- Ponder, W. F., G. A. Carter, P. Flemons & R. R. Chapman. 2001. Evaluating of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation Biology*, 15 648-657.
- Prendini, L. 2001. Substratum specialization and speciation in southern African scorpions: the Effect Hypothesis revised. pp. 113-139. En: Fet, V. & P. A. Selden (Eds.) *Scorpions 2001. In Memoriam Gary A. Polis*. British Arachnological Society. Inglaterra.
- Preston, F. W. 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29: 254-283.

- Preston, F. W. 1962. The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, 43: 185-215.
- Quinn, J. F. & S. P. Harrison. 1988. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographic patterns. *Oecologia*, 75: 132-140.
- Roig-Juñent, S., J. V. Crisci, P. Posadas & S. Lagos. 2002. Áreas de distribución y endemismo en zonas continentales. *Monografías tercer milenio, Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*, 2: 247-266.
- Romero, F. J. & A. Velásquez. 1999. La región de montaña del sur de la Cuenca de México: una revisión de su importancia biológica. pp. 40-45 En: Velásquez A. y F. J. Romero (Eds.). México. *Biodiversidad de la región de Montaña del Sur de la Cuenca de México*. UAM-SEMARNAT. México.
- Ruggiero, A & C. Ezcurra. 2003. Regiones y transiciones biogeográficas: complementariedad de los análisis de biogeografía histórica y ecológica pp. 141-154 En: Morrone, J. J. & J. Llorente (Eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity; a comparative study. *American Naturalist*, 102: 242-282.
- Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. pp. 359-379 En: Hernández, H. M., A. N. García-Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa (Comps.). *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. IBUNAM-Fondo de Cultura Económica. México.
- Scharff, N., J. A. Coddington, C. Griswold, G. Hormiga & P. de P. Bjørn. 2003. When to quit? Estimating spider's species richness in a northern European deciduous forest. *Journal of Arachnology*, 31: 246-237.
- Silverio, R. M., C. G. López-Sánchez, B. E. Galicia-Morales, M. Carrasco-Sánchez & E. Martín-Frías. 2001. Contribución al estudio de la escorpiofauna (Arácnida: Scorpionida) en el estado de Puebla. Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Entomología, Querétaro. México. 205 p.

- Sissom, W. D. 1989. Systematic studies on *Vaejovis granulatus* Pocock and *Vaejovis pusillus* Pocock with descriptions of six new related species (Scorpiones: Vaejoidea). *Revue Arachnologique*, 8: 131-157.
- 1990. Preservation pp. 445-461. En: Polis, G. A. (Ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. EUA.
- 1991a. Systematic studies on the *nitidulus* group of the genus *Vaejovis*, with description of seven new species (Scorpiones, Vaejoidea). *Journal of Arachnology*, 19:4-28.
- 1991b. The genus *Vaejovis* in Sonora, Mexico (Scorpiones, Vaejoidea). *Insecta Mundi*, 5: 215-225.
- 2000. Family Vaejoidea. pp. 503-553 En: Fet, V., W. D. Sissom, G. Lowe & M. E. Braunwalder (Eds.). *Catalog of the Scorpions of the World (1758-1998)*. The New York Entomological Society. Nueva York. EUA.
- Sissom, W. D. & O. F. Francke. 1985. Redescriptions of some poorly known species of the *nitidulus* group of the genus *Vaejovis* (Scorpiones, Vaejoidea). *Journal of Arachnology*, 13: 243-266.
- Sissom, W. D. & S. A. Stockwell. 1991. The genus *Serradigitus* in Sonora, Mexico, with descriptions of four new species (Scorpiones, Vaejoidea). *Insecta Mundi*, 5: 197-214.
- Sissom, W. D. & A. L. Wheeler. 1995. Scorpions of the genus *Diplocentrus* (Diplocentridae) from Sonora, Mexico, with description of a new species. *Insecta Mundi*, 9: 309-316.
- Sissom, W. D. & E. González-Santillán. En prensa. En: Reddell J. (Ed) A new species and new records for the *Vaejovis nitidulus* group, with a key to the Mexican species (Scorpiones, Vaejoidea).
- Sissom, W. D. & B. E. Hendrixson. En prensa. Scorpion biodiversity and patterns of endemism in northern Mexico. En: Cartron, J. L. E. & G. Ceballos (Eds.) *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in northern Mexico*. Oxford University Press. Oxford. Inglaterra.

- Soberón, J., 1999. Linking biodiversity information sources. *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 291.
- Soberón, J. & J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 3(7): 480-488.
- Soleglad, M. 1973. Scorpions of the Mexicanus group of the genus *Vejovis*. *Wasmann Journal of Biology*, 31: 351-372.
- Soleglad, M. E. & V. Fet. 2003. High-level systematics and phylogeny of the extant scorpions (Scorpiones: Orthosterni). *Euscorpius*, 11: 1-175.
- Solow, A. R. & W. Smith. 1991. Detecting clusters in a heterogeneous community sampled by quadrants. *Biometrics*, 47: 311-317.
- Stachel, S. J., S. A. Stockwell & D. L. Van Vranken. 1999. The fluorescence of scorpions and cataractogenesis. *Chemical Biology*, 6: 531-539.
- StatSoft, I. 1998. *Statistica for Windows*. StatSoft, Inc. EUA.
- Stockwell, D. R. B. & I. R. Noble. 1991. Introduction of set rules from animal distribution data: A robust and informative method of data analysis. *Mathematical and Computer Simulation*, 32: 249-254.
- Stockwell, D. R. B. & D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial predictions. *International Journal of Geography Information Systems*, 13: 143-158.
- 2002a. Controlling bias in biodiversity data. pp. 537-546. En: Scott, J. M., P. J. Heglund, M. L. Morrison, J. B. Haufler, M. G. Raphael, W. A. Wall & F. B. Samson (Eds.). *Predicting species occurrences: Issues of Accuracy and scale*. Island Press. Washington. EUA.
- 2002b. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modeling*, 148: 1-13.
- Thompson, G. G. & P. C. Whitters. 2003. Effect of richness and relative abundance on the shape of the species accumulation curve. *Austral Ecology*, 28: 355-360.
- Thompson, G. G., P. C. Whitters, E. R. Pianka & S. A. Thomson. 2003. Assessing biodiversity with species accumulation curves; inventories of small reptiles by pit-trapping in Western Australia. *Austral Ecology*, 28: 361-383.

- Towler, W. I., J. Ponce, B. Gantenbein & V. Fet. 2001. Mitochondrial DNA reveals a divergent phylogeny in tropical *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from Mexico. *Biogeographica*, 77: 157-172.
- Trujillo, M. 1991. Contribución al estudio de los alacranes (Arácnida: Scorpionida) del Zapotal. Chiapas. Tesis de Licenciatura. Chiapas. México. 63 p.
- Vargas-Fernández, I., J. Llorente-Bousquets & A. Luis-Martínez. 1999. Distribución de los Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la Sierra de Manantlán (250-1650 m) en los estado de Jalisco y Colima. *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología*, Número 11. Facultad de Ciencias UNAM. México. 153 p.
- Williams, S. C. 1968a. Scorpion preservation for taxonomic and morphological studies. *Wasmann Journal of Biology*, 26: 133-136.
- 1968b. Two new scorpions from western North America. *Pan-Pacific Entomologist*, 44: 313-321.
- 1968c. Scorpions from northern Mexico. Five new species of *Vejovis* from Coahuila, Mexico. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 68: 1-24.
- 1969a. A new species of *Syntropis* from Baja California Sur , Mexico with notes on its biology (Scorpionida, Vejovidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 45: 285-291.
- 1969b. Birth activities of some North American scorpions. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 37: 1-24.
- 1970a. A new species of scorpion belonging to the *pumilis* group of the genus *Vejovis* (Scorpionida, Vejovidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 46: 181-183.
- 1970b. Scorpion fauna of Baja California, Mexico: Eleven new species of *Vejovis* (Scorpionida: Vaejovidae). *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 37: 275-332.
- 1970c. New scorpions belonging to the *eusthemura* group of *Vejovis* from Baja California, Mexico (Scorpionida, Vejovidae). *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 37: 395-418.

- 1970d. A systematic revision of the giant hairy scorpion genus *Hadrurus*. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 87: 1-62.
- 1971. New and little known scorpions belonging to the *punctipalpi* group of the genus *Vaejovis* from Baja California, Mexico, and adjacent area (Scorpionida, Vaejovidae). *The Wasmann Journal of Biology*, 29: 37-63.
- 1972. Four new scorpion species belonging to the genus *Paruroctonus* (Scorpionida, Vaejovidae). *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 94: 1-16.
- 1974. A new genus of North American scorpions with a key to the North American genera of Vaejovidae. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 40: 1-16.
- 1980. Scorpions of Baja California, Mexico and adjacent islands. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 135: 1-127.
- 1986. A new species of *Vaejovis* from Jalisco, Mexico (Scorpiones: Vaejovidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 62: 355-358.
- Williams, S. C. & N. F. Hadley. 1968. Scorpions from the Puerto Peñasco area (Cholla Bay), Sonora, Mexico with a description of *Vaejovis baergi* n. sp. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 35: 103-116.
- Williams, S. C. & V. F. Lee. 1975. Diplocentrid scorpions from Baja California Sur, Mexico (Scorpionida: Diplocentridae). *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 115: 1-27.
- Wood, H. C. 1863. On the Pedipalpi of North America. *Journal of the Academy of Natural Sciences in Philadelphia*, 5: 367-368.
- CONABIO. 2002. Obtención de metadatos y cartografía en línea. <http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl>
- Colwell, R. 2001. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 6.0b1. User's guide. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>

INEGI, 2001b. Espaciomapas

<http://mapaserver.inegi.gob.mx/geografia/espa%C3%B1ol/prodyserv/ortomapa/espaciom>

Payne, K. & D. R. B. Stockwell. 2001. GARP Modeling System User's Guide and Technical Reference. Version 1.0.

<http://biodi.sdsc.edu/Doc/GARP/Manual/manual.html#introduction%20to%20genetic%20algorithms>