



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ARAÑAS DE IMPORTANCIA MÉDICA: REGISTROS
ACTUALIZADOS DE LAS ESPECIES DE ARAÑAS
“VIUDAS NEGRA” DEL GÉNERO *Latrodectus*
WALCKENAER, 1805 (ARANEAE: THERIDIIDAE) DE
MÉXICO

Tesis que para obtener el título de
LICENCIATURA EN BIÓLOGIA

PRESENTA:

LUIS ALEJANDRO CABRERA ESPINOSA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALEJANDRO VALDEZ MONDRAGÓN



PUEBLA, PUE

FEBRERO 2020

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Facultad de Ciencias Biológicas por la formación académica recibida.

Al Laboratorio de Aracnología del IBUNAM, sede Tlaxcala por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

A mi tutor de tesis, el Dr. Alejandro Valdez Mondragón por su instrucción y orientación durante las múltiples revisiones de este trabajo. Además, del apoyo otorgado para la asistencia a congresos y la publicación del mismo.

A la Dra. María Luisa Jiménez Jiménez, el Dr. Oscar Federico Francke Ballvé y al M. en C. Marco Antonio Desales Lara por los ejemplares prestados para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Clasificación del orden Araneae	3
2.2. Morfología general de las arañas	7
2.3. Biología de las arañas	20
2.4. Diversidad de arañas a nivel mundial y de México.....	27
3. ANTECEDENTES.....	29
3.1. Arañas de importancia médica a nivel mundial y de México	29
3.2. Diversidad y clasificación del género <i>Latrodectus</i>	30
3.3. Morfología y biología del género <i>Latrodectus</i>	32
3.4. Historia taxonómica de las especies de <i>Latrodectus</i> en México.....	38
4. JUSTIFICACIÓN.....	41
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	41
6. OBJETIVOS GENERAL Y PARTICULAR.....	42
6.1. General.....	42
6.2. Objetivos particulares:	42
7. MATERIAL Y MÉTODOS	43
7.1. Colecciones científicas	43
7.2. Trabajo de campo.....	43
7.3. Trabajo de laboratorio	45

7.4. Bases de datos.....	46
7.5. Georreferenciación.....	47
7.6. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE).....	48
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
8.1. Registros totales de <i>Latrodectus</i> para México.....	51
8.1.1. Registros del género <i>Latrodectus</i> por estado de la República Mexicana.....	52
8.2. Mapas de distribución.....	56
8.2.1. Distribución total y potencial del género <i>Latrodectus</i> en México	56
8.2.1.1. Distribución total y potencial de <i>Latrodectus mactans</i> (Fabricius, 1775) en México.....	62
8.2.1.2. Distribución total y potencial de <i>Latrodectus geometricus</i> C. L. Koch, 1841 en México.....	66
8.2.1.3. Distribución total de <i>Latrodectus hesperus</i> Chamberlin e Ivie, 1935 en México.....	71
8.3. Variación regional de coloración en hembras de <i>Latrodectus</i> de México.....	73
8.3.1. Variación dorsal del opistosoma de <i>Latrodectus mactans</i> (Fabricius, 1775) en México.....	74
8.3.2. Variación dorsal del opistosoma de <i>Latrodectus geometricus</i> C. L. Koch, 1841 en México.....	83
8.3.3. Variación dorsal del opistosoma de <i>Latrodectus hesperus</i> Chamberlin e Ivie, 1935 en México.....	86
8.3.4. Variación del patrón “reloj de arena” del opistosoma del género <i>Latrodectus</i> en México.....	89
8.4. Variación morfológica de los caracteres diagnósticos del género <i>Latrodectus</i> de México.....	92

9. CONCLUSIONES 101

10. REFERENCIAS 102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sinonimias y autores de las subespecies de *L. mactans*, *L. hesperus* y *L. geometricus*, anteriormente reconocidas para México hasta el año de 1959 (World Spider Catalog, 2020).

Cuadro 2. Localidades muestreadas por estado para la recolecta de ejemplares del género *Latrodectus* durante los años 2017- 2019 (material depositado en el LATLAX).

Cuadro 3. Capas bioclimáticas utilizadas para el Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) de las especies del género *Latrodectus* de México.

Cuadro 4. Capas ambientales de mayor aporte para la distribución potencial del género *Latrodectus* en México según el primer análisis de MNE.

Cuadro 5. Registros obtenidos de las colecciones científicas, literatura, bases de datos digitales y medios sociales en línea: Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) del Instituto de Biología, UNAM, Laboratorio de Aracnología (LATLAX) del Instituto de Biología, UNAM, Colección Aracnológica (CARCIB) del Centro de Investigación Biológica del Noreste (CIBNOR). *= incluye el único registro de la especie para el estado de Tabasco. **= incluye el único registro de la especie para el estado de Campeche.

Cuadro 6. Registros totales del género *Latrodectus* por especie y por estado de la República Mexicana. *= registros nuevos para la entidad. **= registros únicos de literatura que no pudieron ser georreferenciados.

Cuadro 7. Registros totales georreferenciados de las especies del género *Latrodectus* en México para cada Región y Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Cuadro 8. Número de ejemplares hembra de *L. mactans* y número de registros por cada tipo de patrón dorsal. *= patrones dorsales de coloración reconocidos por Levi (1959). **= patrones dorsales reconocidos en este trabajo por primera vez.

Cuadro 9. Presencia-ausencia por estado de la República Mexicana de los ocho tipos de patrones dorsales del opistosoma registrados en hembras de *L. mactans*. Estados en negritas representan los que tienen el mayor número de patrones dorsales observados.

Cuadro 10. Presencia-ausencia por estado de los tres tipos de patrones dorsales del opistosoma en hembras de *L. geometricus*. Estados en negritas representan los que tienen el mayor número de patrones dorsales observados.

Cuadro 11. Tabla de presencia-ausencia por estado de los dos tipos de patrones dorsales del opistosoma en hembras de *L. hesperus*. *= nuevo tipo de patrón dorsal registrado para *L. hesperus* de México. **= patrón dorsal reconocido por Chamberlin e Ivie (1935) para *L. hesperus*.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación filogenética de la clase Arachnida obtenida del análisis CAT-GTR+G de 233 loci. Las líneas punteadas señalan los clados filogenéticos recuperados. Tomado y modificado de Lozano-Fernández *et al.* (2019).

Figura 2. Relaciones filogenéticas del clado Pantetrapulmonata que incluye a los dos órdenes fósiles pertenecientes a la clase Arachnida: Uraraneida y Chimerarachne. Tomado y modificado de Wang *et al.* (2018).

Figura 3. Relaciones filogenéticas del clado Pantetrapulmonata. Las líneas gruesas en amarillo y negro indican el registro fósil conocido de los órdenes en relación con las eras geológicas. Líneas amarillas indican los subórdenes del orden Araneae (arañas). Tomado y modificado de Wang *et al.* (2018).

Figura 4. Morfología general de las arañas. Habitus dorsal y ventral de una araña (hembra de *L. mactans*). Pr= prosoma, Op= opistosoma, Pe= pedipalpos, Pd= pedicelo, Ep= epiginio, Hi= hileras, I-IV= número del par de patas ambulatorias.

Figura 5. Esquema de las estructuras bucales de las arañas (vista ventral), donde se puede observar las dentaciones en el basiquelícero (promargen y retromargen) y estructuras asociadas. Tomado y modificado de Bradley (2013).

Figuras 6, 7. Fotografía electrónica de barrido de las diferentes posiciones de los quelíceros. **6)** Quelíceros de *Brachypelma* Simon, 1891 (vista ventral) en posición paraxial. **7)** Quelíceros de *Tegenaria* Latreille, 1804 (vista posterior) en posición diaxial. Tomado y modificado de Foelix (2011).

Figuras 8-10. Posición interna de las glándulas de veneno en arañas del infraorden Mygalomorphae (**8**), y Araneomorphae (**9, 10**); con respecto a los quelíceros y el caparazón. GV= glándula de veneno, Q= quelícero. Tomado y modificado de Foelix (2011).

Figuras 11, 12. **11)** Pedipalpo de macho de *Loxosceles malintzi* perteneciente al clado Synspermiata (=Haplóginos) (pedipalpos simples). Escala: 0.75 mm. Tomado y modificada de Valdez-Mondragón *et al.* (2018a). **12)** Pedipalpo de macho de *L.*

mactans perteneciente al clado Entelegyne (pedipalpos complejos), la línea punteada señala los escleritos que componen el bulbo. Escala: 0.5 mm. Tr= trocánter, F= fémur, P= patela, T= tibia, Ta= tarso, C= cimbio, B= bulbo, E= émbolo.

Figura 13. Segmentación presente en las patas locomotoras de las arañas (ej. pata IV de *L. mactans*). Tr= trocánter, F= fémur, P= patela, T= tibia, Mt= metatarso, Ta= tarso. Escala: 2 mm.

Figuras 14, 15. **14)** Pata IV de *Latrodectus* sp., mostrando la fila de sedas aserradas en la cara ventral del tarso. Escala: 0.5 mm. **15)** Esquema de la pata IV de *Uloboridae* en la que se observa el calamistro. Mt= metatarso, Ta= tarso, SA= sedas aserradas, U= uñas. Tomado y modificado de Foelix (2011).

Figuras 16, 17. Comparación de estructuras reproductivas en hembras de arañas. **16)** *Synspermiata (=Haplogyne)* y **17)** *Entelegyne*. Las flechas grises muestran la dirección del esperma después de la cópula, las flechas negras muestran la dirección del esperma para la fecundación de los huevos. RS= receptáculo seminal, Esp= espermateca, Ut= útero, Dc= ducto copulador, F= ductos de fertilización. Tomado y modificado de Foelix (2011).

Figura 18. Fotografía de la región ventral del opistosoma de un ejemplar de *Kukulkania* sp. (Familia Filistatidae), donde se puede observar el cribelo y las hileras. Cr= cribelo, An= hileras anteriores, Po= hileras posteriores. Escala: 0.5 mm.

Figura 19. Posición y función de las distintas glándulas de las hileras productoras de seda en arañas. Tomado y modificado de Foelix (2011).

Figura 20. Ejemplar de Scincidae atrapado en la telaraña de una araña hembra de *Latrodectus* sp. (Theridiidae). Tomado de la web (<https://i0.wp.com/cosasycasos.com/wp-content/uploads/2018/03/ara%C3%B1a-y-lagartija.jpg?fit=844%2C507>).

Figuras 21- 24. Tipos de posiciones básicas que las arañas toman durante la cópula: **21)** Tipo 1, **22)** Tipo 2, **23)** Tipo 3, y **24)** Tipo 4. Tomada y modificada de Foelix (2011).

Figura 25. Variación en el patrón ventral en forma de “reloj de arena” del opistosoma de hembras adultas de *L. mactans*, para diferentes estados de Estados Unidos: **a)** Arkansas, **b)** Nueva York, **c)** Nueva York, **d)** Tennessee, **e)** Carolina del Norte, **f)** Virginia, **g)** Nueva York, **h)** Nueva York. Tomado y modificado de Kaston (1970).

Figura 26. Dimorfismo sexual entre el macho y hembra de *L. mactans*, siendo la hembra hasta tres veces más grande que el macho. Se muestra además la forma y textura del ovisaco característico de la especie. Tomado y modificado de la web (https://i1.wp.com/carlboileau.com/wp-content/uploads/2008/11/black_widow_family.jpg).

Figura 27. Fotografía de la región ventral posterior del opistosoma de un ejemplar de *Latrodectus* sp., donde se pueden observar el colulus, las hileras y el tubérculo anal. Co= colulus, An= hileras laterales anteriores, Me= hileras medias posteriores, Po= hileras laterales posteriores, Tu= tubérculo anal. Escala: 0.5 mm.

Figuras 28, 29. Diferencia en la complejidad de estructuras reproductoras de hembras adultas en Enteléginos y Haplóginos (= Synspermiata). Escala: 0.2 mm. **28)** Epiginio de *L. mactans* (Entelegyne). **29)** Receptáculos seminales de *Loxosceles malintzi* (Synspermiata): Esp= espermateca, Dc= ducto copulador, RS= receptáculo seminal. Escala: 0.2mm. Tomado y modificado de Valdez-Mondragón *et al.* (2018a).

Figura 30. Número total de registros del género *Latrodectus* por estado de la República Mexicana.

Figura 31. Registros totales de las tres especies del género *Latrodectus*: *L. geometricus* (●), *L. hesperus* (●), *L. mactans* (●) y *L. sp.* (●) que se distribuyen en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Figura 32. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) del género *Latrodectus* en México bajo el algoritmo de Maxent. *L. mactans* (●), *L. geometricus* (●), *L. hesperus* (●) y *L. sp.* (●). Escala de colores: colores rojos más oscuros muestran áreas con mejores condiciones de predicción (0-100). Líneas azules muestran las provincias

biogeográficas de acuerdo con la clasificación de Morrone (2017). Líneas negras muestran la división política de México.

Figura 33. Registros de *L. mactans* en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Figura 34. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) de *L. mactans* en México bajo el algoritmo de Maxent. Escala de colores: colores rojos más oscuros muestran áreas con mejores condiciones de predicción (0-100). Líneas azules muestran las provincias biogeográficas de acuerdo con la clasificación de Morrone (2017). Líneas negras muestran la división política de México.

Figura 35. Registros de *L. geometricus* en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Figura 36. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) de *L. geometricus* en México bajo el algoritmo de Maxent. Escala de colores: colores rojos más oscuros muestran áreas con mejores condiciones de predicción (0-100).

Figura 37. Registros de *L. hesperus* en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Figura 38. Variación de los 11 Tipos de patrones dorsales y ventrales del opistosoma de *L. mactans* reportados para México. Tomado y modificado de Levi (1959).

Figuras 39-47. Patrón dorsal general y variación observada en los patrones dorsales del opistosoma pertenecientes a hembras adultas de diferentes poblaciones de *L. mactans* de México. **39)** Patrón dorsal general que abarca los ocho tipos reportados en este trabajo. **40, 41, 44-47)** Vista dorsal del opistosoma. **42, 43)** Vista posterior del opistosoma. Escala: 2mm.

Figuras 48, 49. Registros de los Tipos 1, 5, 6 y 7 de patrón dorsal del opistosoma de *L. mactans* de México. **48)** Tipo 6. Tipo de patrón dorsal del opistosoma con el

mayor número de registros. **49)** Tipos 1, 5 y 7. Tipos de patrón dorsal del opistosoma con el menor número de registros (<20).

Figuras 50. Registros de los Tipos 2, 3, 4 y 8 del patrón dorsal del opistosoma de *L. mactans* de México.

Figura 51-53. Variación observada en los patrones dorsales del opistosoma de hembras pertenecientes a diferentes poblaciones de *L. geometricus* de México. Flechas indican la unión de la tercera mancha con la línea posterior Escala: 2 mm.

Figura 54. Registros y distribución de tres Tipos de patrón dorsal del opistosoma de *L. geometricus* de México.

Figuras 55, 56. Variación observada en los patrones dorsales del opistosoma de *L. hesperus* de México. Estos patrones corresponden a los patrones dorsales Tipos 6 y 4 encontrados en *L. mactans*. **43)** Tipo 4. **45)** Tipo 6. **55)** Vista posterior del opistosoma. **56)** Vista dorsal del opistosoma. Escala: 2 mm.

Figura 57. Registros y distribución de los Tipos de patrones dorsales del opistosoma de *L. hesperus* de México.

Figura 58. Variación observada del patrón ventral del opistosoma en forma de “reloj de arena” en ejemplares hembra de *L. mactans* de México.

Figuras 59, 60. Variación del patrón de “reloj de arena” en hembras adultas de *L. geometricus* de México. Flechas rojas señalan la marca blanca a cada lado del “reloj de arena” característico de *L. geometricus*. Escala: 2mm.

Figuras 61, 62. Ejemplares adultos hembras del género *Latrodectus* donde se puede observar la coloración del cuerpo y patas. **61)** *L. geometricus*. **62)** *L. mactans*. Fotos tomadas por Jared L. R.

Figuras 63-71. Vista ventral de los epiginios de las tres especies de arañas del género *Latrodectus* que se distribuyen en México. **63-65)** *L. mactans*. **66-68)** *L. hesperus*. **69-71)** *L. geometricus*. Flechas señalan las vueltas del ducto copulador. Líneas punteadas señalan el ángulo de las espermatecas entre sí. Escala: 0.5mm

Figuras 72-80. Variación de los patrones dorsales del opistosoma de los machos de las tres especies del género *Latrodectus* de México. **72-74)** *L. mactans*. **75-77)** *L. hesperus*. **78-80)** *L. geometricus*. **72, 75, 78)** Hábitus dorsal donde se puede observar las patas bandeadas.

Figuras 81-92 Comparación del número de vueltas del émbolo de las estructuras reproductoras de los machos (pedipalpos) de las tres especies de arañas del género *Latrodectus* de México. **81-84)** *L. mactans*. **85-88)** *L. hesperus*. **89-92)** *L. geometricus*. **81, 83)** Esquema del pedipalpo de *L. mactans*. Tomado y modificado de Levi (1959). **85, 87)** Esquema del pedipalpo de *L. hesperus*. Tomado y modificado de Kaston (1970). **89, 91)** Esquema del pedipalpo de *L. geometricus*. Tomado y modificado de Levi (1959). Escala: 0.5mm.

Figuras 93-95. Morfología externa de los ovisacos de las tres especies de arañas del género *Latrodectus* de México. **93)** Ovisaco de *L. mactans*. **94)** Ovisaco de *L. hesperus*. Foto tomada por M. Cortez-Roldán. **95)** Ovisaco de *L. geometricus*. Foto tomada por Jared L. R.

RESUMEN

El género de arañas *Latrodectus* representan uno de los seis géneros de importancia médica a nivel mundial debido a su veneno neurotóxico, sin embargo, actualmente no se cuenta con registros actualizados de las tres especies del género *Latrodectus* que se distribuyen en México.

Conocidas comúnmente como “viudas negras” o “arañas capulinas”, las arañas del género *Latrodectus* presentan una amplia distribución en México, con registros en los 32 estados del país. A pesar de contar con una gran cantidad de registros en México, estos se encuentran dispersos en distintas fuentes de información como bases de datos en línea, trabajos taxonómicos a nivel estatal o regional o incluso en colecciones biológicas.

En el presente trabajo se recopilaron los registros de las tres especies de *Latrodectus* presentes en México de distintas fuentes de información (bases de datos en línea, medios sociales en línea, colecciones científicas y literatura). Se obtuvieron un total de 1,147 registros, siendo *L. mactans* la especie con el mayor número de registros, seguida por *L. geometricus* (especie introducida), y por último *L. hesperus* (especie recientemente registrada para México). Se realizaron mapas de distribución real y potencial (Modelaje de Nicho Ecológico) para todo el género *Latrodectus* en México y para cada una de las tres especies; encontrando que la variable con mayor influencia en la distribución de este género en México es la temperatura estacional, el tipo de vegetación y la altitud.

Se analizó la variación de los patrones dorsales del opistosoma de 384 ejemplares hembras de las tres especies del género *Latrodectus* de México, clasificándolas en diferentes tipos. *Latrodectus mactans* es la especie que presenta la mayor variación con ocho tipos, seguida de *L. geometricus* con tres tipos y *L. hesperus* con dos tipos. Con esta clasificación de los patrones dorsales de las tres especies, se realizaron mapas de distribución para cada tipo de patrón dorsal; encontrando incluso que en una misma población se pueden presentar más de un tipo diferente.

La amplia distribución del género *Latrodectus* en México ha sido favorecida principalmente por su capacidad sinantrópica y a su capacidad de dispersión mediante “ballooning” en estadios juveniles. Además, el género *Latrodectus* presenta una alta variabilidad morfológica en estructuras sexuales y somáticas tanto en machos como en hembras (principalmente en *L. mactans*), dificultando la identificación de las especies de México, principalmente entre *L. mactans* y *L. hesperus*, utilizando los caracteres diagnósticos clásicos (epiginios en hembras, pedipalpos en machos). Por lo anterior, a futuro se necesita la implementación de caracteres moleculares que ayudarán a la delimitación de las poblaciones y/o especies de México, lo que ayudará en la taxonomía del grupo y a conocer la diversidad real del género en el país, la cual, podría estar subestimada.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se han descrito 48,463 especies de arañas agrupadas en 4,155 géneros y 120 familias (World Spider Catalog, 2020). De esta diversidad, únicamente seis géneros se consideran de importancia médica debido a los efectos nocivos que ocasiona su mordedura a la salud humana: *Sicarius* Walckenaer, 1847; *Hexophthalma* Karsh, 1879; *Loxosceles* Heineken y Lowe, 1832; *Atrax* O. Pickard-Cambridge, 1877; *Phoneutria* Perty, 1833 y *Latrodectus* Walckenaer, 1805 (Müller, 1993; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018b).

En México se distribuyen 2,349 especies de arañas, agrupadas en 426 géneros y 69 familias, lo que representa el 4.8%, 10.2% y 57.5% de la diversidad mundial respectivamente (Jiménez e Ibarra, 2008; World Spider Catalog, 2020). De esta diversidad, para México únicamente dos géneros agrupan especies que se consideran de importancia médica: *Loxosceles* y *Latrodectus* (Desales-Lara *et al.*, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018b), representando el 1.7% de la diversidad total de arañas de México.

La familia Theridiidae ocupa el cuarto lugar en cuanto a diversidad de especies en el mundo con 2,515, clasificadas en 124 géneros, registrándose para México 34 géneros y 223 especies lo que representa el 27% y 8% respectivamente a nivel mundial (Jiménez e Ibarra, 2008; World Spider Catalog, 2020). Dentro de esta familia, las especies del género *Latrodectus*, constituyen el 0.1% de la diversidad total de arañas mexicanas, siendo un porcentaje mínimo de la araneofauna conocida hasta la actualidad (Jiménez e Ibarra, 2008). Coloquialmente, las especies de *Latrodectus* son conocidas como “viudas negras” o “arañas capulinas”, las cuales se caracterizan por su veneno neurotóxico, reportándose hasta ahora tres especies para México (*Latrodectus mactans* (Fabricius, 1775), *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841 y *Latrodectus hesperus* Chamberlin e Ivie, 1935) (Barreto y Barreto, 1994; Secretaría de Salud, 2016; Cortez-Roldán, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018b; World Spider Catalog, 2020). Las “arañas capulinas” o “viudas negras” presentan una amplia distribución a lo largo de la República Mexicana, registrándose en todos los estados del país hasta ahora.

La amplia distribución del género *Latrodectus* en México es, probablemente, debido a su capacidad de adaptación a ambientes sinantrópicos (urbanizados o antropizados) y a su método de dispersión mediante “ballooning”, por lo que la finalidad de este trabajo es actualizar y contribuir al conocimiento de la distribución de las tres especies de *Latrodectus* que se distribuyen en la República Mexicana.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Clasificación del orden Araneae

La clase Arachnida Lamarck, 1801 está agrupada dentro del Subphylum Chelicerata Heymons, 1901, recientemente Sharma *et al.* (2014) propone que esta clase se encuentra conformada por 12 órdenes: Acariformes Zakhvatkin, 1952 (“ácaros”), Parasitiformes Zakhvatkin, 1952 (“garrapatas”), Amblypygi Thorell, 1883 (“arañas látigo” o “tendarapos”), Araneae Clerck, 1757 (“arañas” y “tarántulas”), Opiliones Sundevall, 1833 (“patones” o “segadores”), Palpigradi Thorell, 1888 (“palpígrados”), Pseudoscorpionida Pavesi, 1880 (“falsos escorpiones” o “escorpiones de los libros”), Ricinulei Thorell, 1887 (“ricinúlidos” o “garrapatas encapuchadas”), Schizomida Petrunkevitch, 1945 (“mini-vinagrillos”), Scorpiones Hemprich y Ehrenburg, 1810 (“escorpiones” o “alacranes”), Solifugae Sundervall, 1833 (“mata-venados”, “arañas sol” o “arañas camello”) y Thelyphonida Cambridge, 1872 (“vinagrillos”, “madres de escorpión o alacrán” o “escorpiones látigo”) (Shultz, 1990; Beccaloni, 2009; Francke, 2014; Sharma *et al.*, 2014).

Estudios filogenéticos recientes en los que se utilizan caracteres moleculares (Lozano-Fernández *et al.*, 2019) recupera la monofilia de la clase Arachnida (Figura 1), la cual había sido puesta en duda previamente por Ballesteros y Sharma (2019) con datos filogenómicos, donde incluso Xiphosura (“cacerolitas de mar”), estaba relacionadas dentro de Arachnida como grupo hermano de Ricinulei (ricinúlidos o “garrapatas encapuchadas”). Además, se recupera la monofilia del orden Acari, el cual había sido separado en dos órdenes diferentes: Acariformes y Parasitiformes por Sharma *et al.* (2014), quien había propuesto a los Pseudoscorpiones como taxón hermano de los Acariformes.

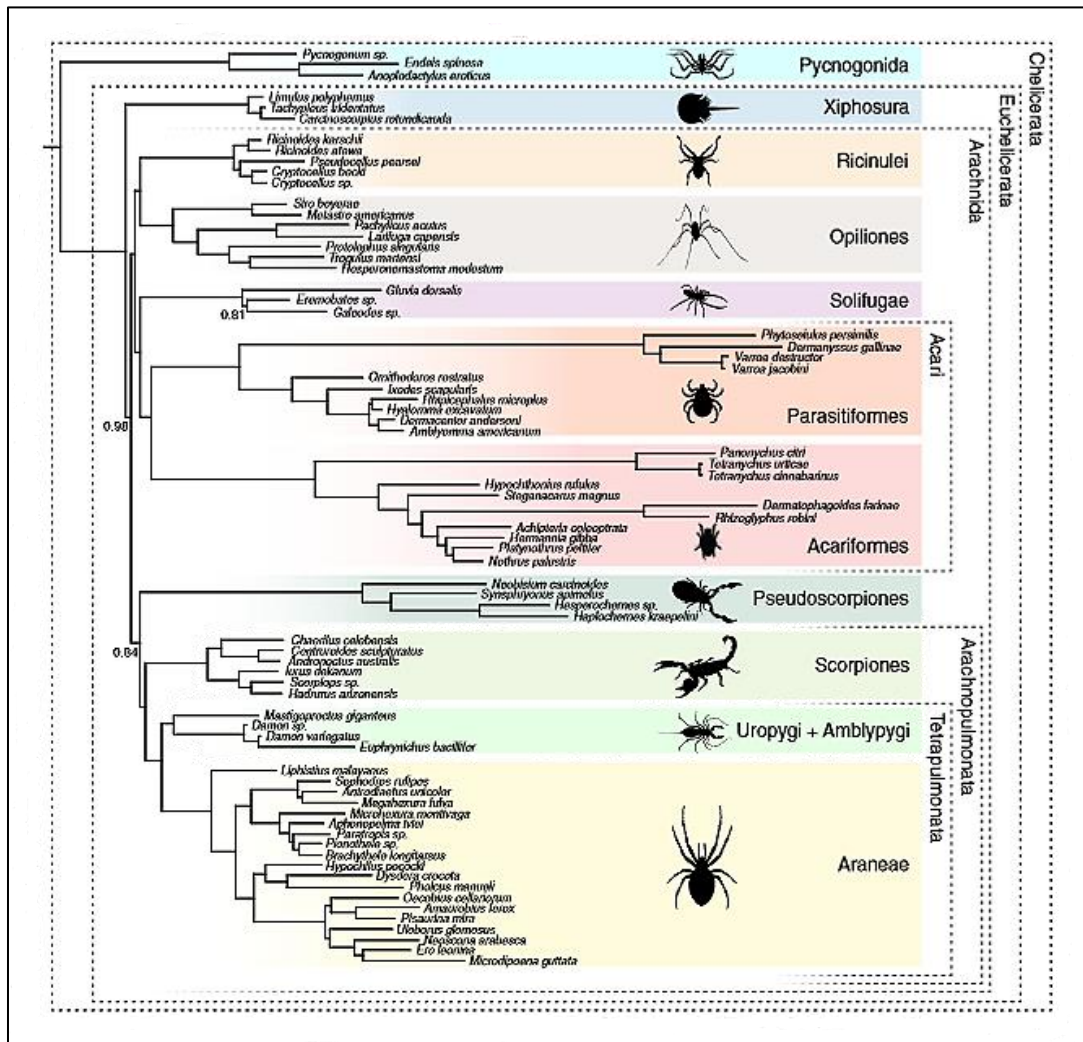


Figura 1. Relación filogenética de la clase Arachnida obtenida del análisis CAT-GTR+G de 233 loci. Las líneas punteadas señalan los clados filogenéticos recuperados. Tomado y modificado de Lozano-Fernández *et al.* (2019).

Análisis filogenéticos de la clase Arachnida, basado en caracteres morfológicos, sugiere el clado Tetrapulmonata, en el cual coloca al orden Araneae como el taxón hermano del clado *Pedipalpi* (Amblypygi (Thelyphonida + Schizomida)) (Shultz, 1990, 2007; Giribet *et al.*, 2002) (Figura 1). Estos órdenes agrupados dentro de *Tetrapulmonata* se caracterizan, como su nombre lo indica, por presentar dos pares de pulmones en forma de libro en el segundo y tercer segmento del opistosoma (Shultz, 1990, 2007; Wang *et al.*, 2018); además presentan una faringe post cerebral larga, ausente en el clado *Uropygi* (Thelyphonida + Schizomida); un endoesternito compuesto por cuatro segmentos;

la articulación coxa-trocánter compleja en las patas andadoras; un músculo depresor pretarsal originado en la patela, ausente en Amblypygi y un pedicelo formado por elementos ventrales del segundo segmento del opistosoma (Shultz, 1990, 2007; Wheeler *et al.*, 2017).

El clado Pantetrapulmonata propuesto originalmente por Shultz (2007), agrupa a Trigonotárbida como grupo hermano del clado Tetrapulmonata, este clado está soportado por el número de segmentos del quelícero y por la unión terminal del mismo. Recientemente, Wang *et al.* (2018) recuperan este clado mediante análisis filogenéticos basados en morfología, agregando dos órdenes de arañas fósiles (Uraraneida y Chimerarachne), presentando una topología distinta (Figuras 2, 3).

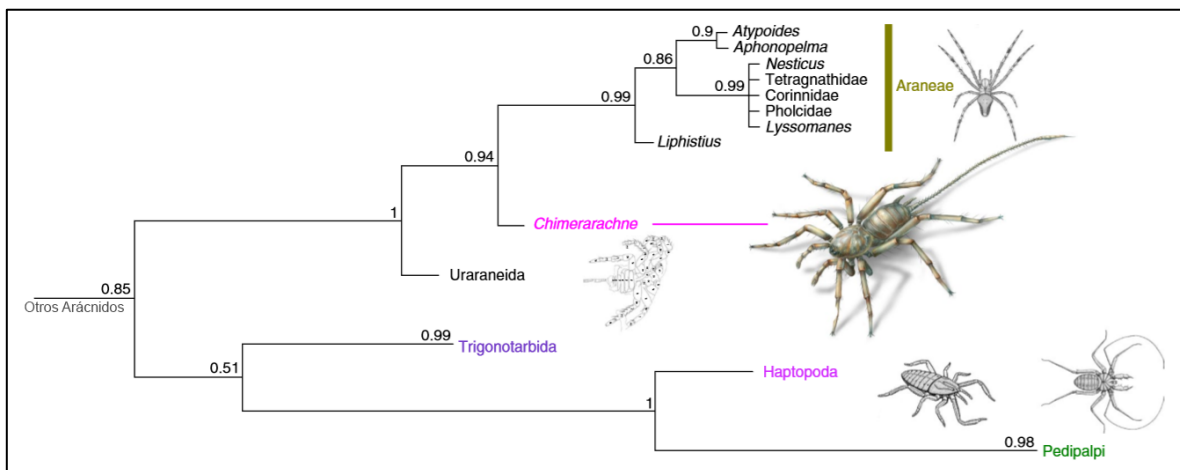


Figura 2. Relaciones filogenéticas del clado Pantetrapulmonata que incluye a los dos órdenes fósiles pertenecientes a la clase Arachnida: Uraraneida y Chimerarachne. Tomado y modificado de Wang *et al.* (2018).

Wang *et al.* (2018) separan al clado Pantetrapulmonata en dos ramas, de un lado, como grupo terminal, el orden Araneae como grupo hermano del orden Chimerarachne, que a su vez se agrupan con el orden Uraraneida, en la otra rama, colocan a Trigonotárbida como grupo hermano de Schizotarsata (Haptópoda + Pedipalpi) (Figura 2).

Con base en los registros fósiles, el origen del orden Araneae fue a finales del Carbonífero, es decir, hace aproximadamente 310 Ma., siendo el infraorden Mesothelae el primero en aparecer (Selden, 1996; Wang *et al.*, 2018) (Figura 3). Por su parte, los primeros registros fósiles del infraorden Opisthothelae datan de inicios del Triásico (Wang *et al.*, 2018) (Figura 3).

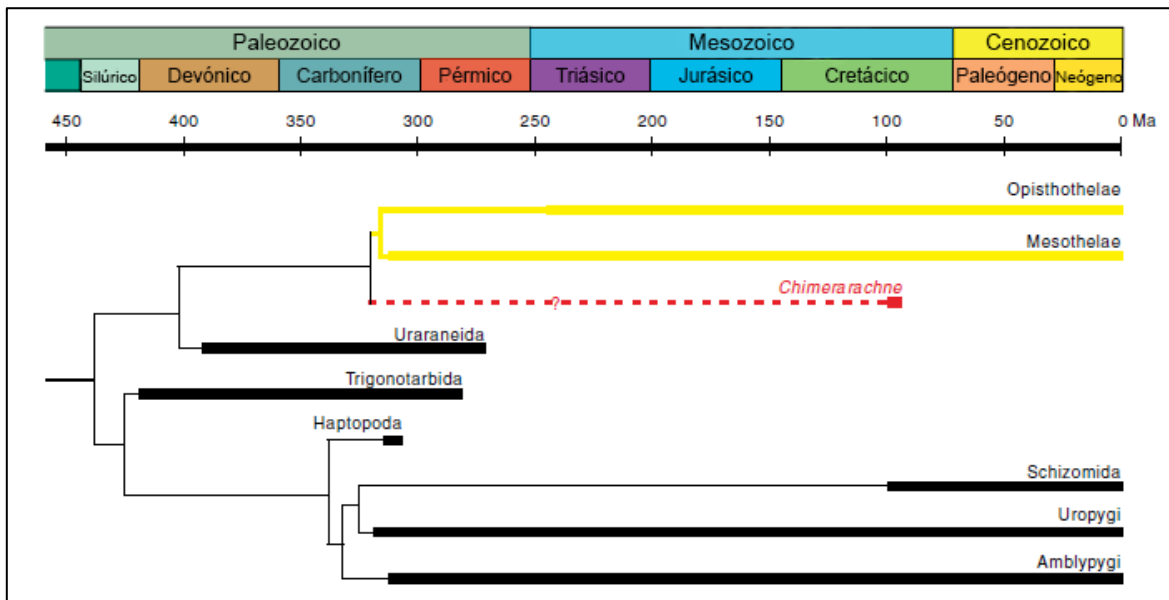


Figura 3. Relaciones filogenéticas del clado Pantetrapulmonata. Las líneas gruesas en amarillo y negro indican el registro fósil conocido de los órdenes en relación con las eras geológicas. Líneas amarillas indican los subórdenes del orden Araneae (arañas). Tomado y modificado de Wang *et al.* (2018).

El orden Araneae se encuentra dividido en dos subórdenes, Mesothelae y Opisthothelae. La familia Liphistiidae es la única que actualmente pertenece al suborden Mesothelae, conformada por ocho géneros y 131 especies (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; Xu *et al.*, 2015; World Spider Catalog, 2020). A su vez, el suborden Opisthothelae se subdivide en dos infraórdenes: Mygalomorphae (“tarántulas”, “arañas tramperas” y grupos relacionados) y Araneomorphae (“arañas tejedoras” y “arañas errantes”), siendo este último el más diverso en la actualidad, con el 90% de las especies de arañas descritas hoy día (Coddington y Colwell, 2001; Wheeler *et al.*, 2017; World Spider Catalog, 2020).

La clasificación actual del orden Araneae según Wheeler *et al.* (2017) es la siguiente:

Dominio: Eukaryota (Chantton, 1925).

Reino: Animalia Linnaeus, 1758.

Phylum: Arthropoda Latreille, 1829.

Subphylum: Chelicerata Heymons, 1901.

Clase: Arachnida Lamarck, 1801.

Orden: Araneae Clerck, 1757.

Subórdenes: Mesothelae y Opisthothelae
Pocock, 1892.

Infraórdenes: Mygalomorphae y
Araneomorphae Pocock, 1892.

Familias: 120 Mundial (World Spider Catalog, 2020).

Géneros: 4,155 Mundial (World Spider Catalog, 2020).

Especies: 48,463 Mundial (World Spider Catalog, 2020).

2.2. Morfología general de las arañas

Respecto a la morfología del orden Araneae, las arañas presentan el cuerpo dividido en dos regiones: 1) el prosoma o *cefalotórax* y 2) el opistosoma o abdomen, y cuya unión llamada *pedicelo* es de tipo caulogaster, es decir, una región notoriamente más angosta (en forma de cintura) en comparación con el resto del cuerpo (Figura 4). De manera contraria, en la unión hologaster la cual presentan otros arácnidos (ej. escorpiones, ricinúlidos, opiliones), el prosoma y opistosoma están unidos en su totalidad a lo ancho (Ubick *et al.*, 2005; Beccaloni, 2009).

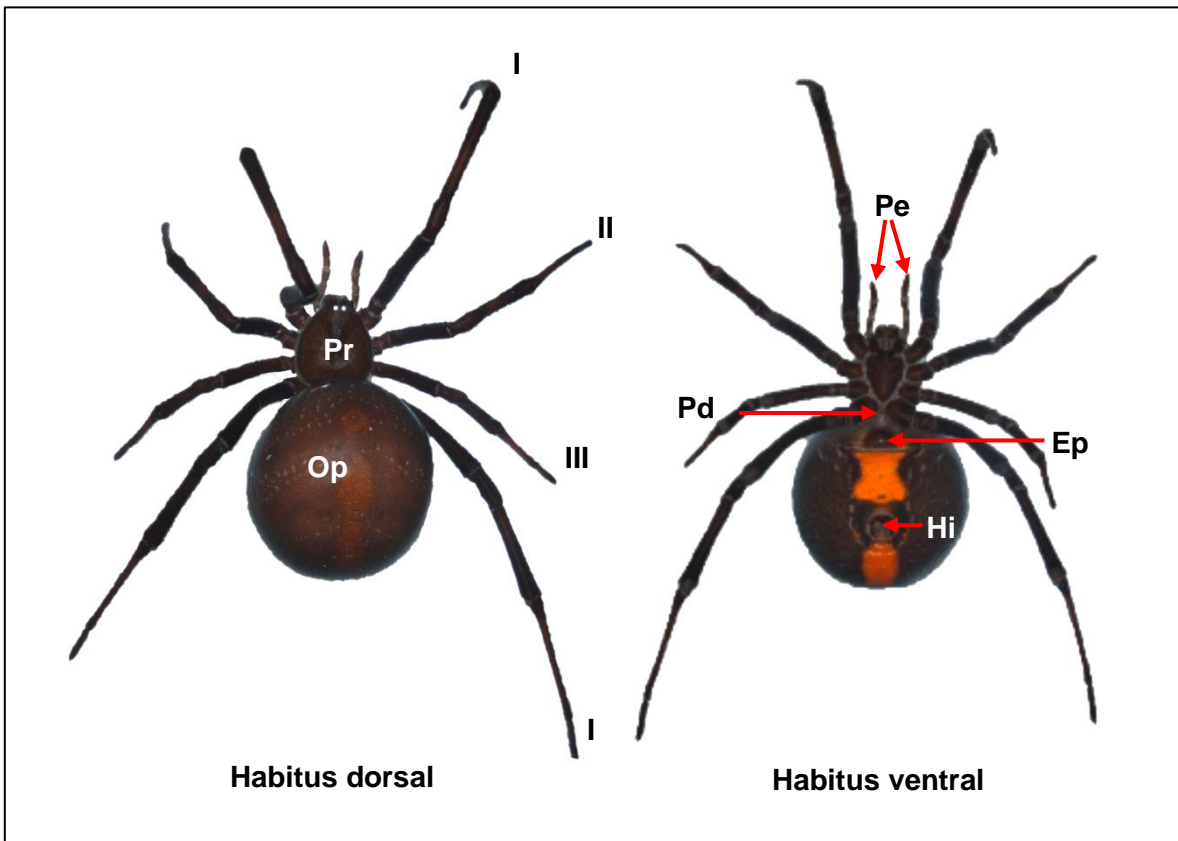


Figura 4. Morfología general de las arañas. Habitus dorsal y ventral de una araña (hembra de *L. mactans*). Pr= prosoma, Op= opistosoma, Pe= pedipalpos, Pd= pedícelo, Ep= epiginio, Hi= hileras, I-IV= número del par de patas ambulatorias.

El primer par de apéndices del prosoma son los quelíceros, formados por dos artejos: el segmento basal y un colmillo móvil (Figura 5). El margen interior del quelícero puede presentar pequeñas denticiones dependiendo del grupo (ej. Linyphiidae, Nesticidae, Pisauridae) (Figura 5). Dichas denticiones pueden encontrarse en el promargen o en el retromargen, o en ambos, siendo de valor taxonómico, además de que se relacionan con los hábitos alimenticios de los distintos grupos de arañas (ver Biología de las arañas) (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011).

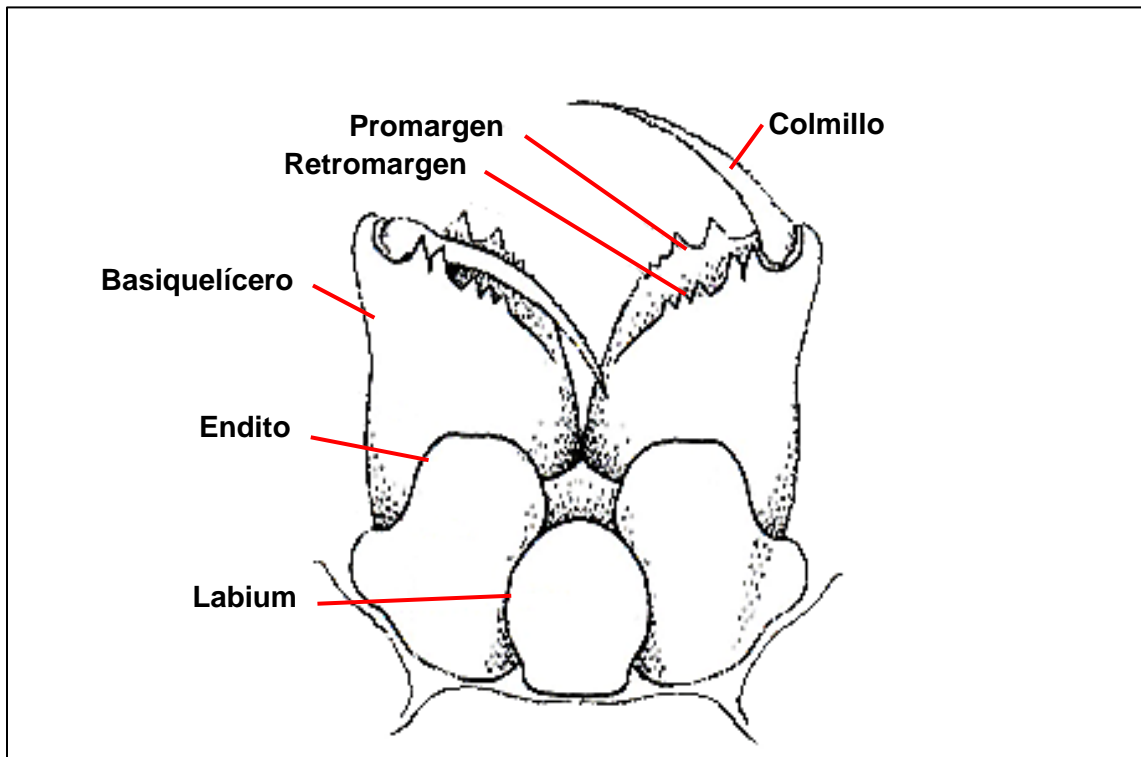
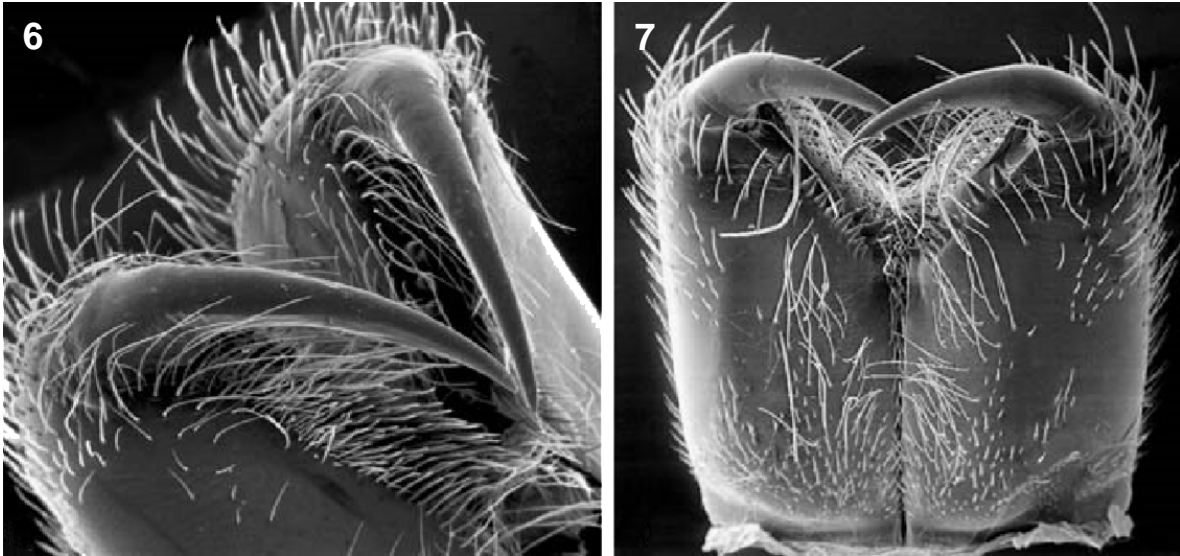


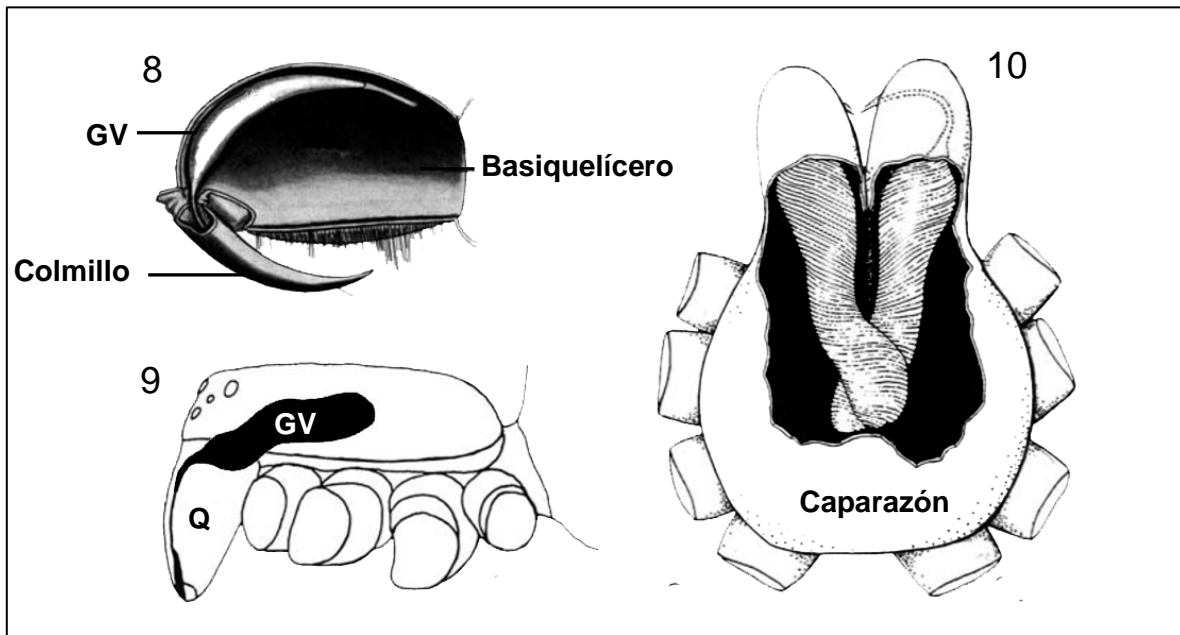
Figura 5. Esquema de las estructuras bucales de las arañas (vista ventral), donde se puede observar las denticiones en el basiquelícero (promargen y retromargen) y estructuras asociadas. Tomado y modificado de Bradley (2013).

Dependiendo de la posición de los quelíceros, las arañas son separadas en dos grupos principales, aquellas con colmillos *paraxiales* en el que los colmillos se colocan en una posición casi paralela entre sí (Figura 6), este grupo contiene a las “tarántulas” (infraorden Mygalomorphae); y las arañas con colmillos *diaxiales*, en éstas, los colmillos se encuentran opuestos entre sí en posición perpendicular u oblicua (Figura 7), y en el que se encuentran las llamadas “arañas verdaderas” (infraorden Araneomorphae) (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011). Algunas de las arañas pertenecientes al suborden Mesothelae presentan los colmillos en una posición intermedia llamada *plagiognatha*, en el que los colmillos convergen en la punta formando una “V”, esta posición es considerada el estado ancestral de los colmillos, a partir del cual se originaron los colmillos *diaxiales* y *paraxiales* (Foelix, 2011).



Figuras 6, 7. Fotografía electrónica de barrido de las diferentes posiciones de los quelíceros. **6)** Quelíceros de *Brachypelma* Simon, 1891 (vista ventral) en posición paraxial. **7)** Quelíceros de *Tegenaria* Latreille, 1804 (vista posterior) en posición diaxial. Tomado y modificado de Foelix (2011).

Con excepción de la familia Uloboridae, todas las arañas cuentan con glándulas de veneno asociadas a los quelíceros (Foelix, 2011), siendo esta una característica única del grupo, que no se presenta en ninguno de los otros ordenes actuales de la clase Arachnida. Las glándulas de veneno están conectadas con la punta del colmillo o quelíceros a través de un conducto o canal de veneno (Foelix, 2011) (Figura 9).



Figuras 8-10. Posición interna de las glándulas de veneno en arañas del infraorden Mygalomorphae (8), y Araneomorphae (9, 10); con respecto a los quelíceros y el caparazón. GV= glándula de veneno, Q= quelícero. Tomado y modificado de Foelix (2011).

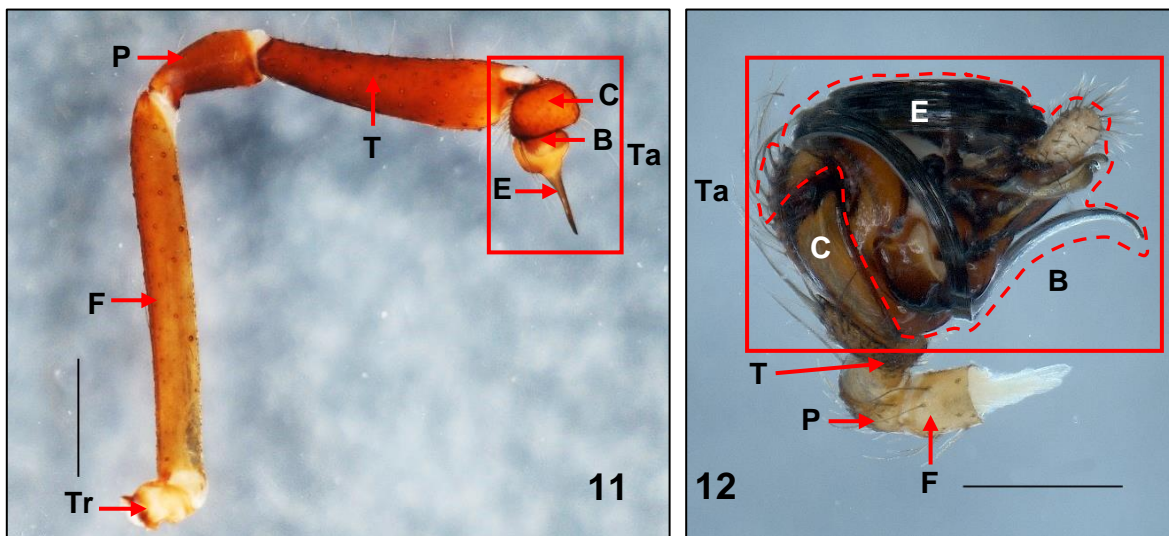
En el infraorden Mygalomorphae las glándulas de veneno son pequeñas y se encuentran en el segmento basal del quelícero (basiquelícero) (Figura 8), mientras que en las arañas del infraorden Araneomorphae, las glándulas de veneno se extienden desde el basiquelícero, adentrándose hacia la parte interior del opistosoma (Foelix, 2011) (Figuras 9, 10). Las arañas del género *Scytodes* Latreille, 1804 (familia Scytodidae), también llamadas arañas escupidoras, es la única familia de arañas que presentan la glándula dividida en dos lóbulos; el lóbulo anterior produce veneno y el posterior produce seda y pegamento, los cuales escupen para atrapar a sus presas (Ubick *et al.*, 2009; Foelix, 2011).

Los pedipalpos son el segundo par de apéndices del prosoma, y suelen tener la misma segmentación de las patas, sin embargo, carecen de metatarso: 1) *gnatocoxa* o endito, 2) trocánter, 3) fémur, 4) patela, 5) tibia y 6) tarso (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011) (Figuras 11, 12).

Según la complejidad de los órganos copuladores, las arañas se dividen en dos grupos, las arañas enteléginas (Entelegyne) (ej. *Latrodectus*) (Figura 12) y las

haplóginas (Haplogyne) (ej. *Loxosceles*) (Figura 11) (Ubick *et al.*, 2005), estas últimas conocidas hoy día formalmente como clado Synspermiata (Wheeler *et al.*, 2017; Briones-Osorno, 2018).

El clado Synspermiata se encuentra dentro del infraorden Araneomorphae y está conformado por las arañas cribeladas haplóginas, es decir, las superfamilias Dysderoidea, Scytodoidea y el clado de tráquea perdida (*Lost Tracheae*) (Ubick *et al.*, 2005; Wheeler *et al.*, 2017). En los machos, la modificación del tarso del pedipalpo es simple, conformado por un bulbo con una proyección llamada émbolo, la cual transfiere el esperma dentro de la abertura genital de la hembra (Ubick *et al.*, 2005) (Figura 11).



Figuras 11, 12. **11)** Pedipalpo de macho de *Loxosceles malintzi* perteneciente al clado Synspermiata (=Haplóginos) (pedipalpos simples). Escala: 0.75 mm. Tomado y modificada de Valdez-Mondragón *et al.* (2018a). **12)** Pedipalpo de macho de *L. mactans* perteneciente al clado Entelegyne (pedipalpos complejos), la línea punteada señala los escleritos que componen el bulbo. Escala: 0.5 mm. Tr= trocánter, F= fémur, P= patela, T= tibia, Ta= tarso, C= cimbio, B= bulbo, E= émbolo.

De igual manera, el clado Entelegyne se encuentra dentro del infraorden Araneomorphae, se caracterizan por presentar estructuras copuladoras más complejas en comparación con el clado Synspermiata (Ubick *et al.*, 2005; Wheeler *et al.*, 2017). En los machos, el tarso del pedipalpo está modificado para la

transferencia del esperma durante la cópula, formando una estructura parecida a una cuchara llamada cimbio, la cual soporta al bulbo genital. El bulbo genital está formado por varias estructuras esclerosadas: ducto espermático, *tegulum*, apófisis media, apófisis subterminal, apófisis terminal, conductor, reservorio espermático, émbolo (que generalmente es el esclerito más grande) (Figura 12), que puede ser largo y curvo (ej. Theridiidae) o corto y recto (ej. Titanoecidae) y la apófisis retrolateral de la tibia del pedipalpo, la cual, filogenéticamente conforma el clado RTA (Retrolateral Tibial Apophysis) agrupando a la superfamilia Zodarioidea, a la familia Sparassidae y a los clados Marronoid, Oval calamistrum y Dionycha (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011; Wheeler *et al.*, 2017).

Los siguientes cuatro pares de apéndices del prosoma corresponden a las patas caminadoras o ambulatorias, cuya región de unión con el prosoma es la pleura o membranas pleurales (pleuritos), localizadas entre el caparazón y el esternón (de manera lateral) (Ubick *et al.*, 2005; Beccaloni, 2009). Las patas están conformadas por siete artejos, los cuales son desde la región próxima a la distal: 1) coxa, 2) trocánter, 3) fémur, 4) patela, 5) tibia, 6) metatarso, y 7) tarso (Figura 13); en el tarso puede presentar dos o tres uñas distales dependiendo del grupo. Algunas arañas como las de la familia Pholcidae presentan el tarso semi-segmentado (Ubick *et al.*, 2005).

En el caso de las familias Theridiidae y Nesticidae, la cara ventral del tarso de la pata IV presenta una fila de cerdas cortas, rígidas y aserradas con la cual “peina” para extraer la seda producida por las hileras (Figura 14), estas sedas son una estructura análoga al calamistro que se localiza en la región dorsal del metatarso de la pata IV en las arañas cribeladas (Figura 15) (ver Biología de las arañas) (Ubick *et al.*, 2005).

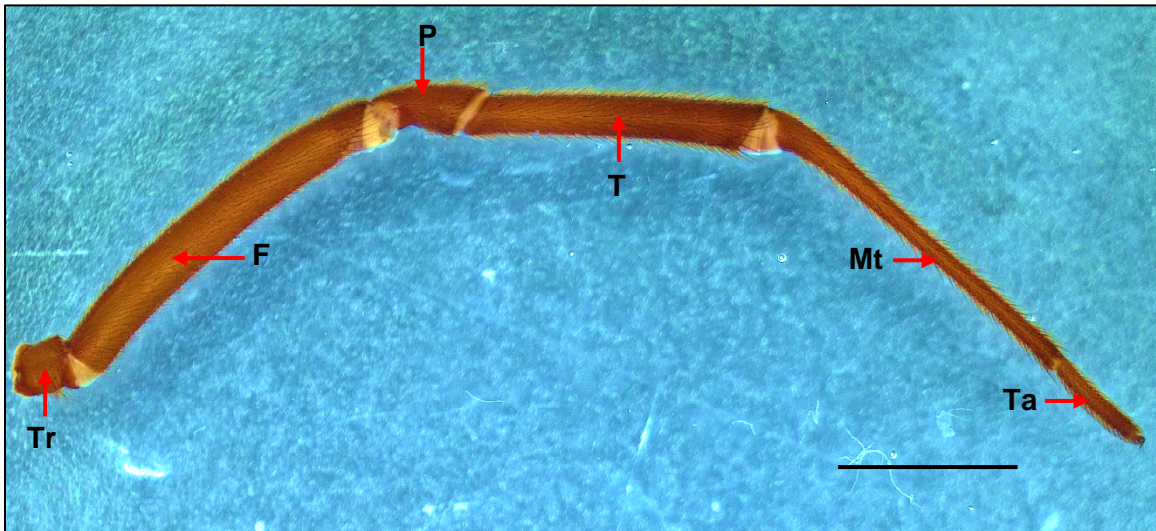
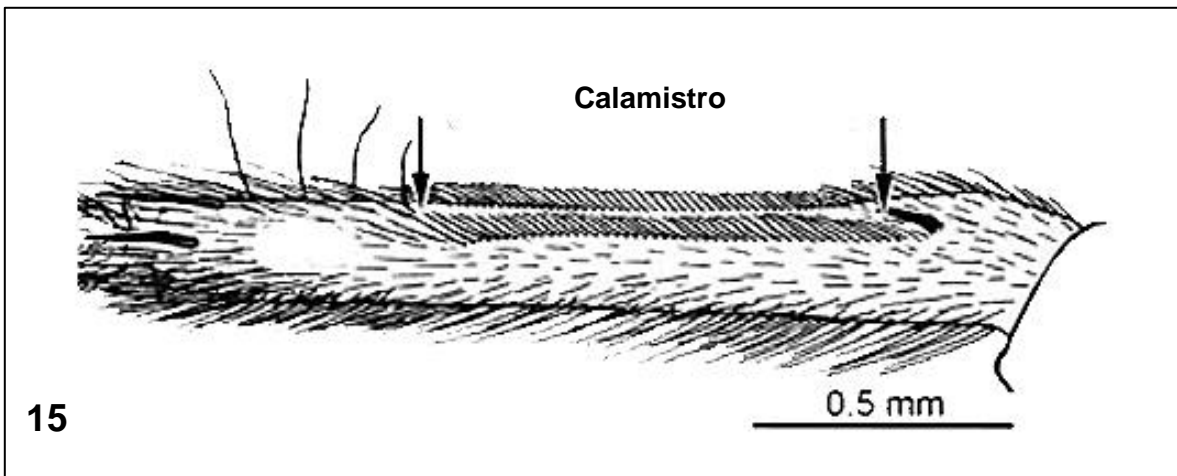
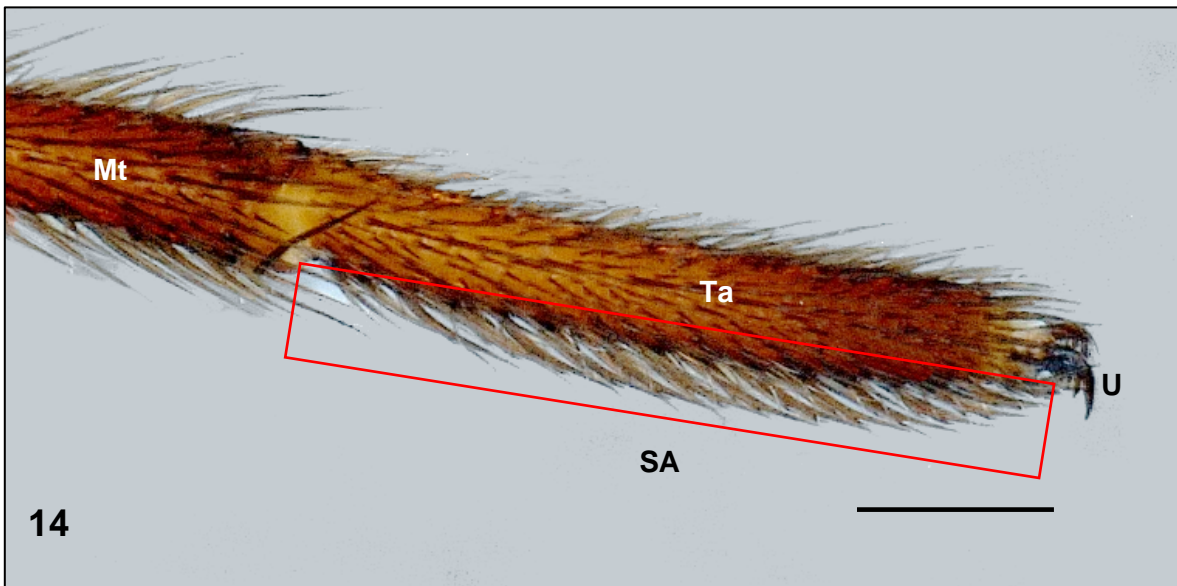


Figura 13. Segmentación presente en las patas locomotoras de las arañas (ej. pata IV de *L. mactans*). Tr= trocánter, F= fémur, P= patela, T= tibia, Mt= metatarso, Ta= tarso. Escala: 2 mm.

Como ya se mencionó, en el extremo distal del tarso, las arañas pueden poseer dos uñas (dionycha) o tres (trionycha), las cuales son curvas y aserradas (Ubick *et al.*, 2005) (Figura 14). El número de uñas presentes varía según los hábitos de la familia (Ubick *et al.*, 2005; Beccaloni, 2009; Foelix, 2011). En las familias de arañas tejedoras (ej. Araneidae, Pholcidae, Theridiidae, Uloboridae y Tetragnathidae) la tercera uña es de gran importancia, ya que la usan para sujetar los hilos de seda de su red con la ayuda de sedas aserradas que guían el hilo a esta uña (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011). En el caso de las arañas de dos uñas, generalmente son depredadoras activas, es decir, que acechan a sus presas desplazándose constantemente (ej. Salticidae, Thomisidae, Lycosidae, Selenopidae y Ctenidae) por lo que no requieren de una red o telaraña de captura para atrapar a su presa (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011).



Figuras 14, 15. 14) Pata IV de *Latrodectus* sp., mostrando la fila de sedas aserradas en la cara ventral del tarso. Escala: 0.5 mm. 15) Esquema de la pata IV de *Uloboridae* en la que se observa el calamistro. Mt= metatarso, Ta= tarso, SA= sedas aserradas, U= uñas. Tomado y modificado de Foelix (2011).

Asociado a las uñas, las arañas cuentan con un cojinete de pelos llamado *escópula*, el cual les permite trepar por paredes e incluso vidrio mediante la adhesión mecánica (Foelix, 2011). En las arañas *Mygalomorphae*, la *escópula* se extiende a lo largo de toda la región ventral del tarso (Foelix, 2011).

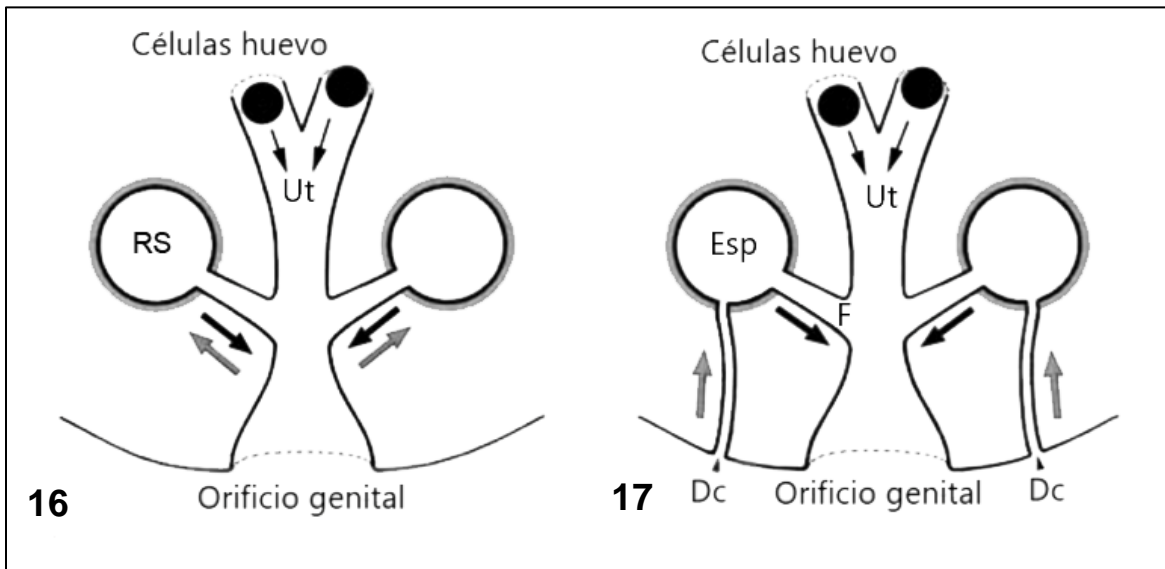
Las funciones del prosoma son alimenticias, locomotoras y sensitivas (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011). En la parte dorsal del prosoma se localiza el caparazón que es una estructura esclerosada resultado de la fusión de seis tergitos

(Beccaloni, 2009; Bradley, 2013). Los ojos se encuentran dispuestos en la región frontal del caparazón, y cuyo número puede variar desde cero hasta cuatro pares de ojos, dependiendo de la familia y del hábitat (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011). Además, la disposición de estos permite la identificación taxonómica de algunas familias (ej. Deinopidae, Oxyopidae, Salticidae, Araneidae y Sicariidae) (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011; Bradley, 2013).

La segunda región en el cuerpo de las arañas es el opistosoma, en el cual se realizan procesos de digestión, producción de huevos o espermatozoides, y el intercambio gaseoso (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011). La familia Liphistiidae se caracteriza por presentar el opistosoma segmentado externamente mediante placas dorsales, lo cual no se presenta en el resto de las arañas, a excepción de algunas placas esclerosadas presentes en ciertos grupos llamadas *scutum* (ej. género *Creugas* Thorell, 1878, familia Corinnidae) (Ubick *et al.*, 2005; Beccaloni, 2009; Foelix, 2011).

En el primer tercio de la cara ventral del opistosoma se localiza el surco epigástrico o línea epigástrica, delante del cual se haya el orificio genital o gonoporo; este orificio ocupa una posición medio-ventral y es apenas perceptible en arañas del clado Synspermiata (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011; Mellic, 2015).

La estructura genital de las hembras del clado Synspermiata, únicamente presenta el orificio genital conectado a los receptáculos seminales mediante un ducto, este sirve como ducto copulador y ducto de fertilización (Figura 16) (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011). Las arañas hembra del clado Entelegyne, presentan un epiginio bien desarrollado, el cual es una placa esclerosada en la región genital donde se encuentran los ductos copuladores (Ubick *et al.*, 2005) (Figura 4). Los ductos copuladores se conectan a las espermatecas, y a diferencia de las arañas haplóginas (Synspermiata), la fertilización se realiza en ductos diferentes que conectan a las espermatecas con el orificio genital (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011) (Figura 17).



Figuras 16, 17. Comparación de estructuras reproductivas en hembras de arañas. **16)** Synspermiata (=Haplogyne) y **17)** Entelegyne. Las flechas grises muestran la dirección del esperma después de la cópula, las flechas negras muestran la dirección del esperma para la fecundación de los huevos. RS= receptáculo seminal, Esp= espermateca, Ut= útero, Dc= ducto copulador, F= ductos de fertilización. Tomado y modificado de Foelix (2011).

A cada lado de la región epigástrica encontramos un espiráculo, el cual es la entrada a las estructuras respiratorias que externamente se distinguen como un área más esclerosada llamadas placas pulmonares (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; Mellic, 2015). Las arañas pertenecientes al suborden Mesothelae y los pertenecientes al infraorden Mygalomorphae cuentan con dos pares de pulmones tipo libro, mientras que la mayoría de las arañas del infraorden Araneomorphae solamente presentan un par, lo que sugiere que la presencia de dos pares de pulmones es un carácter plesiomórfico o ancestral (Shultz, 1990, 2007; Beccaloni, 2009; Foelix, 2011).

Algunas familias araneomorfas (ej. Araneidae y Lycosidae), presentan una combinación de un par de pulmones tipo libro complementados con tráqueas tubulares, lo que aumenta la eficiencia en la absorción de oxígeno y consumo metabólico (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; Briones-Osorno, 2018).

En el extremo distal del opistosoma se localizan las hileras, estructuras móviles en cuyo ápice se localizan las glándulas productoras de seda llamadas

espigas (*spigots*) (Figura 18) (Foelix, 2011). En las arañas del infraorden Mygalomorphae se presenta únicamente un solo tipo de glándula de seda, mientras que en las arañas errantes cuatro y en las tejedoras hasta ocho diferentes tipos de glándulas productoras de seda, cada tipo de glándula es productora de un tipo de seda específica, con un uso igualmente específico (Figura 19) (Foelix, 2011).

En la familia Liphistiidae se presentan cuatro pares de hileras, además de que se localizan en la parte media de la región ventral del opistosoma. El resto de las arañas presentan un número menor de hileras, en su mayoría tres pares (anterior, medio y posterior) (Figuras 18, 27). El género *Nemesia* Audouin, 1826 (Nemesiidae) presenta un único par de hileras funcionales (Foelix, 2011; Briones-Osorno, 2018).

Las arañas cribeladas son aquellas que poseen una estructura adicional a las hileras para la producción de seda (cribelo) (Figura 18) que está relacionado al calamistro (Figura 15) (Foelix, 2011). El cribelo es una placa cubierta por una capa densa de *spigots* productores de un hilo más delgado que el producido por las hileras (Foelix, 2011). Con ayuda del calamistro y mediante movimientos rápidos, la araña “peina” los hilos para así extraerlos del cribelo (Foelix, 2011; Briones-Osorno, 2018). En algunas arañas, el cribelo puede estar dividido en dos como en el género *Amaurobius* C. L. Koch, 1837 (Amaurobiidae) o en cuatro como en las arañas del género *Dresserus* Simon, 1876 (Eresidae) (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011; World Spider Catalog, 2020).

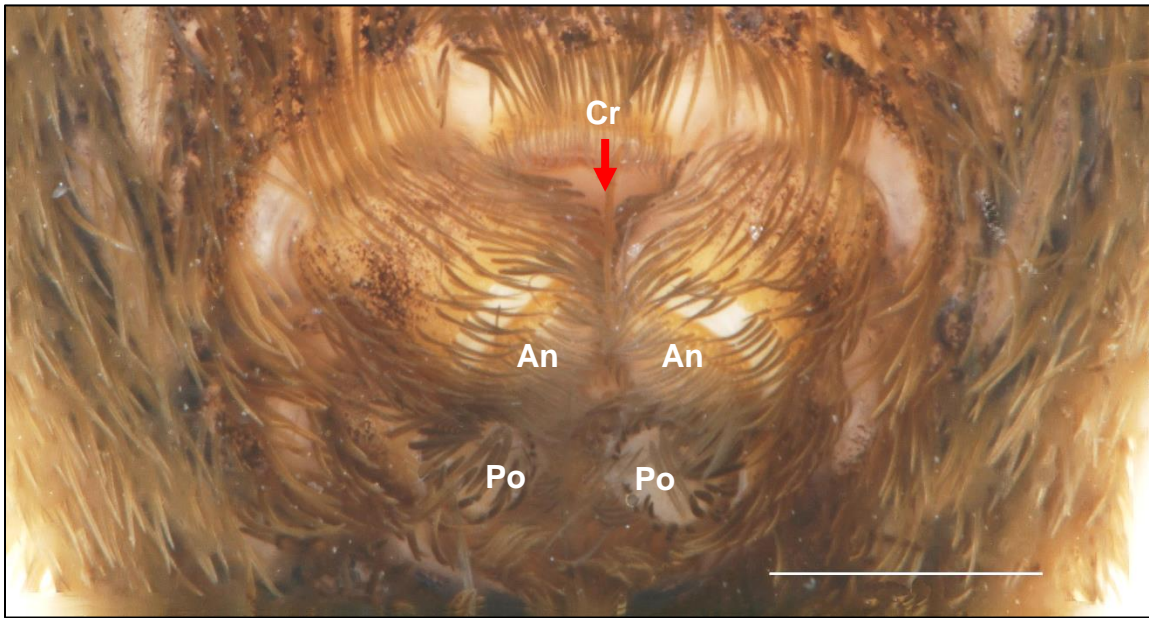


Figura 18. Fotografía de la región ventral del opistosoma de un ejemplar de *Kukulkania* sp. (Familia Filistatidae), donde se puede observar el cribelo y las hileras. Cr= cribelo, An= hileras anteriores, Po= hileras posteriores. Escala: 0.5 mm.

Las arañas que carecen del cribelo son llamadas escribeladas, en algunas (ej. Theridiidae, Thomisidae) se presenta una estructura llamada *colulus* en lugar del cribelo (Figura 27) (Ubick *et al.*, 2005; Foelix, 2011; Briones-Osorno, 2018). La mayoría de las arañas escribeladas no presenta el *colulus* o se encuentra reducido (Foelix, 2011). Tanto el cribelo como el *colulus* son estructuras homólogas y cuyo origen corresponde al cuarto par de hileras (anteriores medias) presentes en Liphistiidae, el cual degenera o modifica durante el desarrollo embrionario (Foelix, 2011).

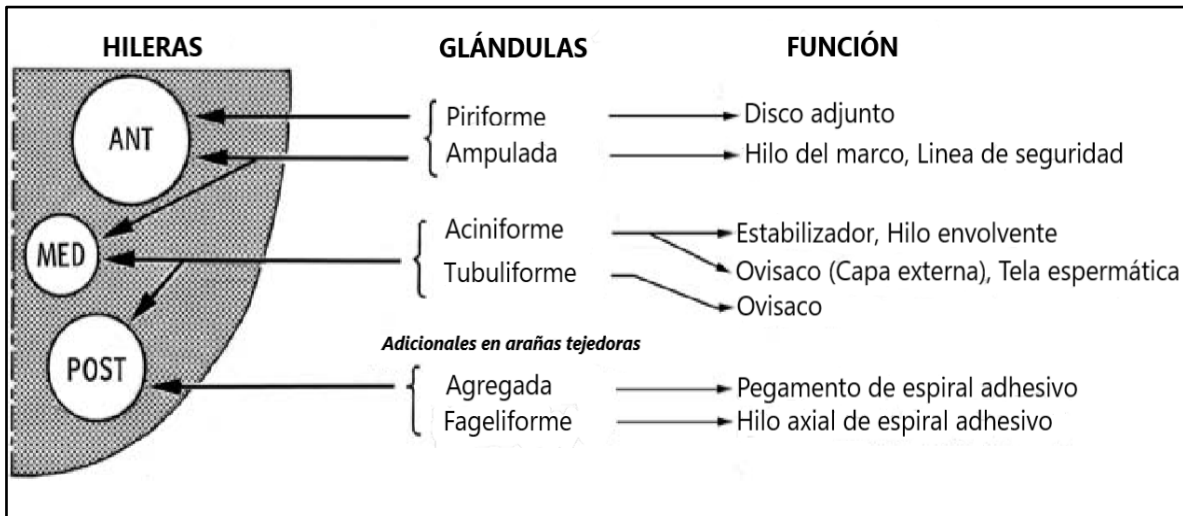


Figura 19. Posición y función de las distintas glándulas de las hileras productoras de seda en arañas. Tomado y modificado de Foelix (2011).

2.3. Biología de las arañas

Todas las arañas son de hábitos depredadores, por lo que forman un eslabón muy importante en las cadenas tróficas siendo controladores naturales de ciertas plagas de insectos y otros invertebrados. Aunado a lo anterior, las arañas además son alimento de otros muchos animales, regulando el equilibrio biológico de los ecosistemas (Hoffmann, 1993; Foelix, 2011).

Las arañas se alimentan principalmente de otros artrópodos incluyendo otras arañas. Especies de mayor tamaño y algunas relativamente pequeñas también se alimentan de pequeños mamíferos, reptiles, anfibios, peces e incluso aves (Figura 20) (Grismado *et al.*, 2014)

Para alimentarse, las arañas hacen uso de sus glándulas de veneno para matar o inmovilizar a su presa, la familia Uloboridae hace uso de su tela para inmovilizar y matar a su presa mediante la asfixia por compresión (Foelix, 2011). La digestión de las arañas es externa por lo que las arañas introducen fluido digestivo dentro de la presa a través de los orificios hechos por los quelíceros, para posteriormente absorber el contenido de la presa ya predigerido (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; Grismado *et al.*, 2014).

Las arañas que poseen denticiones en los quelíceros tienen la capacidad de macerar o machacar a su presa (Figura 5) (Foelix, 2011). En el caso de las familias en el que los quelíceros carecen de denticiones, únicamente pueden succionar los fluidos predigeridos a través de los orificios producidos por los colmillos (ej. Theridiidae, Pholcidae, Scytodidae), de ahí que en las telarañas se encuentren presas “momificadas” completas (Hoffmann, 1993; Beccaloni, 2009; Foelix, 2011).

Dependiendo de la forma de caza, las arañas pueden clasificarse en “arañas tejedoras” y “arañas errantes” (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011). Las arañas tejedoras son depredadores de asecho haciendo uso de su tela para capturar su alimento (Foelix, 2011). Existen variaciones dentro de las arañas tejedoras, como las llamadas arañas tramperas (ej. familia Ctenizidae), que hacen refugios en el suelo detectando a sus presas mediante hilos colocados fuera de este, estos hilos transmiten las vibraciones producidas por el movimiento de las presas. Por otra parte, se encuentran las arañas que crean redes por sobre el nivel del suelo, principalmente en la vegetación, llamadas arañas tejedoras (Foelix; 2011; Cortez-Roldán, 2018).

Las arañas tejedoras se clasifican en dos grupos según la forma de su tela. El primer grupo son las arañas tejedoras de telas orbiculares o geométricas (ej. *Philoponella* Mello-Leitão, 1917 (familia Uloboridae), *Uloborus* Latreille, 1806 (Uloboridae), *Argiope* Audouin, 1826 (Araneidae) y *Nephila* Leach, 1815 (Araneidae)); haciendo referencia a una geometría radial, son redes de dos dimensiones posicionadas generalmente de forma vertical, aumentando la probabilidad de captura de una presa, sobre todo de presas voladoras (Foelix, 2011; Cortez-Roldán, 2018). El otro grupo son las arañas tejedoras de tela irregular, ya que su tela no muestra ningún patrón geométrico (ej. *Kukulcania* Lehtinen, 1967 (Filistatidae), *Latrodectus* (Theridiidae) y *Physocyclus* Simon, 1893 (Pholcidae)) (Foelix, 2011; Grismado *et al.*, 2014).

Las arañas errantes son depredadoras activas, las cuales no hacen uso de tela para la captura de sus presas, por lo que están en constante acecho, en búsqueda de presas potenciales (ej. *Lycosa* Latreille, 1804 (Lycosidae), *Cupiennius* Simon, 1891 (Ctenidae), *Hamadruas* Deeleman-Reinhold, 2009 (Oxyopidae),

Paraphidippus F. O. Pickard-Cambridge, 1901 (Salticidae)) (Foelix, 2011; Briones-Osorno, 2018; Cortez-Roldán, 2018).



Figura 20. Ejemplar de Scincidae atrapado en la telaraña de una araña hembra de *Latrodectus* sp. (Theridiidae). Tomado de la web (<https://i0.wp.com/cosasycasos.com/wp-content/uploads/2018/03/ara%C3%B1a-y-lagartija.jpg?fit=844%2C507>).

Como ya se mencionó, la mayoría de las arañas no produce únicamente un tipo de tela ni existe un sólo tipo de glándula (Foelix, 2011). Dependiendo de las necesidades y sexo de la araña (Figura 19), la tela puede servir para capturar presas, protección contra depredadores, construcción de madrigueras, construcción del ovisaco (hembras), para formar la red espermática (machos) (Foelix, 2011). Incluso en las telas de las arañas tejedoras, la red está construida con diferentes tipos de seda (Coddington & Colwell, 2001; Foelix, 2011). Cabe mencionar que probablemente la función inicial de la telaraña era la construcción de los ovisacos (Wang *et al.*, 2018).

El dimorfismo sexual en las arañas suele ser marcado, siendo generalmente la hembra de mayor tamaño en comparación con el macho (ej. *Nephila* (Araneidae), *Gasteracantha* Sundevall, 1833 (Araneidae), *Latrodectus* (Theridiidae)) (Canals *et al.*, 2016; McLean *et al.*, 2018). Esto presenta un reto para el macho, ya que fácilmente podría ser devorado por la hembra, por esto, el macho debe asegurarse de que la hembra se encuentre receptiva antes de acercarse a ella (Corcuera y Jiménez, 2007; Foelix, 2011). Una excepción ocurre en *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1757) (Dictynidae) en el que el macho es de mayor tamaño que la hembra (Schütz y Taborsky, 2003; McLean *et al.*, 2018). Las diferencias entre machos y hembras no son únicamente en el tamaño, los machos de los géneros *Salticus* Latreille, 1804 y *Myrmarachne* MacLeay, 1839 (Salticidae) tienen quelíceros cinco veces más grandes que los de las hembras (Beccaloni, 2009; McLean *et al.*, 2018). De manera general, en la familia Salticidae el macho presenta colores más vistosos en el opistosoma, lo que incluso, les permite reflejar rayos UV, esto relacionado con los rituales de cortejo (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; McLean *et al.*, 2018).

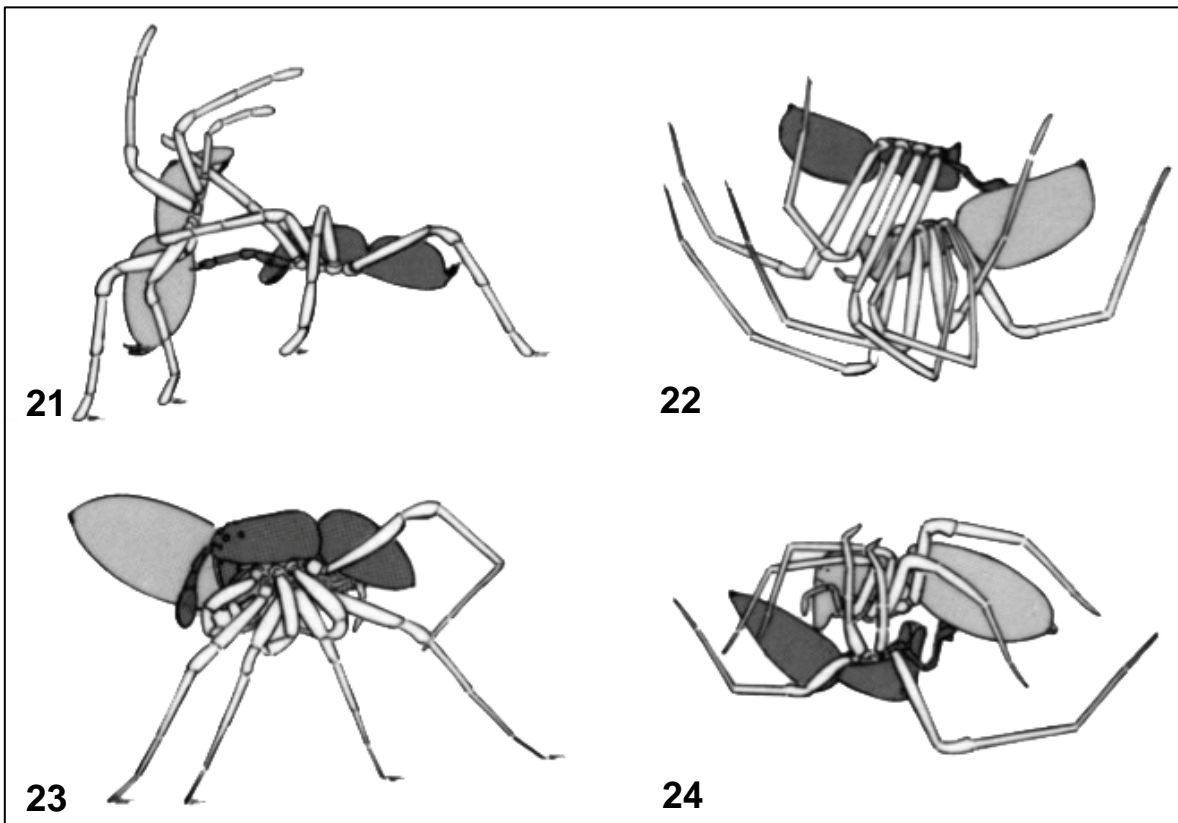
Los rituales de cortejo en arañas son muy variables, incluso dentro del mismo género, evitando así la competencia interespecífica (Foelix, 2011; Cortez-Roldán, 2018). El macho realizará diversos tipos de señales como: visuales, táctiles, vibratorios y/o sonoros dependiendo del grupo, y que la hembra contestará en caso de estar receptiva para la cópula; por ejemplo, en la familia Lycosidae, el macho realiza movimientos circulares con los pedipalpos durante el cortejo (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; Bradley, 2013).

A pesar de la diversidad de rituales de cortejo, estos se pueden agrupar en tres categorías: 1) Aquel que requiere de contacto físico entre el macho y la hembra (ej. Thomisidae, Clubionidae); 2) En el que el macho se ayuda de feromonas para estimular a la hembra (ej. Theridiidae, Agelenidae, Linyphiidae); y 3) El macho se ayuda de posturas para ser reconocido por la hembra (ej. Salticidae, Lycosidae) (Foelix, 2011; Bradley, 2013). Una vez que el macho se asegura que la hembra está receptiva, este procede a la cópula. Las arañas macho del infraorden Araneomorphae tejen una tela espermática (con la ayuda de glándulas de seda ubicadas en la región anterior de su abertura genital) sobre la cual depositan una

gota de semen y con la cual cargan sus émbolos para realizar la inseminación (Foelix, 2011; Bradley, 2013; Wang *et al.*, 2018).

Durante la cópula, el macho introduce su pedipalpo en la abertura genital de la hembra para depositar el semen. En las arañas del clado Synspermiata, el macho introduce todo el bulbo incluido el procursus (ej. familia Pholcidae), mientras que en las arañas del clado Entelegynae únicamente introduce el émbolo (ej. *Latrodectus*) (Foelix, 2011). La posición que toma el macho durante la cópula varía dependiendo del grupo, por lo que de manera general se pueden categorizar en cuatro posiciones básicas (Foelix, 2011):

- **Tipo 1:** Considerada ancestral. El macho se acerca de frente a la hembra, quien levanta el prosoma mostrando su región ventral (ej. Mesothelae, Mygalomorphae) (Figura 21).
- **Tipo 2:** Las más común en arañas tejedoras. Ambos colgando de cabeza, el macho coloca su cuerpo de forma paralela al de la hembra (Figura 22).
- **Tipo 3:** Realizada por las arañas errantes más recientes (ej. Thomisidae, Lycosidae, Salticidae). El macho se sube al prosoma de la hembra y luego gira hacia uno de los lados de su opistosoma. La hembra mueve su abdomen de tal manera que el macho pueda insertar uno de los pedipalpos (Figura 23).
- **Tipo 4:** Es una variación del tipo dos. En este tipo de cópula ambas arañas se colocan cara a cara haciendo contacto entre sí con sus regiones ventrales (ej. *Cheiracanthium*, *Latrodectus*) (Figura 24).



Figuras 21- 24. Tipos de posiciones básicas que las arañas toman durante la cópula: **21)** Tipo 1, **22)** Tipo 2, **23)** Tipo 3, y **24)** Tipo 4. Tomada y modificada de Foelix (2011).

Unas semanas después de la cópula (ej. *L. geometricus* siete días, *L. mactans* 15 días), la hembra está lista para depositar los huevos (Levy y Amitai, 1983). Se ha observado que las hembras del género *Latrodectus* pueden retrasar la construcción del ovisaco si las condiciones no son óptimas (Kaston, 1970). La fecundación de los huevos ocurre justo en el momento antes de ser depositados a través del opérculo genital (Foelix, 2011). A pesar de que la deposición de los huevos es un proceso energéticamente muy costoso, es un proceso rápido tomando en cuenta el número de huevos, los cuales varían entre las diferentes especies. Las arañas del género *Cupiennius* (Ctenidae) tienen el récord con la mayor cantidad de huevos por ovisaco, depositando entre 1,500 y 2,000 en sólo 8 minutos (Foelix, 2011; Briones-Osorno, 2018; Cortez-Roldán, 2018). Contrariamente, arañas como las de los géneros *Oonops* Templeton, 1835 (Oonopidae) y *Monoblemma* Gertsch, 1941 (Tetrablemmidae) depositan únicamente dos y un huevo respectivamente (Foelix, 2011; World Spider Catalog, 2020).

Los ovisacos son estructuras que varían dependiendo del grupo y pueden ser de valor taxonómico a nivel de especie (ej. algunas especies del género *Latrodectus*) (Kaston, 1970; Foelix, 2011; Cortez-Roldán, 2018). Las hembras de algunas familias (ej. Pholcidae, Scytodidae) transportan el ovisaco sujetándolo con los quelíceros, en otras familias (ej. Lycosidae) la hembra lleva el ovisaco unido a sus hileras y posterior a la eclosión de los huevos, transporta a las crías en su dorso hasta que éstas realizan la segunda o tercera muda para dispersarse posteriormente (Foelix, 2011; Briones-Osorno, 2018; Cortez-Roldán, 2018).

El resto de las familias de arañas que no transportan el ovisaco, lo pueden dejar pegado al sustrato (ej. familias Theridiosomatidae, Sicariidae) o dejarlo en sus telas en el caso de las arañas tejedoras (ej. Theridiidae, Araneidae) (Cortez-Roldán, 2018). En estos casos las crías realizan las primeras dos o tres mudas (larvas) dentro del ovisaco para después emerger del mismo en sus primeros estadios juveniles o inmaduros (Foelix, 2011; Cortez-Roldán, 2018).

La dispersión de las crías puede ocurrir mediante dos procesos utilizando corrientes de aire. El primero es el “*ballooning*”, el cual consiste en que la araña joven produce un hilo de seda continuo mientras levanta el opistosoma, cuando el hilo es lo suficientemente largo, la resistencia que este produce ante las corrientes de aire levanta a la araña, permitiéndole dispersarse grandes distancias (Foelix, 2011; Bradley, 2013). El otro mecanismo de dispersión es el “*rapelling*” o “*bridging*”, de igual forma la araña produce un hilo de seda continuo hasta que el extremo distal hace contacto con alguna superficie, entonces la araña tensa el hilo y lo utiliza a manera de puente (Bonte *et al.*, 2009; Foelix, 2011; Grismado *et al.*, 2014; Cortez-Roldán, 2018).

El crecimiento en las arañas se realiza a través de mudas o ecdisis, estas mudas pueden ser desde cuatro o cinco en las arañas más pequeñas o indeterminadas como es el caso de las arañas del infraorden Mygalomorphae que continúan mudando después de haber alcanzado la madurez sexual (ej. las “tarántulas”, familia Theraphosidae) (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; Bradley, 2013). La madurez sexual en las arañas está marcada por el desarrollo de los caracteres sexuales primarios, es decir, la modificación de los pedipalpos (machos) y la

esclerotización de las estructuras sexuales (hembras), en las hembras del clado Entelegyne, también se esclerotiza el epiginio (Beccaloni, 2009; Foelix, 2011; Cortez-Roldán, 2018).

El veneno desarrolla un papel fundamental en la biología de las arañas, el cual les permite alimentarse. La función principal del veneno es la inmovilización de la presa, esto para que la arañas pueda envolverla en su tela, mientras que la función secundaria es la de matar a la misma (Foelix, 2011).

2.4. Diversidad de arañas a nivel mundial y de México

El orden Araneae ocupa el séptimo lugar en diversidad global, después del orden Acari y los cinco ordenes mayores de insectos (Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera) (Coddington et al., 1991; Arisqueta-Chablé *et al.*, 2016). A nivel mundial, se han descrito un total de 48,463 especies de arañas, agrupadas en 4,155 géneros y 120 familias (World Spider Catalog, 2020). Presentando una gran diversidad en bosques y selvas tropicales y subtropicales (Coddington y Levi, 1991).

En México se distribuyen 2,349 especies, agrupadas en 426 géneros y 69 familias, representando el 4.8%, 10.2% y 57.5% de la diversidad mundial respectivamente, de las cuales el 42% de las especies podrían ser endémicas de país (Corcuera y Jiménez, 2007; Jiménez e Ibarra, 2008). Se estima que en México se encuentra el 10% de la diversidad biológica total del mundo, por lo que se calcula que aún faltaría el registro de aproximadamente 2,000 especies de arañas para el país (Francke, 2014).

Respecto a la diversidad de arañas para los diferentes estados de la República Mexicana, Jiménez (1996) reporta que los estados con la mayor diversidad de arañas son Veracruz (374 especies) seguida por Baja California (371) y Guerrero (364), mientras que los estados con la menor diversidad son Aguascalientes (8), Tlaxcala (20) y Quintana Roo (25) (Arisqueta-Chablé *et al.*, 2016). Sin embargo, estudios faunísticos de arañas recientes, han aumentado el número de especies registradas.

Las familias del orden Araneae con mayor diversidad en el país son: Gnaphosidae (381); Salticidae (263); Theridiidae (223); Araneidae (208) y Lycosidae (129) (Jiménez e Ibarra, 2008). Estudios faunísticos y taxonómicos diversos autores, han contribuido en el aumento de especies de arañas registradas en las diferentes entidades del país, tal es el caso para el estado de Tlaxcala, con 27 especies actualmente (Durán-Barrón, 2000, 2004; Jiménez *et al.*, 2015; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2015; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2016; Briones-Osorno, 2018; Cortez-Roldán, 2018; Desales-Lara *et al.*, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018a).

México es el segundo país con mayor diversidad de tarántulas en el mundo, únicamente superado por Brasil (Rojo, 2004). Hasta el 2004, la diversidad de tarántulas para México era de 67 especies agrupadas en 11 géneros, todas pertenecientes a la familia Theraphosidae Thorell, 1869, siendo el 93.5% endémicas del territorio mexicano; dicha diversidad de tarántulas ha aumentado con los estudios recientes que se han hecho con el grupo en México (Rojo, 2004; Corcuera y Jiménez, 2007; Jiménez e Ibarra, 2008).

En revisiones taxonómicas de los géneros *Brachypelma* Simon, 1891 y *Crassicrus* Reichling y West, 1996 (Theraphosidae), junto con la descripción de nuevas especies del género *Hemirrhagus* Simon, 1903, han incrementado el registro a 109 especies para nuestro país (Candia-Ramírez y Francke, 2017; Mendoza y Francke, 2017; Mendoza y Francke, 2018; World Spider Catalog, 2019). Además, la descripción de la especie *Paratropis tuxtlenensis* Valdez-Mondragón, Mendoza y Francke, 2014; es el primer registro de la familia Paratropididae para México (Valdez-Mondragón *et al.*, 2014).

3. ANTECEDENTES

3.1. Arañas de importancia médica a nivel mundial y de México

De los géneros descritos de arañas a nivel mundial hasta ahora, únicamente seis se consideran de importancia médica debido a su mordedura venenosa para el humano (World Spider Catalog, 2020). Estos géneros son: *Sicarius* (21 especies), *Hexophthalma* (8) y *Loxosceles* (140) (familia Sicariidae), *Atrax* (3) (Atracidae), *Latrodectus* (32) (Theridiidae) y el género *Phoneutria* (8) (Ctenidae), sumando 212 especies de arañas de importancia médica en el mundo, lo cual representa solamente el 0.4% de la diversidad mundial de especies de arañas (Müller, 1993; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018b; World Spider Catalog, 2020).

Además, la mordedura de al menos otros 20 géneros de arañas puede requerir algún tipo de atención médica, pero sin poner en riesgo la vida humana en comparación con los seis géneros anteriormente mencionados (Müller, 1993; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018b). Algunos ejemplos son: *Lycosa* (Lycosidae); *Sericopelma* Ausserer, 1875; *Poecilotheria* Simon, 1885; *Phamphobeteus* Pocock, 1901 (Theraphosidae), *Cheiracanthium* C. L. Koch, 1839 (Eutichuridae) y *Argyroneta* Latreille, 1804 (Dictynidae) (Barreto y Barreto, 1994; Foelix, 2011; World Spider Catalog, 2020).

En México hay presencia de solamente dos de los géneros de importancia médica: *Latrodectus* y *Loxosceles* (Jiménez *et al.*, 2015; Desales-Lara *et al.*, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018a, b; World Spider Catalog, 2020), además de la presencia de *Cheiracanthium inclusum* (Hentz, 1847) (Eutichuridae) (Briones-Osorno, 2018; World Spider Catalog, 2020).

El género *Loxosceles*, llamadas comúnmente “arañas violinistas”, “arañas del cuadro”, “arañas del rincón”, “araña reclusa parda” o “araña parda” cuenta con 140 especies descritas en todo el mundo, de las cuales 40 se distribuyen en México (Valdez-Mondragón *et al.*, 2018a; World Spider Catalog, 2020). De esta manera, México es el país con la mayor diversidad de especies de *Loxosceles* en el mundo, representando el 29% de las especies a nivel mundial (Valdez-Mondragón *et al.*, 2018a; World Spider Catalog, 2020). A pesar de esto, el género únicamente representa el 1.6% de la diversidad total de arañas registradas en México (Jiménez

e Ibarra, 2008). Morfológicamente las “arañas violinistas” se caracterizan por un patrón dorsal en el caparazón que asemeja a un violín invertido, que puede o no ser muy marcado dependiendo de las especies (Cortez-Roldán, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018a, b).

La importancia médica del género *Loxosceles* radica en la presencia de la enzima esfingomielinasa-D en su veneno, la cual tiene un efecto proteolítico, es decir, disuelve los tejidos provocando necrosis en la región de la mordedura en mamíferos y puede provocar daño en órganos internos (daño sistémico), pudiendo provocar incluso la muerte (Müller, 1993; Barreto y Barreto, 1994; Secretaría de Salud, 2016; Cortez-Roldán, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018b).

Las arañas del género *Latrodectus* son consideradas de importancia médica, ya que su veneno contiene la enzima α -latrotoxina, que en los vertebrados tiene una gran afinidad por los receptores presinápticos, ocasionando la liberación masiva de neurotransmisores, lo que genera parálisis del sistema nervioso central (Müller, 1993; Garb *et al.*, 2004; Kaslin, 2013; Aguilera, 2016).

En Norteamérica se distribuyen cinco especies de arañas pertenecientes al género *Latrodectus*, siendo: *L. mactans*, *Latrodectus variolus* Walckenaer, 1837, *L. geometricus*, *Latrodectus bishopi* Kaston, 1938 y *L. hesperus* (Monjaraz-Ruedas, 2012; World Spider Catalog, 2020). El género *Latrodectus* se encuentra representado en México solamente por tres especies: *L. mactans*, *L. geometricus* y *L. hesperus*, representando el 0.1% de la araneofauna total de México (Duran-Barrón, 2004; Desales-Lara, 2014; Jiménez *et al.*, 2015; Desales-Lara *et al.*, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2018b; World Spider Catalog, 2020). La especie *L. mactans* es considerada la que presenta la mayor distribución en la República Mexicana (Monjaraz-Rueda, 2012; REDTOX, 2018).

3.2. Diversidad y clasificación del género *Latrodectus*

La familia Theridiidae ocupa el cuarto lugar en cuanto a diversidad de especies en el mundo con 2,515, agrupadas en 124 géneros (Durán-Barrón, 2004; World Spider Catalog, 2020). Para México, se conocen un total de 34 géneros y 223 especies,

representando el 27% de los géneros descritos a nivel mundial y el 9% en cuanto a especies (Jiménez e Ibarra, 2008; Taucare-Ríos *et al.*, 2016; World Spider Catalog, 2020).

El género *Latrodectus* perteneciente a la familia Theridiidae, este género está conformado por 32 especies descritas a nivel mundial, con especies distribuidas en todos los continentes a excepción de los polos (Garb *et al.*, 2004; World Spider Catalog, 2020). Así *L. geometricus* es la especie que presenta una distribución cosmopolita y se considera introducida en varios lugares del mundo (Chamberlin e Ivie, 1935; Garb *et al.*, 2004; Kaslin, 2013; World Spider Catalog, 2020).

Análisis filogenéticos del género *Latrodectus* utilizando el gen mitocondrial COI, sugieren que las especies se agrupan en dos clados principales: 1) clado *geometricus* que incluye a *L. geometricus*, *Latrodectus rhodesiensis* Mackay, 1972 y *Latrodectus umbukwane* Wright, Wright, Lyle y Engelbrecht, 2019; y 2) clado *mactans* que incluye al resto de las especies del género (Garb *et al.*, 2004; Aguilera *et al.*, 2009). Esta agrupación está soportada morfológicamente por la posición de las espermatecas, encontrándose en forma de “V” en el clado *mactans* y paralelas en el clado *geometricus* (Garb *et al.*, 2004; Aguilera *et al.*, 2009).

En el trabajo de Garb *et al.* (2004), se propone que las especies de Sudamérica fueron las primeras en colonizar el continente americano y de las cuales descienden las especies de Norteamérica. Dado a que tanto el clado *mactans* como el clado *geometricus* agrupan a especies africanas, se propone que el género *Latrodectus* tuvo su origen en el continente africano, con una reciente dispersión cosmopolita (Garb *et al.*, 2004). La amplia distribución de *L. geometricus* probablemente sea debido a la antropocoria, principalmente el intercambio comercial, además de su capacidad de adaptarse a entornos perturbados por el hombre (Garb *et al.*, 2004).

A nivel mundial, el continente americano es el que cuenta con la mayor diversidad de especies del género *Latrodectus*, siendo Argentina el país con el mayor número de especies registradas de este género (9 especies): *L. mactans*, *L. geometricus*, *Latrodectus antheratus* (Badcock, 1932), *Latrodectus diaguita* Carcavillo, 1960, *Latrodectus quartus* Abalos, 1980, *Latrodectus corallinus* Abalos,

1980, *Latrodectus mirabilis* (Holmberg, 1876), *Latrodectus variegatus* Nicolet, 1837 y *Latrodectus caracaviensis* (Müller, 1776) (World Spider Catalog, 2020).

3.3. Morfología y biología del género *Latrodectus*

Comúnmente llamadas “viuda negra” (“black widow spider” en inglés), “araña de trasero rojo”, “araña capulina”, “casampluga” o en Nahuatl “*cintlatlahua*” (la del trasero rojo); las arañas del género *Latrodectus* son fácilmente reconocibles por su patrón ventral en el opistosoma con forma de “reloj de arena” que puede presentar variación en la forma, incluso dentro de una misma población y dentro de una misma especie (ej. *L. mactans*) (Figura 25) (Kaston, 1970; del Toro, 1992; Monjaráz-Ruedas, 2012; Gburek, 2014).

En el caso de los patrones dorsales del opistosoma, presentan una amplia variación, como se ha registrado para *L. mactans* en Norteamérica (Levi, 1959; Kaston, 1970). A pesar de la gran variabilidad de patrones, algunas especies mantienen cierto patrón general, tal es el caso de *L. geometricus*, a pesar de ser una especie introducida como se ha mencionado anteriormente (Levi, 1959; Kaston, 1970; Levy y Amitai, 1983; Levy, 1998).

Las arañas del género *Latrodectus* son las de mayor tamaño corporal de la familia Theridiidae, en el caso de las especies distribuidas en México, *L. hesperus*, es la especie con las hembras de mayor tamaño corporal, con un promedio de 12 mm, mientras que *L. mactans* y *L. geometricus* alcanzan los 10 mm (Levi, 1967; Kaston, 1970). Por su parte, los machos de las tres especies que se distribuyen en territorio mexicano promedian 4 mm de longitud corporal (Levi, 1967; Kaston, 1970).

Es importante señalar que, tanto en los machos como en las hembras, la madurez sexual es alcanzada en distintos estadios del desarrollo, pero siempre los machos desarrollan las estructuras sexuales primarias antes que las hembras (Kaston, 1970). Para las especies *L. mactans* y *L. hesperus*, los machos alcanzan la madurez entre las mudas cuatro y siete, siendo en la quinta muda la de mayor ocurrencia, mientras que las hembras el intervalo es entre las mudas seis y nueve,

en *L. mactans* la mayoría la alcanza en la séptima muda, mientras que en *L. hesperus* es en la octava muda del desarrollo (Kaston, 1970).

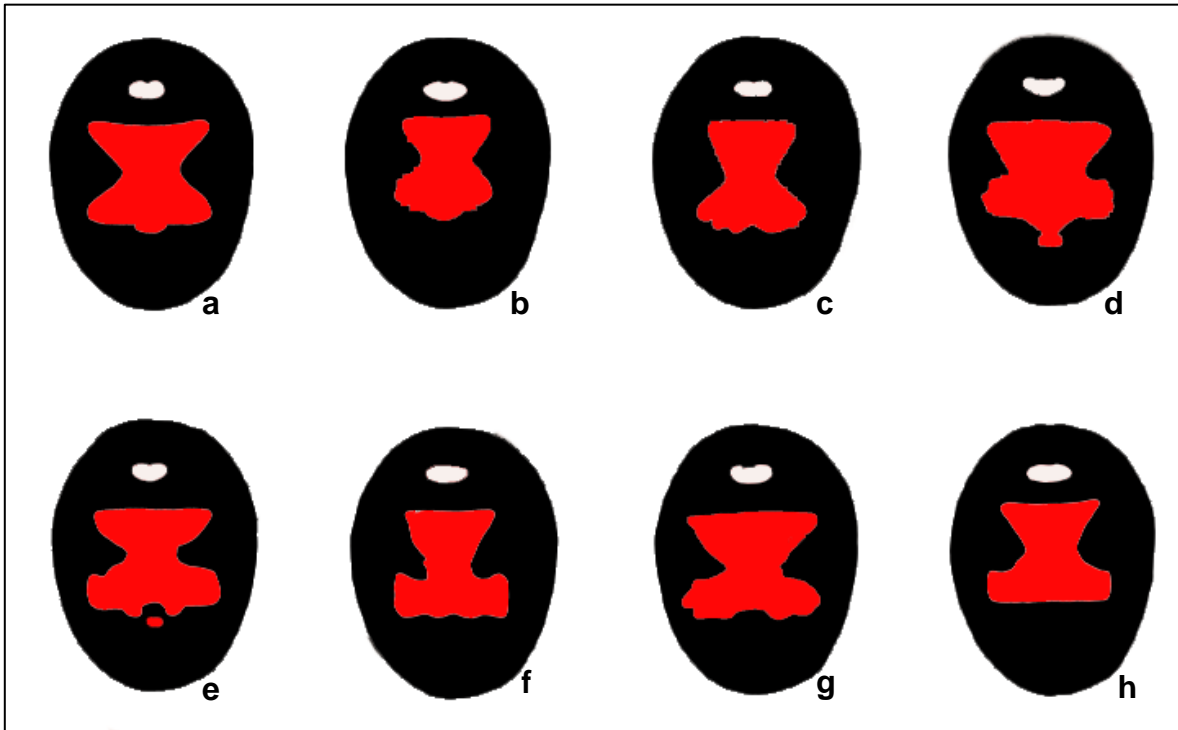


Figura 25. Variación en el patrón ventral en forma de “reloj de arena” del opistosoma de hembras adultas de *L. mactans*, para diferentes estados de Estados Unidos: **a)** Arkansas, **b)** Nueva York, **c)** Nueva York, **d)** Tennessee, **e)** Carolina del Norte, **f)** Virginia, **g)** Nueva York, **h)** Nueva York. Tomado y modificado de Kaston (1970).

El género *Latrodectus* presentan un dimorfismo sexual muy marcado, ya que la hembra llega a ser dos y media veces o tres veces más grande que el macho, sin embargo, el macho posee patas proporcionalmente más largas y un opistosoma ovalado, mientras que el opistosoma de la hembra suele ser globular (Figura 26) (Chamberlin e Ivie, 1935; Levi, 1959, 1967; Kaston, 1970).



Figura 26. Dimorfismo sexual entre el macho y hembra de *L. mactans*, siendo la hembra hasta tres veces más grande que el macho. Se muestra además la forma y textura del ovisaco característico de la especie. Tomado y modificado de la web (https://i1.wp.com/carlboileau.com/wp-content/uploads/2008/11/black_widow_family.jpg).

El género *Latrodectus* está conformado por arañas enteléginas que presentan una fila de sedas serradas en la cara ventral del tarso IV (Figura 14) y un colulus largo (Figura 27) (Kaston, 1970; Ubick *et al.*, 2005). Son arañas tejedoras de telas irregulares, siendo sus telas de las más resistentes dentro del orden, lo que les permite alimentarse de pequeños vertebrados como serpientes y ratones (Figura 20) (Grismado *et al.*, 2014). En el caso de los machos, utilizada también para la dispersión de feromonas.

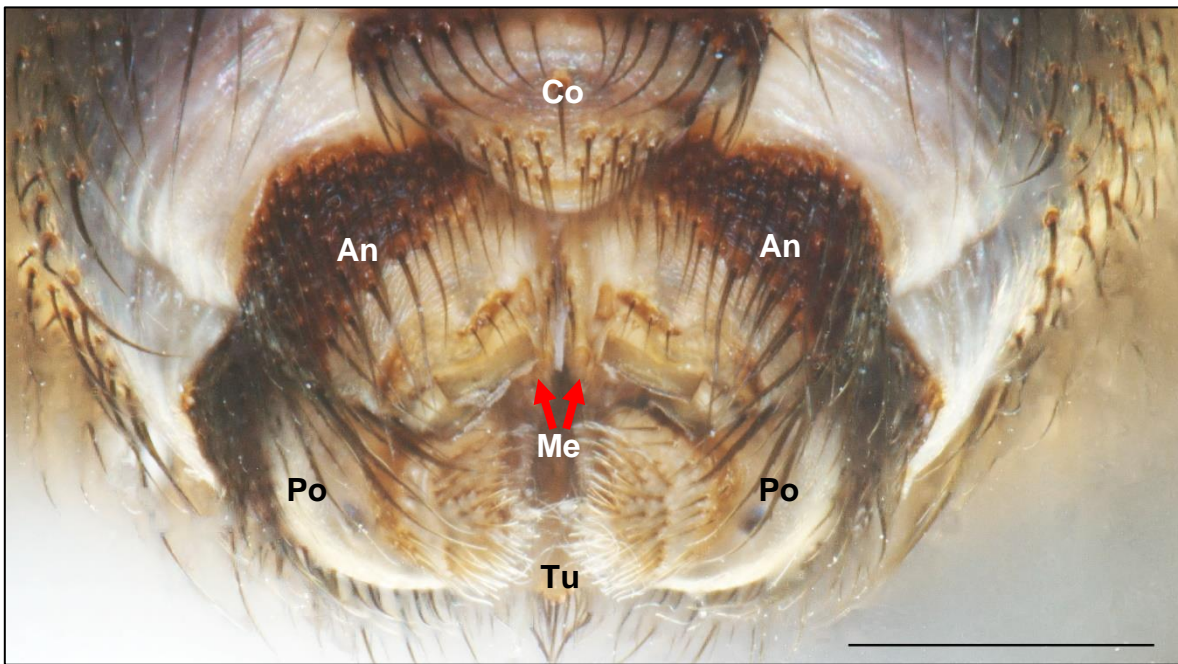


Figura 27. Fotografía de la región ventral posterior del opistosoma de un ejemplar de *Latrodectus* sp., donde se pueden observar el colulus, las hileras y el tubérculo anal. Co= colulus, An= hileras laterales anteriores, Me= hileras medias posteriores, Po= hileras laterales posteriores, Tu= tubérculo anal. Escala: 0.5 mm.

El cortejo consiste en vibraciones rápidas y espasmódicas del opistosoma del macho mientras se mueve alrededor de la hembra (Kaston, 1970). De diez a 15 minutos después, al macho cortará pequeñas partes de la tela de la hembra (Kaston, 1970). Si la hembra se encuentra receptiva, a los 30 minutos aproximadamente de haber empezado el cortejo, el macho comenzará a tocar las patas y el cuerpo de la hembra con sus patas anteriores (Kaston, 1970). El macho se moverá alrededor de la hembra envolviéndola con hilos delgados (velo de novia). Una vez envuelta la hembra en el velo de novia, el macho se coloca en una variante de la posición copulatoria tipo 4 (vientre con vientre, con el prosoma hacia la misma dirección) (Figura 24). Posteriormente, el macho inserta el émbolo en el opérculo genital del epiginio de la hembra, alternando entre los pedipalpos (Kaston, 1970).

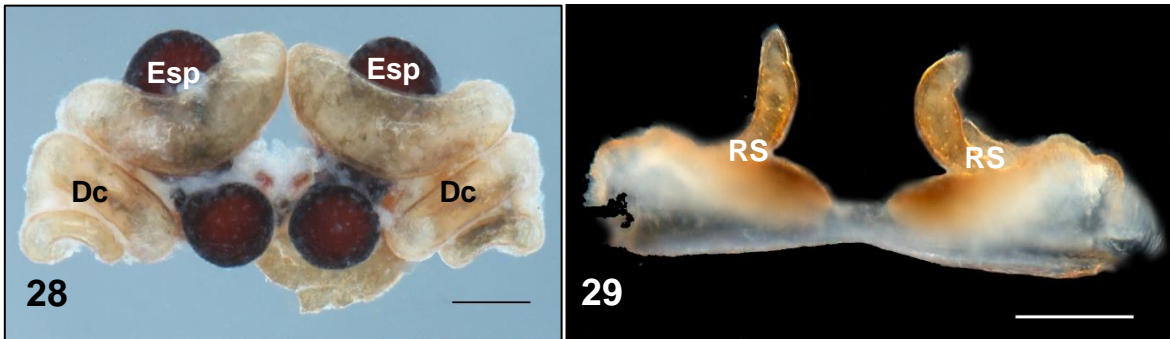
Desde la llegada del macho a la tela de la hembra hasta el final de la cópula, transcurren entre 100 y 140 minutos, aunque esto varía según la edad de la hembra, así como qué tan receptiva se encuentre (Kaston, 1970). Se ha observado que el

cortejo es más rápido cuando las hembras son jóvenes (Kaston, 1970). Basándose en estudios previos, Kaston (1970) no observa diferencias entre especies durante el proceso de cortejo y cópula.

En nombre común de “viudas negras” es debido a la creencia de que las hembras siempre devoran al macho, pero no siempre esto ocurre. En varias especies del género, el macho vive varias semanas en la tela de la hembra alimentándose incluso ambos de la misma presa (Foelix, 2011). En especies como *Latrodectus hasselti* Thorell, 1870 y *L. geometricus* el macho si es devorado por la hembra, durante la cópula, en este caso los machos que son devorados durante la cópula tienen una mayor tasa de éxito reproductivo que los machos que logran escapar (Andrade, 1996; Foelix, 2011). En el caso particular de *L. geometricus*, el macho es el que incita a la hembra a ser devorado, colocándose frente a las estructuras bucales de ésta (Foelix, 2011).

Una a dos semanas después del apareamiento, la hembra empieza a construir el ovisaco entre la media noche y las primeras horas de la mañana, dándose la ovoposición durante el día (Chamberlin e Ivie, 1935; Aguilera *et al.*, 2009). Una hembra de *Latrodectus* puede producir varios ovisacos con una sola cópula, al ser arañas enteléginas (Figura 28) mantienen la fecundidad con un solo apareamiento a diferencia de arañas haplóginas (ej. *Loxosceles*), las cuales requieren varias cópulas para mantener su fecundidad, esto debido a la simplicidad de las estructuras sexuales en las hembras (receptáculos seminales) (Figura 29). El mayor número de puestas de ovisacos con una sola cópula reportado es de la especie *L. geometricus* con 29 ovisacos, mientras que para *L. mactans* se han reportado 15 y para *L. hesperus* 21 ovisacos (Chamberlin e Ivie, 1935; Kaston, 1970).

Dentro de los ovisacos, se ha reportado que una sola hembra de *L. mactans* puede llegar a depositar más de 900 huevos en un solo ovisaco, siendo el promedio de 225 y *L. hesperus* 598 huevos en una sola puesta (Kaston, 1970). Después de la cópula, las hembras de *L. geometricus* pueden llegar a poner un ovisaco hasta cada cuatro días, cada que ponen un ovisaco, el número de días entre cada puesta aumenta en todas las especies (Kaston, 1970).



Figuras 28, 29. Diferencia en la complejidad de estructuras reproductoras de hembras adultas en Enteléginos y Haplóginos (= Synspermiata). Escala: 0.2 mm. **28)** Epiginio de *L. mactans* (Entelegyne). **29)** Receptáculos seminales de *Loxosceles malintzi* (Synspermiata): Esp= espermateca, Dc= ducto copulador, RS= receptáculo seminal. Escala: 0.2mm. Tomado y modificado de Valdez-Mondragón *et al.* (2018a).

La forma y textura de los ovisacos varía entre algunas especies del género *Latrodectus*, sirviendo como carácter diagnóstico, en *L. geometricus* el ovisaco es redondo de color blanquecino con protuberancias marcadas, lo que facilita su identificación o presencia de dicha especie, incluso cuando no se observa el ejemplar (Levy y Amanita, 1983; Levy, 1998). En *L. mactans*, el ovisaco es piriforme, generalmente de color amarillento y el ovisaco de *L. hesperus*, es redondo de color blanco con pocas capas de tela (Chamberlin e Ivie, 1935; Levy y Amanita, 1983; Levi, 1959; Kaston, 1970; Levy, 1998). A pesar de la gran cantidad de ovisacos que las arañas del género *Latrodectus* pueden producir, esto no afecta la tasa de éxito en el desarrollo de los huevos (Kaston, 1970). Pudiendo elevar nuevamente la tasa de éxito en el desarrollo de los huevos aún después del sexto ovisaco (Levy y Amanita, 1983; Kaston, 1970).

Las arañas pertenecientes al género *Latrodectus* son depredadores generalistas, los cuales se alimentan principalmente de otros artrópodos, incluyendo otras arañas, pero también son capaces de alimentarse de pequeños vertebrados (Figura 20) (Hódar y Sánchez-Piñero, 2002; Salomon, 2011; Grismado *et al.*, 2014).

Como ya se mencionó, los hilos de tela de las arañas del género *Latrodectus* son de los más resistentes de todo el orden Araneae. Es por esto por lo que la

biotecnología ha buscado diferentes aplicaciones a este material, principalmente en la medicina. Los componentes protéicos y minerales de la seda son bien aceptados por el cuerpo humano, pudiendo servir en la reconstrucción de tejido (Foelix, 2011). Industrialmente también se está tratando de replicar la resistencia y flexibilidad de la seda mediante componentes sintéticos.

3.4. Historia taxonómica de las especies de *Latrodectus* en México

La primera revisión del género *Latrodectus* a nivel mundial fue realizada por Pickard-Cambridge (1902), todas las especies hasta el momento se describieron basándose en patrones de coloración, sedas o espinas del opistosoma. Posteriormente, Chamberlin e Ivie (1935), realizan un estudio sobre las arañas “viudas negras” del norte de México, estableciendo tres subespecies de *L. mactans*: *Latrodectus mactans mactans* Fabricius, 1775, *Latrodectus mactans texanus* Chamberlin e Ivie, 1935 y *Latrodectus mactans hesperus* Chamberlin e Ivie, 1935 (Cuadro 1).

Levi (1958) agrupa a las subespecies de *L. mactans* como una sola (Cuadro 1), basado en similitudes de estructuras de los pedipalpos de los machos adultos. En este mismo trabajo se registra la presencia únicamente de tres especies para el continente americano: *L. geometricus*, con una distribución tropical; *L. mactans*, limitada a regiones cálidas; y *L. caracaviensis*, endémica del continente con una distribución desde Canadá hasta Argentina. Levi (1958) también establece la posibilidad de que *L. hasselti*, *Latrodectus indistinctus* O. Pickard-Cambridge, 1904 y *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790) sean sinonimias de *L. mactans* dado que no encontró diferencias morfológicas evidentes. Ocho años después, Levi (1966) admite que dos o más especies pueden presentar similitudes morfológicas en los pedipalpos de los machos adultos, por lo que no son caracteres confiables.

Posteriormente, McCrone y Levi (1964), propone que *L. caracaviensis* no se distribuye en Norteamérica, y que en estos registros corresponden a dos especies diferentes: *L. bishopi* endémica del sur de la Florida (“araña viuda roja”) y *L. variolus*, la cual presenta una amplia distribución en Estados Unidos de Norteamérica (Kaston, 1970). Trabajos posteriores de Abalos y Baez (1967), demuestran que *L.*

mactans y *L. caracaviensis* en realidad son un complejo de al menos cuatro especies diferentes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sinonimias y autores de las subespecies de *L. mactans*, *L. hesperus* y *L. geometricus*, anteriormente reconocidas para México hasta el año de 1959 (World Spider Catalog, 2020).

Especie actualmente aceptada	Sinonimias	Autor
<i>Latrodectus mactans</i> (Fabricius, 1775)	<i>Latrodectus mactans mactans</i>	Fabricius, 1775
	<i>L. formidabilis</i>	Walckenaer, 1837
	<i>L. perfidus</i>	Walckenaer, 1837
	<i>L. intersector</i>	Walckenaer, 1837
	<i>L. schichii</i>	C. L. Koch, 1837
	<i>L. malmignatus tropica</i>	Hasselt, 1860
	<i>L. insulares</i>	Dahl, 1902
	<i>L. insularis lunulifer</i>	Dahl, 1902
	<i>L. sagittifer</i>	Dahl, 1902
	<i>L. hahli</i>	Dahl, 1902
	<i>L. luzonicus</i>	Dahl, 1902
	<i>L. albomaculatus</i>	Franganillo, 1930
	<i>L. agoyangyang</i>	Plantilla & Mabalay, 1935
	<i>L. mactans albomaculatus</i>	Franganillo, 1936
	<i>L. mactans mexicanus</i>	Gonzalez, 1954
	<i>Meta schuchii</i>	C. L. Koch, 1836
	<i>Theridion verecundum</i>	Hentz, 1850
	<i>T. verecundum</i>	Hentz, 1850
	<i>T. lineatum</i>	Hentz, 1850
	<i>T. carolinum</i>	Butler, 1877
<i>T. lineamentum</i>	McCook, 1879	
<i>Tetragnatha zorilla</i>	Walckenaer, 1841	
<i>Latrodectus hesperus</i>	<i>Latrodectus mactans texanus</i>	Chamberlin e Ivie, 1935
	<i>L. mactans hesperus</i>	Chamberlin e Ivie, 1935
	<i>L. curacaviensis</i>	Bhatnagar & Rempel, 1962

Chamberlin e Ivie, 1935	<i>L. mactans</i>	Levi, 1959
	<i>L. variolus</i>	Levi, 1969
<i>Latrodectus geometricus</i> C. L. Koch, 1841	<i>Theridium zickzack</i>	Karsch, 1878
	<i>Chacoca distinta</i>	Badcock, 1932
	<i>Latrodectus geometricus subalbicans</i>	Caporiacco, 1949
	<i>L. geometricus modestus</i>	Caporiacco, 1949
	<i>L. geometricus obscuratus</i>	Caporiacco, 1949
	<i>L. concinnus</i>	O. Pickard-Cambridge, 1904

A pesar de que Chamberlin e Ivie (1935) mencionan que *L. hesperus* se distribuye hasta el sur de México, no se tenían registros de esta especie en nuestro país. Recientes listados taxonómicos, han reportado la presencia de *L. hesperus* en México, además del aumento de registros de *L. mactans* y *L. geometricus* para diferentes estados del país (ver Resultados) (Castañeda-Gómez *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2015; Salceda-Sánchez *et al.*, 2017; Desales-Lara *et al.*, 2018).

El análisis de Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) determina la relación entre las localidades donde se sabe que se distribuye la especie, con las condiciones bióticas y abióticas de esas localidades, con lo cual se crea una estimación de idoneidad para la especie (distribución potencial) (Galante *et al.*, 2018). Actualmente, el MNE tiene diferentes aplicaciones como la delimitación de especies y el manejo de especies invasoras, entre otros (Philips *et al.*, 2006; Ibarra-Montoya *et al.*, 2012; Galante *et al.*, 2018; Valdez-Mondragón *et al.*, 2019).

4. JUSTIFICACIÓN

Las arañas del género *Latrodectus* presentan una amplia distribución en México gracias a la capacidad de dispersarse a grandes distancias con ayuda de las corrientes de aire mediante el “ballooning”, a su capacidad sinantrópica y adaptabilidad a distintos hábitats, tanto ambientes naturales como urbanizados (Müller, 1993; Garb *et al.*, 2004; Zavala *et al.*, 2004; Foelix, 2011). Lo anterior probablemente ha dado como resultado, la amplia variación en patrones de coloración de las distintas poblaciones, principalmente de la especie *L. mactans*, la cual es la que presenta la mayor distribución y el mayor número de registros en el país hasta el momento.

Dada su amplia distribución en México, es de suma importancia actualizar los registros de distribución de las especies del género *Latrodectus* para los diferentes estados de la República Mexicana, lo cual representará un aporte importante para el conocimiento de aquellos estados que podrían ser más vulnerables a accidentes con estas arañas, debido a que son de importancia médica por su mordedura peligrosa; así como contribuir acerca de su distribución en los estados de la República Mexicana.

5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la distribución real y potencial de las tres especies del género *Latrodectus* (familia Theridiidae) en la República Mexicana?

6. OBJETIVOS GENERAL Y PARTICULAR

6.1. General. Generar mapas de distribución actualizados de los registros de las especies de arañas “viudas negras” del género *Latrodectus* Walckenaer, 1805 (Araneae: Theridiidae) presentes en México.

6.2. Objetivos particulares:

1. Crear una base de datos actualizada con los registros de las especies del género *Latrodectus* de colecciones científicas, registros digitales de bases de datos en línea y de ejemplares recolectados en campo por el Laboratorio de Aracnología (LATLAX), Instituto de Biología, UNAM, sede Tlaxcala.
2. Realizar la identificación y corroboración a nivel de especie de los especímenes del género *Latrodectus* depositados en las colecciones biológicas del LATLAX, la Colección Aracnológica (CARCIB), Centro de Investigación Biológica del Noreste S. C., y de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN), Instituto de Biología, UNAM.
3. Realizar mapas actualizados de la distribución real y potencial para las especies de arañas del género *Latrodectus* en México.
4. Analizar y generar mapas de la variación regional de los patrones de coloración dorsal del opistosoma, presentada en las hembras de las tres especies del género *Latrodectus* de México.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. Colecciones científicas

Se revisaron ejemplares depositados en las siguientes colecciones biológicas nacionales:

- Colección Nacional de Arácnidos (CNAN), Instituto de Biología (IBUNAM), UNAM, México.
- Laboratorio de Aracnología (LATLAX), del Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología UNAM, sede Tlaxcala. Responsable: Dr. Alejandro Valdez-Mondragón.
- Colección Aracnológica (CARCIB), del Centro de Investigación Biológica del Noreste S. C. (CIBNOR).

7.2. Trabajo de campo

Se realizaron 17 salidas a campo para la recolección de ejemplares durante los años 2017 a 2019 (Cuadro 2). Al ser arañas de importancia médica, los ejemplares se recolectaron cuidadosamente de forma manual con pinzas aracnológicas y frascos de plástico, depositándolos posteriormente en frascos de vidrio con alcohol etílico al 80% y con sus datos de recolecta correspondientes. Los especímenes recolectados se depositaron en la colección del LATLAX del LBCTV, Instituto de Biología UNAM, sede Tlaxcala.

Cuadro 2. Localidades muestreadas por estado para la recolecta de ejemplares del género *Latrodectus* durante los años 2017- 2019 (material depositado en el LATLAX).

Estado	Municipio	Localidad	Fecha	Coordenadas geográficas
Tlaxcala	Ixtacuixtla	Trinidad Tenexyecac	19/05/2017	19.35147, -98.30449
Puebla	Petlatzingo	2 km. al S de Petlatzingo	06/07/2017	18.05715, -97.91220
Oaxaca	Nejapa de Madero	Gasolinera de Nejapa de Madero	08/07/2017	16.61059, -96.02010
Guerreo	Chilpancingo	Fraccionamiento 1° de Marzo	01/01/2018	17.32351, -99.29031
Baja California Sur	La Paz	CIBNOR	10/05/2018	24.132861, -110.42872
Hidalgo	Zimapán	Cruz Pinta	26/05/2018	20.71523, -99.36646
Tlaxcala	Tlaxcala de Xicohtencatl	San Buenaventura Atempan	18/06/2018	19.324225, -98.216707
Edo. de México	Ecatepec	La Glorieta	03/08/2018	18.67778, -100.09962
Tlaxcala	San Miguel Contla	Privada Corregidora	06/08/2018	19.3666, -98.1341
Jalisco	Cocula	Camichines	21/09/2018	20.49874, -103.50496
Guerrero	Taxco	Cerro del Huixteco	21/09/2018	18.67038, -99.5134
Guerrero	Quechultenango	Grutas de Juxtlahuaca	14/10/2018	17.43922, -99.15936
Guerrero	Pilcaya	Grutas de Cacahuamilpa	15/10/2018	18.67038, -99.5134
Tlaxcala	Yauhquemehcan	San Dionisio	06/12/2018	19.41746, -98.18401
Puebla	Puebla	Esc. Primaria Guillermo Borja	10/12/2018	19.01952, -98.21661
Hidalgo	Santiago de Anaya	Gruta de Xoxafi	25/01/2019	20.38937, -99.02693
Hidalgo	Cardonal	El Molino	25/01/2019	20.08601, -99.08601

7.3. Trabajo de laboratorio

Para la identificación de los ejemplares recolectados en campo y los pertenecientes a las colecciones biológicas, se utilizaron los trabajos de Levi y Randolph (1975), Levi (1959) y Levy y Amitai (1983). Para la identificación, se disectaron estructuras sexuales primarias como epiginios y pedipalpos (estructuras reproductoras) de hembras y machos adultos respectivamente siguiendo la metodología de Levi (1959) y Valdez-Mondragón (2009). Dichas disecciones se realizaron con ayuda de un microscopio estereoscópico Zeiss Stemi 508.

En el caso de los machos se les disectó el pedipalpo izquierdo arrancándolo con unas pinzas aracnológicas, para ser observado sumergido en alcohol al 80% en una caja Petri con arena de mar. A los ejemplares hembra se les disectó el epiginio con un bisturí del número 3, posteriormente el epiginio fue limpiado con ayuda de una aguja entomológica doble cero. En casos necesarios, los epiginios fueron sumergidos en KOH al 10% durante aproximadamente 10 minutos para remover todo el tejido blando alrededor de las espermatecas para limpiarlas.

Para fotografiar los ejemplares completos se sumergieron en alcohol al 80% en una caja petri de 2.5 cm de alto con arena de mar para facilitar la manipulación y posicionamiento de los ejemplares. En el caso de los pedipalpos y epiginios, se colocaron sobre alcohol etílico (70%) en gel cubierto totalmente por alcohol etílico líquido al 70% en una caja Petri de cristal, esto para evitar difracción de la luz al momento de fotografiar dichas estructuras. Las fotografías se tomaron con una cámara AxioCam 506 color acoplada a un microscopio estereoscópico Zeiss AXIO Zoom V16 y procesadas con el software Zen 2 (blue edition), las fotografías obtenidas se editaron en el programa Fotoshop CS6.

Cabe señalar que los ejemplares que ya llevan mucho tiempo depositados en colecciones científicas y que están fijados en alcohol etílico al 80%, los patrones dorsales y ventrales en forma de (“reloj de arena”) del opistosoma de dichos ejemplares, tanto machos y hembras, tienden a decolorarse, tornándose de un tono rojo intenso a blanco o amarillo. De manera contraria, solamente la coloración de ejemplares recientemente recolectados se conserva en sus tonalidades rojas. Cabe

mencionar que el resto de la coloración de los ejemplares se conserva a pesar de estar depositados en alcohol por un prolongado periodo de tiempo.

La variación de los patrones dorsales del opistosoma únicamente fue observada en ejemplares hembras adultas siguiendo el método de Levi (1959), ya que estas presentan una menor variabilidad que los machos adultos (Chamberlin e Ivie, 1935; Kaston 1970). Para determinar los diferentes patrones dorsales del opistosoma, se tomaron en cuenta aquellos que contaran con la presencia en al menos 10 individuos. Los patrones dorsales que contaran con un número menor a 10, se agruparon con el patrón dorsal más parecido.

7.4. Bases de datos

Se realizaron bases de datos utilizando el programa Excel, en el que se registraron los datos obtenidos tanto de las colecciones biológicas revisadas, como de los ejemplares recolectados en campo, registros de la literatura y en grupos especializados (Insectos y otros artrópodos de México, Arácnidos de la República Mexicana, Arañas de México y REIVINDICANDO A LAS ARAÑAS (Vindicating SPIDERS)) en redes sociales en línea (www.facebook.com). También se utilizaron las bases de datos del GBIF (GBIF.org, 2019) y de Naturalista (Naturalista, 2019)

En la base de datos, se utilizaron los siguientes campos: 1) colección (colección científica, Facebook, literatura, GBIF o Naturalista), 2) clave, 3) género, 4) especie, 5) frasco (colecciones científicas), 6) latitud, 7) longitud, 8) elevación, 9) colector, 10) fecha de colecta, 11) ejemplares revisados, 12) machos, 13) hembras, 14) juveniles, 15) país, 16) estado, 17) municipio, 18) localidad; y 19) tipo de patrón dorsal.

Los ejemplares depositados en la CNAN se compararon con la base de datos obtenida del Portal de Datos Abiertos de la UNAM (UNAM, 2018), esto para corroborar su correcta identificación y catalogación.

Para los registros utilizados de los medios sociales (Facebook) y bases de datos en línea (GBIF, Naturalista), se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1. Pertenecer a un ejemplar depositado en alguna colección científica perteneciente a alguna institución reconocida académicamente (museo o universidad) (GBIF).
2. El ejemplar debe haber sido identificado por algún especialista reconocido de dicho portal (Naturalista y Facebook).
3. En caso de ser fotografía, deben ser observables los caracteres diagnósticos de la especie (patrón dorsal, coloración de las patas u ovisaco) (Naturalista y Facebook).
4. Contar con datos completos de la localidad exacta donde el ejemplar fue observado (Facebook).

Por lo anterior, del portal del GBIF se descargaron los registros de las tres especies del género *Latrodectus* distribuidas en México (*L. mactans*, *L. geometricus* y *L. hesperus*). La base de datos obtenida del portal de Naturalista y Facebook cuenta únicamente con los registros de *L. mactans* y *L. geometricus*.

Para la realización de los mapas de distribución real y potencial, la base de datos resultante de la unión de todos los registros fue depurada, eliminando los registros en los que las localidades se repetían para la misma especie (mismo dato de georreferencia), las cuales generan solapamiento de puntos en los mapas; además, se eliminaron las malas identificaciones y ejemplares juveniles que no hayan sido recolectados con algún ejemplar adulto que corroborara su adecuada identificación (esto último en las colecciones científicas), dejando un único registro por localidad de cada especie. Como resultado se obtuvo una base de datos con 925 registros.

7.5. Georreferenciación

La georreferenciación se realizó utilizando el programa Google Earth Pro v.7.3.2.5491, utilizando el sistema de coordenadas geográficas WGS 84. Los registros georreferenciados fueron los pertenecientes a Facebook, así como los

registros pertenecientes a las colecciones científicas y la literatura que únicamente contaran con la localidad de recolecta, pero sin coordenadas geográficas.

7.6. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE)

Los Modelajes de Nicho Ecológico se realizaron con el programa Maxent (Phillips *et al.*, 2006) utilizando un total de 22 capas ambientales con una resolución de 30 segundos de arco: 19 capas ambientales de WorldClim (Fick y Hijmans, 2017) (BIO1-BIO19), dos capas de CONABIO (CONABIO, 2019) (CON1-CON2) y la capa de las Provincias Biogeográficas según la clasificación de Morrone (2017) (MORR) (Cuadro 3). En cada modelaje se realizó la ejecución de 10 réplicas tipo Bootstrap, en el que en cada réplica se utilizó de forma aleatoria el 60% de registros de entrenamiento y el 40% de los registros restante como puntos de validación. Las configuraciones restantes se dejaron de la manera predeterminada.

Se realizó un primer análisis para el género (todos los registros de México) y para *L. mactans* y *L. geometricus* para determinar las capas ambientales con mayor aporte al MNE (Cuadro 4). Posteriormente se realizó un segundo análisis únicamente con dichas capas ambientales y la misma configuración que el primer análisis. Los MNE obtenidos fueron evaluados por su valor de AUC (valor de área bajo la curva por sus siglas en inglés: Area Under the Curve), dicho valor mide la capacidad de los modelos para discriminar positivos verdaderos y positivos falsos para el MNE, registrando la siguiente escala: excelente ($AUC > 0.90$), bueno ($0.80 > AUC < 0.90$), y aceptable ($0.70 > AUC < 0.80$), (Phillips *et al.*, 2006; Phillips y Dudík, 2008; Illoldi-Rangel *et al.*, 2008). Este análisis está incluido en el programa MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006).

Cuadro 3. Capas bioclimáticas utilizadas para el Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) de las especies del género *Latrodectus* de México.

NOMBRE	VARIABLE
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango diurno medio
BIO3	Isoterma
BIO4	Temperatura estacional
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango temperatura anual
BIO8	Temperatura media del cuarto más húmedo
BIO9	Temperatura media del cuarto más seco
BIO10	Temperatura media del cuarto más cálido
BIO11	Temperatura media del cuarto más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Precipitación estacional
BIO16	Precipitación del cuarto más húmedo
BIO17	Precipitación del cuarto más seco
BIO18	Precipitación del cuarto más cálido
BIO19	Precipitación del cuarto más frío
CON1	Curvas de nivel
CON2	Tipo de Vegetación y Uso de suelo
MORR	Provincias biogeográficas

Finalmente, los mapas de la distribución potencial se realizaron con el programa QGis v.2.18.26 “Las Palmas” (QGIS Development Team, 2019), siendo editados con el programa Photoshop CS6.

Debido al escaso número de registros en México de *L. hesperus* (6), no se realizó el análisis de distribución potencial para esta especie. Esto debido a que los modelados con un número pequeño de muestras suelen ser inexactos (Hanberry *et al.*, 2012)

Cuadro 4. Capas ambientales de mayor aporte para la distribución potencial del género *Latrodectus* en México según el primer análisis de MNE.

Análisis de Modelaje de Nicho Ecológico	Capas ambientales de mayor aporte	Valor de aporte
<p><i>Latrodectus</i> spp. AUC=0.932</p>	<p>Temperatura estaciona (BIO4) Tipo de vegetación y uso de suelo (CON2) Curvas de nivel (CON1) Precipitación del cuarto más frío (BIO19) Provincias biogeográficas (MORR) Precipitación estacional (BIO15) Temperatura mínima del mes más frío (BIO6)</p>	<p>24.6% 15.8% 14% 10.2% 9.4% 6.6% 5.8%</p>
<p><i>L. mactans</i> AUC=0.953</p>	<p>Temperatura estacional (BIO4) Curvas de nivel (CON1) Provincias biogeográficas (MORR) Temperatura media del cuarto más seco (BIO8) Tipo de vegetación y uso de suelo (CON2) Temperatura mínima del mes más frío (BIO6) Precipitación estacional (BIO15)</p>	<p>27.8% 17.5% 13.3% 9.5% 9.1% 7.8% 4.3%</p>
<p><i>L. geometricus</i> AUC=0.975</p>	<p>Curvas de nivel (CON1) Tipo de vegetación y uso de suelo (CON2) Provincias biogeográficas (MORR) Rango de temperatura anual (BIO7) Temperatura mínima del mes más frío (BIO6) Precipitación estacional (BIO15)</p>	<p>33.8% 31.2% 8.9% 8% 5.1% 4.8%</p>

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Registros totales de *Latrodectus* para México

Como resultado de la unión de las diferentes fuentes de información, se obtuvo una base de datos general con un total de 1,147 registros (Cuadro 5). De estos, 73 registros no fueron posibles de georreferenciar, pero contaban con el estado del registro por lo que se contabilizaron en los registros por estado (estos incluyen los únicos registros del género para Tabasco y Campeche) (Figura 30; Cuadro 6) y 149 registros repetidos. Como resultado, se obtuvo una base de datos depurada con 925 registros pertenecientes al género *Latrodectus* de México, con la cual se realizaron los mapas de distribución real y distribución potencial con base en el Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) (ver sección más adelante).

De los 1,147 registros totales, 375 fueron obtenidos de las colecciones científicas (CNAN, LATLAX y CARCIB) y 772 pertenecen a las bases de datos digitales, literatura y medios sociales en línea para las tres especies del género *Latrodectus* reportadas para México: *L. mactans*, *L. geometricus* y *L. hesperus* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Registros obtenidos de las colecciones científicas, literatura, bases de datos digitales y medios sociales en línea: Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) del Instituto de Biología, UNAM, Laboratorio de Aracnología (LATLAX) del Instituto de Biología, UNAM, Colección Aracnológica (CARCIB) del Centro de Investigación Biológica del Noreste (CIBNOR). *= incluye el único registro de la especie para el estado de Tabasco. **= incluye el único registro de la especie para el estado de Campeche.

Colección	<i>L. mactans</i>	<i>L. geometricus</i>	<i>L. hesperus</i>	<i>L. sp.</i>	Número de registros
GBIF	448	57	1	-	506
CNAN	249	24	-	26	299
Naturalista	-	166	-	-	166
Literatura	46*	28**	3	1	78
LATLAX	37	15	2	21	75
Facebook	2	20	-	-	22
CARCIB	-	-	1	-	1
Registros totales	782	310	7	48	1,147

En cuanto al número de registros por especie, la especie con el mayor número de registros fue *L. mactans* con un total 782, seguida de *L. geometricus* con 310 y *L. hesperus* con siete (Cuadro 5). Además, en 48 registros no fue posible determinar la especie debido a que se trata de ejemplares juveniles (Cuadro 5).

8.1.1. Registros del género *Latrodectus* por estado de la República Mexicana

Respecto al total de registros del género *Latrodectus* de las diferentes fuentes anteriormente mencionadas a nivel estatal, los estados con el mayor número de registros (>30) son Guanajuato (392 registros), Jalisco (101), Morelos (90), Estado de México (54), Oaxaca (52), Tlaxcala (52), Guerrero (48) y Baja California (31) (Figura 30). De manera contraria, los estados con el menor número de registros (≤ 5) fueron Quintana Roo (5), seguido por Zacatecas (4), Campeche (3), Yucatán (3) y Tabasco (1) (Figura 30).

Actualmente las 32 entidades federativas presentan registros del género *Latrodectus* (Figura 30; Cuadro 6). El estado de Guanajuato presenta el mayor porcentaje de registros (34%), mientras que los estados de Chiapas, Tamaulipas, Nayarit, Colima, Quintana Roo, Zacatecas, Campeche, Yucatán y Tabasco son los que presentan el menor número de registros ($\leq 1\%$) (Figura 30).

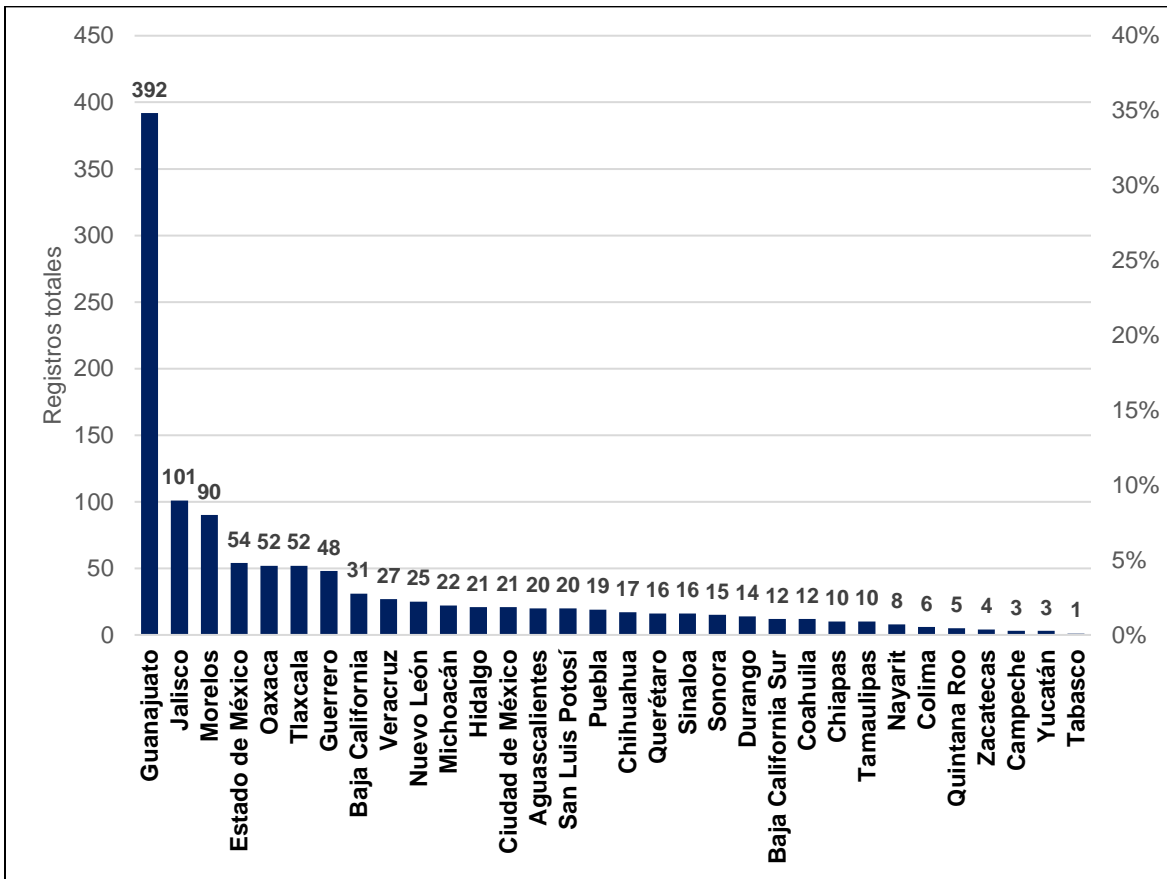


Figura 30. Número total de registros del género *Latrodectus* por estado de la República Mexicana.

Respecto a las especies registradas por entidad federativa, los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila e Hidalgo son los únicos estados que cuentan hasta ahora con registros de las tres especies del género *Latrodectus* reportadas para México: *L. mactans*, *L. geometricus* y *L. hesperus* (Cuadro 6). Los estados de Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas, cuentan con registros de dos especies: *L. mactans* y *L. geometricus*. La Ciudad de México, y Tabasco cuentan únicamente con registros de *L. mactans* (Cuadro 6).

El último listado taxonómico de especies pertenecientes a la clase Arachnida de México fue realizado por Jiménez e Ibarra (2008), en el que no se registra la presencia de *L. hesperus* para nuestro país. A pesar de que en la descripción

taxonómica de dicha especie realizada por Chamberlin e Ivie (1935), mencionan que esta especie se distribuye desde Estados Unidos hasta el sur de México, lo cual hasta el día de hoy se pensaba que se trataba de registros de *L. mactans* debido a la similitud morfológica entre estas especies, y a que *L. mactans* es la especie con la mayor distribución en el país. Sin embargo, Jiménez *et al.* (2015) y Desales-Lara *et al.* (2018) realizan los primeros y únicos registros de *L. hesperus* en México hasta ahora, en los estados de Baja California Sur y Coahuila, respectivamente. En este trabajo, se presentan nuevos registros de esta especie para los estados de Chihuahua e Hidalgo (Cuadro 6). Adicionalmente, se presentan nuevos registros de *L. geometricus* para los estados de Baja California, Chihuahua y Sonora (Cuadro 6).

Cuadro 6. Registros totales del género *Latrodectus* por especie y por estado de la República Mexicana. *= registros nuevos para la entidad. **= registros únicos de literatura que no pudieron ser georreferenciados.

Estado	<i>L. mactans</i>	<i>L. geometricus</i>	<i>L. hesperus</i>	<i>L. sp.</i>	Registros totales por estado
Aguascalientes	10	10	-	-	20
Baja California	9	22*	-	-	31
Baja California Sur	7	3	2	-	12
Campeche	2	1**	-	-	3
Chiapas	5	5	-	-	10
Chihuahua	8	7*	2*	-	17
Ciudad de México	19	-	-	2	21
Coahuila	6	4	2	-	12
Colima	1	5	-	-	6
Durango	6	6	-	2	14
Estado de México	39	12	-	3	54
Guanajuato	343	49	-	-	392
Guerrero	25	18	-	5	48
Hidalgo	15	3	1*	2	21
Jalisco	73	28	-	-	101
Michoacán	7	15	-	-	22
Morelos	67	17	-	6	90
Nayarit	5	2	-	1	8
Nuevo León	5	20	-	-	25
Oaxaca	38	11	-	3	52
Puebla	11	5	-	3	19
Querétaro	3	13	-	-	16
Quintana Roo	2	3	-	-	5
San Luis Potosí	11	7	-	2	20
Sinaloa	3	13	-	-	16
Sonora	6	9*	-	-	15
Tabasco	1**	-	-	-	1
Tamaulipas	5	5	-	-	10
Tlaxcala	31	5	-	16	52
Veracruz	16	9	-	2	27
Yucatán	1	2	-	-	3
Zacatecas	2	1	-	1	4
Registros totales	782	310	7	48	1,147

8.2. Mapas de distribución

Se realizaron mapas de distribución total y potencial basados en los registros obtenidos de las diferentes fuentes para el género *Latrodectus* (Figuras 31, 32), así como mapas de distribución para cada una de las tres especies que se distribuyen en México (Figuras 33-37), los cuales se presentan a continuación.

8.2.1. Distribución total y potencial del género *Latrodectus* en México

Aunque el género *Latrodectus* presenta una amplia distribución en el territorio mexicano, con registros en todas las entidades federativas (Cuadro 6), el mayor número de registros del género se concentra en la región centro-sur del país (Guanajuato, Jalisco, Morelos, Oaxaca, Tlaxcala, Estado de México y Guerrero) (Figura 31).

Para analizar la distribución del género *Latrodectus* con base en las provincias biogeográficas, se utilizó la clasificación propuesta por Morrone (2017), en el que reconoce 14 provincias biogeográficas para México: Altos de Chiapas, Baja California, California, Cinturón Volcánico Transmexicano, Cuenca del Balsas, Desierto Chihuahuense, Península de Yucatán, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sonorense, Tamaulipas, Tierras Bajas del Pacífico y Veracruzana (Figura 31, Cuadro 7).

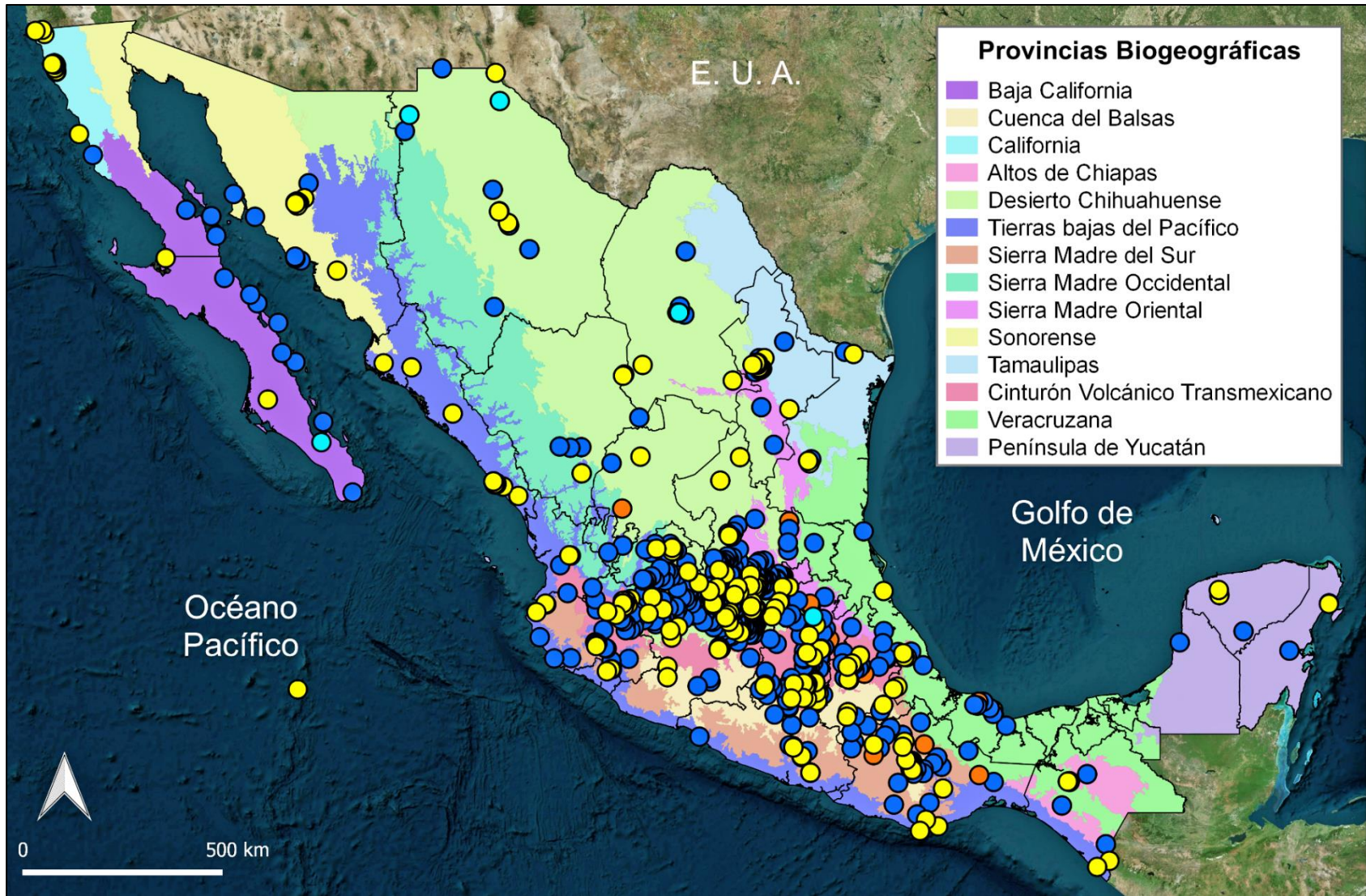


Figura 31. Registros totales de las tres especies del género *Latrodectus*: *L. geometricus* (●), *L. hesperus* (●), *L. mactans* (●) y *L. sp.* (●) que se distribuyen en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Actualmente, el género *Latrodectus* presenta registros en las 14 provincias biogeográficas, encontrándose el mayor número de registros en las provincias del Desierto Chihuahuense (486 registros) (perteneciente a la región Neártica), Cinturón Volcánico Transmexicano (176), Cuenca del Balsas (129) (Zona de Transición Mexicana) y Tierras Bajas del Pacífico (62) (región Neotropical) (Figura 31, Cuadro 7).

Particularmente, las provincias biogeográficas del Desierto Chihuahuense y el Cinturón Volcánico Transmexicano abarcan los estados con la mayor densidad poblacional del país, estos son la Ciudad de México, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Colima y Veracruz (INEGI, 2019). Lo anterior hace suponer que las actividades antropogénicas (transporte de materiales y comercio) están facilitando la dispersión de las arañas del género *Latrodectus* en esta región del país, además de brindarle el microhábitat ideal para su establecimiento y reproducción dada su capacidad sinantrópica.

Como ya se mencionó, la mayor cantidad de los registros se localizan en la zona centro-sur del país, región que biogeográficamente corresponde a la Zona de Transición Mexicana (Morrone, 2004; 2005). La Zona de Transición Mexicana se caracteriza por presentar un solapamiento de elementos Neotropicales y Neárticos, por lo que se presentan diversos tipos de vegetación, predominando los matorrales y bosque de pino-encino principalmente (Morrone, 2005).

Por su parte, el mayor número de registros pertenecientes al Desierto Chihuahuense se localizan en la región más próxima al Cinturón Volcánico Transmexicano, correspondiente al estado de Guanajuato (Figura 31). De la misma manera ocurre en la provincia de las Tierras Bajas del Pacífico, con la mayor cantidad de registros concentrados en el estado de Jalisco (Figura 31).

Cuadro 7. Registros totales georreferenciados de las especies del género *Latrodectus* en México para cada Región y Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Región	Provincia biogeográfica	<i>L. mactans</i>	<i>L. geometricus</i>	<i>L. hesperus</i>	<i>L. sp.</i>	Total
Neártica	Desierto Chihuahuense	381	100	4	1	486
	Baja California	12	2	1	-	15
	California	2	22	-	-	24
	Sonorense	6	9	-	-	15
	Tamaulipas	3	21	-	-	24
Zona de transición mexicana	Sierra Madre Occidental	12	7	-	-	19
	Sierra Madre Oriental	41	4	1	2	48
	Cinturón Volcánico Transmexicano	114	36	-	26	176
	Cuenca del Balsas	88	34	-	7	129
	Sierra Madre del Sur	26	10	-	6	42
Neotropical	Tierras Bajas del Pacífico	22	40	-	-	62
	Veracruzana	17	6	-	2	25
	Altos de Chiapas	2	-	-	-	2
	Península de Yucatán	3	4	-	-	7
Totales		729	295	6	44	1,074

A pesar de contar con registros en todas las provincias biogeográficas, es importante señalar que la mayor cantidad de registros provienen de bases en línea (GBIF y Naturalista) por lo que la mayor cantidad de los registros provienen de zonas urbanas. De igual forma, las recolectas realizadas por el LATLAX se han realizado en distintos tipos de vegetación, desde pastizales hasta bosques de pino-encino y desiertos, sin embargo, la mayoría de los ejemplares recolectados han sido encontrados en zonas con cierto grado de perturbación.

El análisis de MNE muestran predicción en todas las provincias biogeográficas (Figura 32). A pesar de esto, la mayor predicción se concentra en la región centro-sur de la República Mexicana. El mapa de distribución potencial mostró que las zonas con mayor predicción son aquellas con vegetación de matorral y bosque de pino encino, además de las zonas antropizadas (zonas urbanas, campos de cultivo y zonas desprovistas de vegetación) (Figura 32).

El análisis de MNE realizado para el género *Latrodectus* en México obtuvo un valor de AUC de 0.935, es decir, un excelente valor predictivo según la clasificación antes mencionada.

La amplia distribución del género *Latrodectus* en México, le permite establecerse en distintos tipos de vegetación, encontrándose la mayor cantidad de registros en la región centro-sur del país, abarcando principalmente cinco de las 14 provincias biogeográficas propuestas por Morrone (2017) (Figura 32). Aunado a lo anterior, la región centro-sur de México concentra los estados con el mayor número de habitantes: Estado de México (15,175,862 habitantes), Ciudad de México (8,851,080), Veracruz (7,643,194), Puebla (5,779,829) y Guanajuato (5,486,372) (INEGI, 2019). Es por esta razón, que el análisis de MNE consideró importante la capa de Tipo de Vegetación y Uso de suelo (CON2) (en la que se incluyen las zonas urbanas y de cultivo) sólo después de la capa de Temperatura Estacional (BIO4) (Cuadro 4).

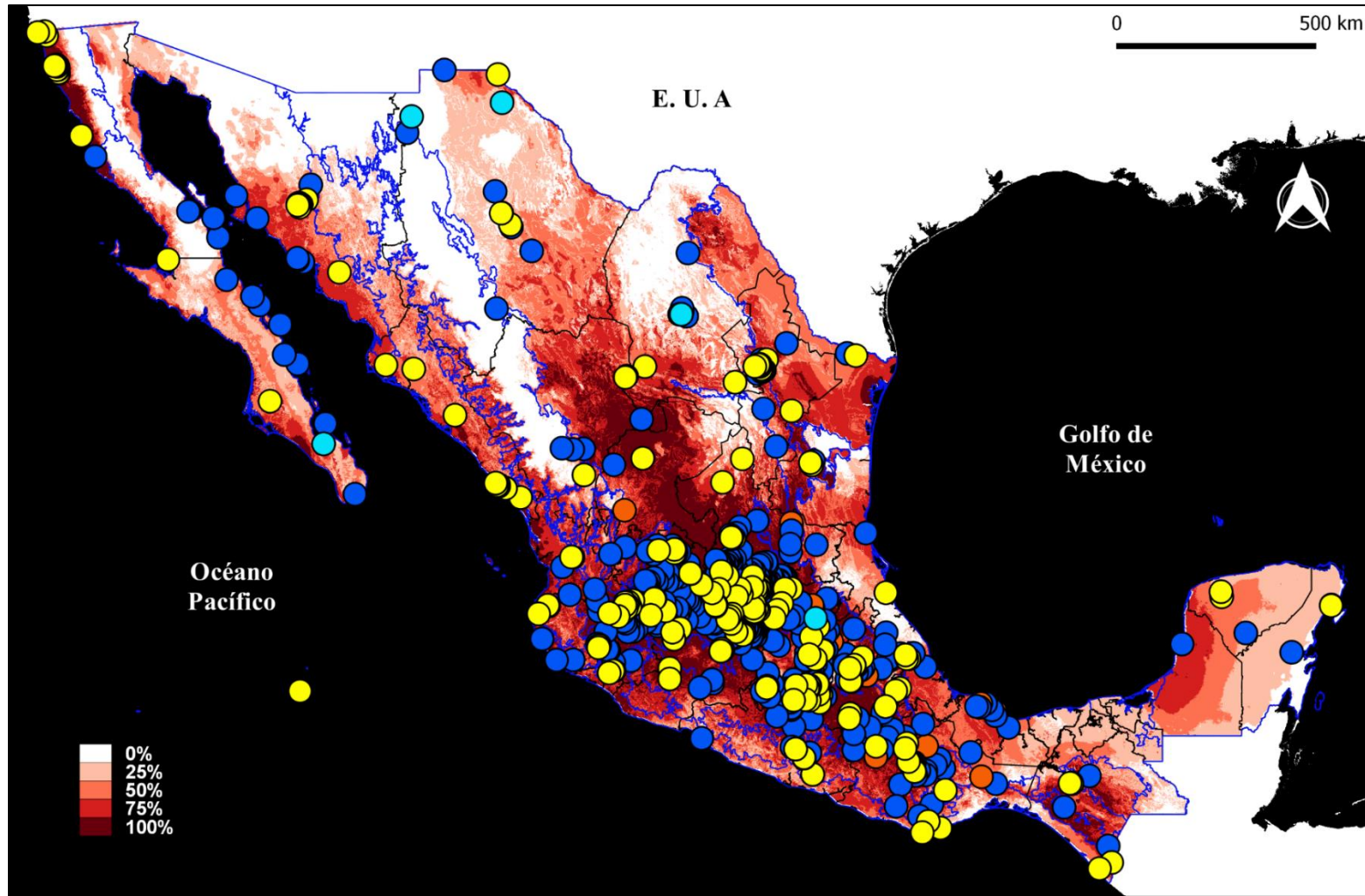


Figura 32. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) del género *Latrodectus* en México bajo el algoritmo de Maxent. *L. mactans* (●), *L. geometricus* (●), *L. hesperus* (●) y *L. sp.* (●). Escala de colores: colores rojos más oscuros muestran áreas con mejores condiciones de predicción (0-100). Líneas azules muestran las provincias biogeográficas de acuerdo con la clasificación de Morrone (2017). Líneas negras muestran la división política de México.

8.2.1.1. Distribución total y potencial de *Latrodectus mactans* (Fabricius, 1775) en México

Respecto a los números de registros y distribución de *L. mactans*, hasta el momento comprenden todos los estados de la República Mexicana, sin embargo, se concentran principalmente en la región centro-sur del país (Figura, 33), es decir, los estados de Guanajuato (343 registros), Jalisco (73), Morelos (67), Estado de México (39), Oaxaca (38), Tlaxcala (31) y Guerrero (25) (Cuadro 6).

Con relación a la distribución de la especie en las provincias biogeográficas, se registra presencia de *L. mactans* en las 14 provincias biogeográficas de México, siendo las provincias del Desierto Chihuahuense (381) y el Cinturón Volcánico Transmexicano (114) las que presentan el mayor número de registros, para ambas provincias biogeográficas, uno de los tipos de vegetación predominante son los pastizales (Morrone, 2005; CONABIO, 2019), además de que esta región del país concentra la mayor densidad poblacional (CONABIO, 2019; INEGI, 2019) (Figura 33, Cuadro 7).

A pesar de presentar una amplia distribución y de contar con registros en diferentes tipos de vegetación y clima, los ejemplares de *L. mactans* han sido recolectados principalmente en zonas con cierto grado de perturbación o antropizados. En la recolecta realizada en el 2018 en las Grutas de Juxtlahuaca, en el municipio de Quechultenango, estado de Guerrero (Cuadro 2). El único ejemplar recolectado se encontraba en un montículo de rocas en un terreno de cultivo de maíz. De igual forma en el estado de Tlaxcala, los ejemplares son continuamente recolectados dentro y alrededor de casas o en zonas perturbadas de bosque de pino-encino. En el estado de Hidalgo, en las Grutas de Tolantongo, Mpio, de Cardonal, los ejemplares se encontraban entre las hojas secas de un cultivo de agave pulquero.

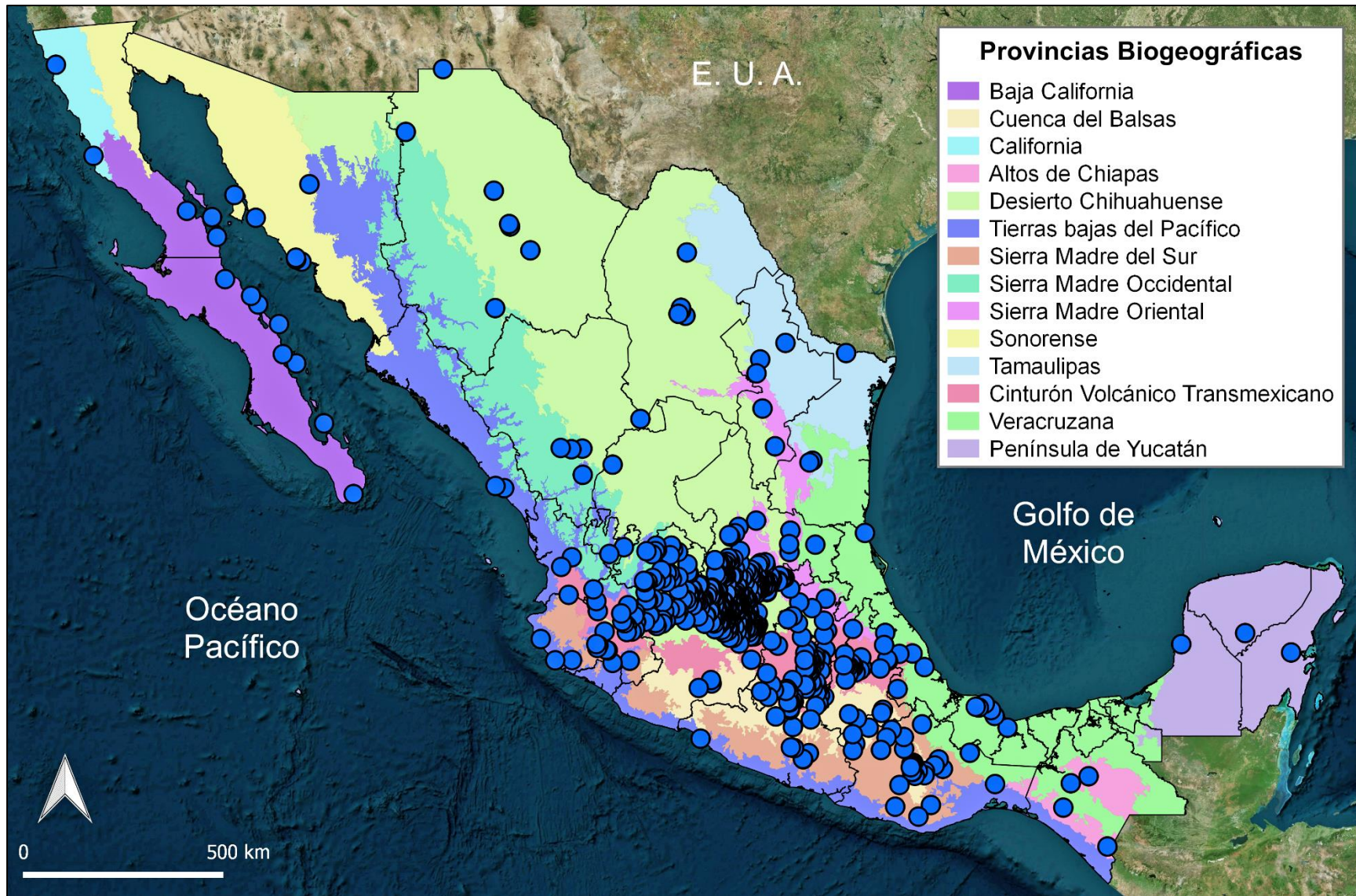


Figura 33. Registros de *L. mactans* en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

El mapa de distribución potencial de *L. mactans* muestra que las provincias biogeográficas con mayor probabilidad son las correspondientes a la región centro del país, es decir, las provincias del Cinturón Volcánico Transmexicano, Cuenca del Balsas, Sierra Madre Oriental y la zona sur del Desierto Chihuahuense (Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, Aguascalientes San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco, Querétaro Michoacán, Edo. De México, Ciudad de México, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla). Además, la costa occidental de Baja California Norte de igual forma presenta una alta probabilidad (Figura 34).

El MNE obtuvo un valor de AUC de 0.955, lo que refleja un excelente valor predictivo. Al igual que en el análisis anterior, la mayor cantidad de registros de *L. mactans* se concentran en la región centro de México, abarcando las provincias biogeográficas del Desierto Chihuahuense, Cinturón Volcánico Transmexicano, Cuenca del Balsas y la Sierra Madre Oriental, donde predominan los pastizales y bosques de pino, además de la alta densidad poblacional.

De manera contraria, las áreas con baja predicción para *L. mactans* corresponden a la zona norte del país, en los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango y Tamaulipas; donde el clima es seco, con vegetación de matorrales desérticos y pastizales, además de ser una región de baja densidad poblacional (CONABIO, 2019; INEGI, 2019). La Sierra Madre Occidental es otra región donde no se presenta predicción, esta zona se caracteriza por presentar principalmente encinares, bosques de pino y de pino-encino, con un clima templado húmedo (CONABIO, 2019). Por lo que los registros en esta provincia biogeográfica podrían tratarse de ejemplares introducidos por actividades antropocéntricas, ya que son registros de zonas urbanas (Figura 34).

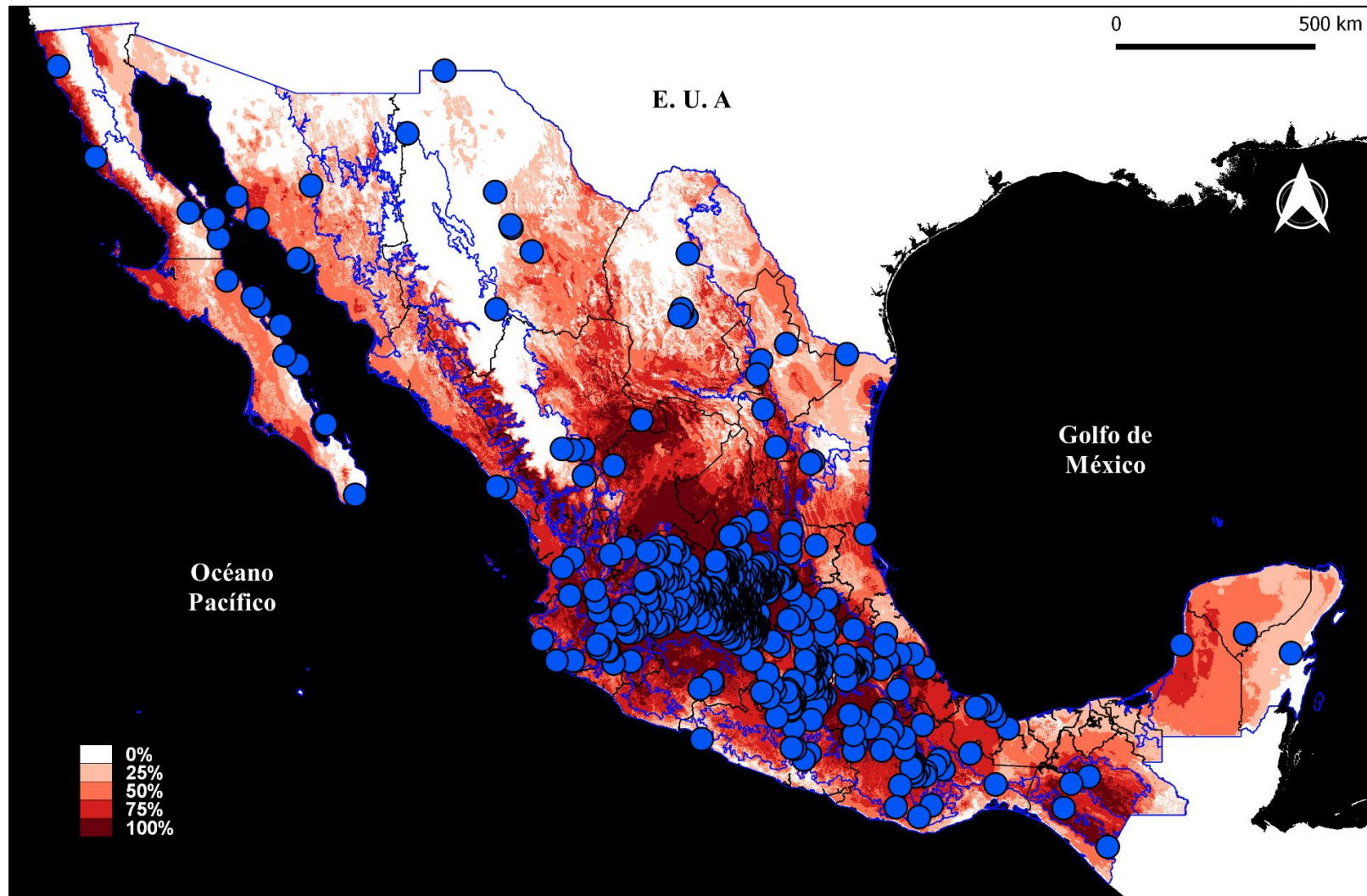


Figura 34. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) de *L. mactans* en México bajo el algoritmo de Maxent. Escala de colores: colores rojos más oscuros muestran áreas con mejores condiciones de predicción (0-100). Líneas azules muestran las provincias biogeográficas de acuerdo con la clasificación de Morrone (2017). Líneas negras muestran la división política de México.

A pesar de no contar con registros georreferenciados en el estado de Tabasco, el MNE presenta una baja predicción en esta zona (Figura 34), la cual es la región con el mayor valor de evapotranspiración del país, con un clima de tipo cálido húmedo y una precipitación anual total promedio mayor a los 2,000 mm, además de presentar terrenos inundables y pantanos (CONABIO; 2019). Con base en el conocimiento de la biología de esta especie, suponemos que la presencia de *L. mactans* en este estado está principalmente determinada por los microhábitats disponibles en las zonas urbanas.

8.2.1.2. Distribución total y potencial de *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841 en México

De las 32 especies del género *Latrodectus*, *L. geometricus* es la que presenta la mayor distribución a nivel mundial al ser una especie introducida (Garb *et al.*, 2004). Originaria de Sudáfrica, actualmente se encuentra introducida en Hawaii, Japón, Australia, Norte y Sudamérica posiblemente debido a las actividades antropogénicas desde hace varios siglos (Garb *et al.*, 2004; World Spider Catalog, 2020).

Al ser una especie introducida, *L. geometricus* presenta una amplia distribución en México, siendo los estados de Guanajuato, Jalisco, Baja California y Nuevo León, los estados con la mayor cantidad de registros del país (≥ 20) (Figura 35; Cuadro 6). Los únicos estados en los que no se encontraron registros de esta especie son: Ciudad de México y Tabasco (Cuadro 6). Cabe mencionar que en este trabajo se reporta por primera vez la presencia de *L. geometricus* en los estados de Baja California y Sonora. (Cuadro 6).

En el caso de *L. geometricus*, las provincias que presentan el mayor número de registros (>30) son: Desierto Chihuahuense (100 registros), Tierras Bajas del Pacífico (40), Cinturón Volcánico Transmexicano (36) y la Cuenca del Balsas (34) (Cuadro 7). Parte de la vegetación en estas provincias corresponde a bosques de pino-encino, recibiendo en promedio 500mm de precipitación anual (Morrone, 2005;

Espinosa *et al.*, 2008), mientras que la provincia biogeográfica de los Altos de Chiapas (la única en la que no se registra la presencia de *L. geometricus* (Cuadro 7)) presenta una vegetación correspondiente a bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia, recibiendo más de 1,000mm de precipitación anual (Morrone, 2005; Espinosa *et al.*, 2008), por lo que el porcentaje de humedad puede presentar un factor importante que impide el establecimiento adecuado de esta especie.

Al ser una especie introducida, todos los registros de *L. geometricus* de México pertenecen a zonas antropizadas, por lo que esta especie se adapta bien a estos ambientes, presentando densidades altas de individuos. En la recolecta de ejemplares llevada a cabo en la Gasolinera de Nejapa de Madero, Mpio. Nejapa de Madero, Oaxaca en el 2017 (Cuadro 2); se observó la presencia de individuos de la especie en los techos de las marquesinas de las oficinas de dicha gasolinera, en los baños e incluso dentro de las oficinas entre los equipos de cómputo (entre cables y detrás de monitores). Aunado a esto, se observaron ejemplares en altas densidades, recolectando un total de 23 ejemplares en 30 minutos, en su mayoría ejemplares hembras. Cabe señalar que las hembras recolectadas en muchos casos se encontraban a pocos cm. de distancia unas de otras, siendo bastante gregarias y tolerantes entre ellas, aunado a que regularmente cada hembra tenía entre 2-4 ovisacos (Valdez-Mondragón, com. pers.).

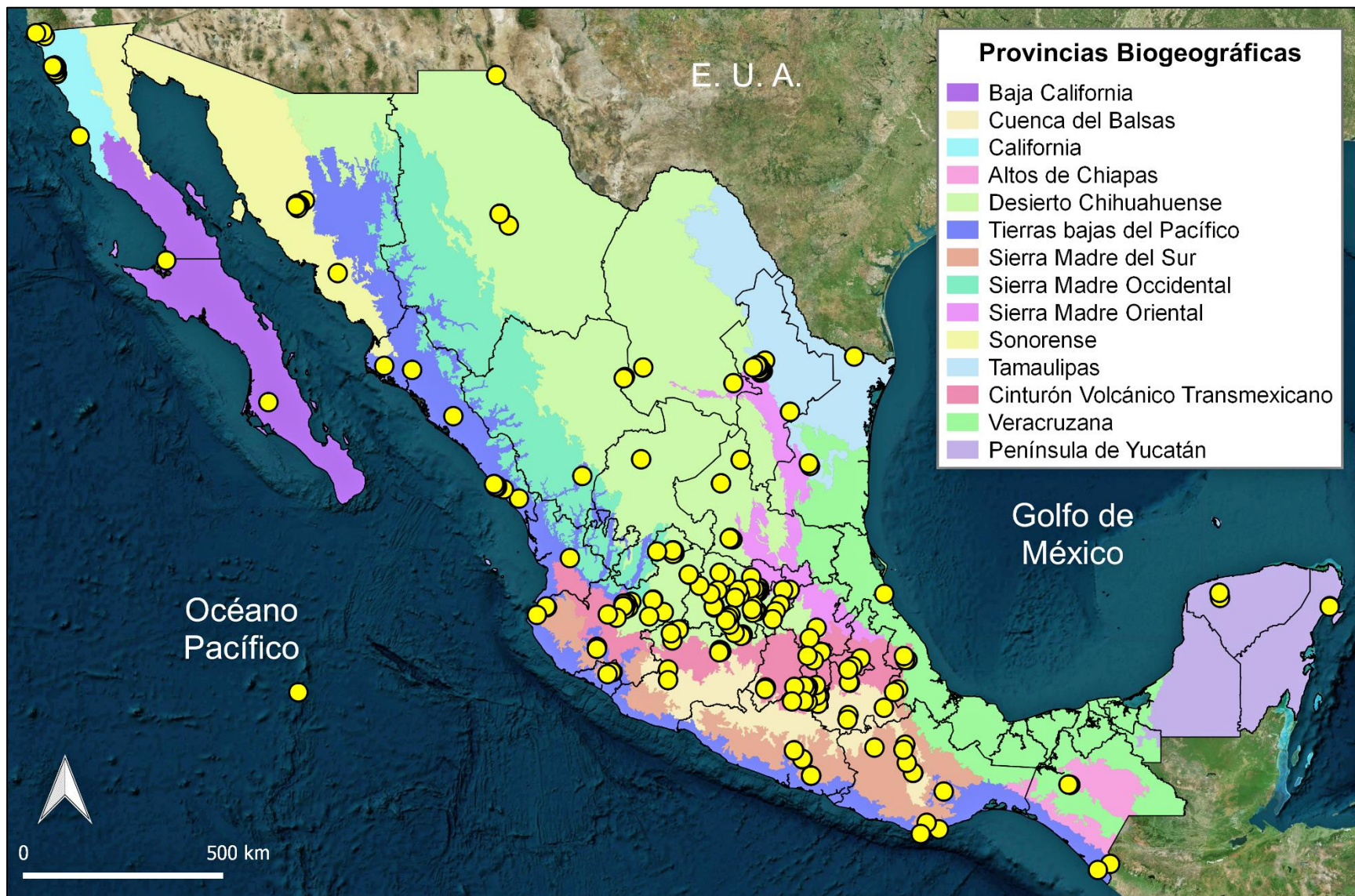


Figura 35. Registros de *L. geometricus* en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

De igual forma, los ejemplares de *L. geometricus* recolectados en zonas urbanas de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero entre los años 2013 y 2014, se encontraron asociados a los exteriores de las viviendas, encontrándose en casa con y sin jardín, principalmente bajo sillas, bancos y macetas (Solís-Catalán y Rodríguez-Rodríguez, 2014). Además, *L. geometricus* presentó una mayor abundancia a diferencia de *L. mactans*, ya que se recolectaron un total de 22 ejemplares de *L. geometricus* y sólo tres de *L. mactans* durante todo el muestreo (Rodríguez-Rodríguez et al., 2015).

Se ha observado que la fácil adaptación de *L. geometricus* a distintos ambientes gracias a las condiciones de microhábitat que el hombre le proporciona, ha provocado el desplazamiento de poblaciones de *L. mactans*. Zonas donde anteriormente se habían recolectado ejemplares de *L. mactans*, años después al regresar a la misma localidad, se encontró que la especie presente era *L. geometricus* (Valdez-Mondragón, com. pers.).

El valor de AUC (Area Under the Curve) para el MNE de *L. geometricus* es de 0.967. El programa Maxent estima una amplia distribución en México para *L. geometricus*, con un valor de predicción mayor al 50% en la mayor parte del territorio mexicano (Figura 36). Al igual que con *L. mactans*, la predicción es casi nula en la Sierra Madre Occidental (Figura 36). Además, la provincia biogeográfica Veracruzana presenta una baja predicción, principalmente en la región que corresponde al estado de Tabasco, el cual es la región con el mayor valor de evapotranspiración del país, con un clima de tipo cálido húmedo y una precipitación anual total promedio mayor a los 2,000 mm, además de presentar terrenos inundables y pantanos (CONABIO; 2019) (Figura 36). Esto sugiere que las altas condiciones de humedad y temperatura, aunado a altas precipitaciones; son factores importantes que limitan la distribución en ambientes silvestres de *L. geometricus*.

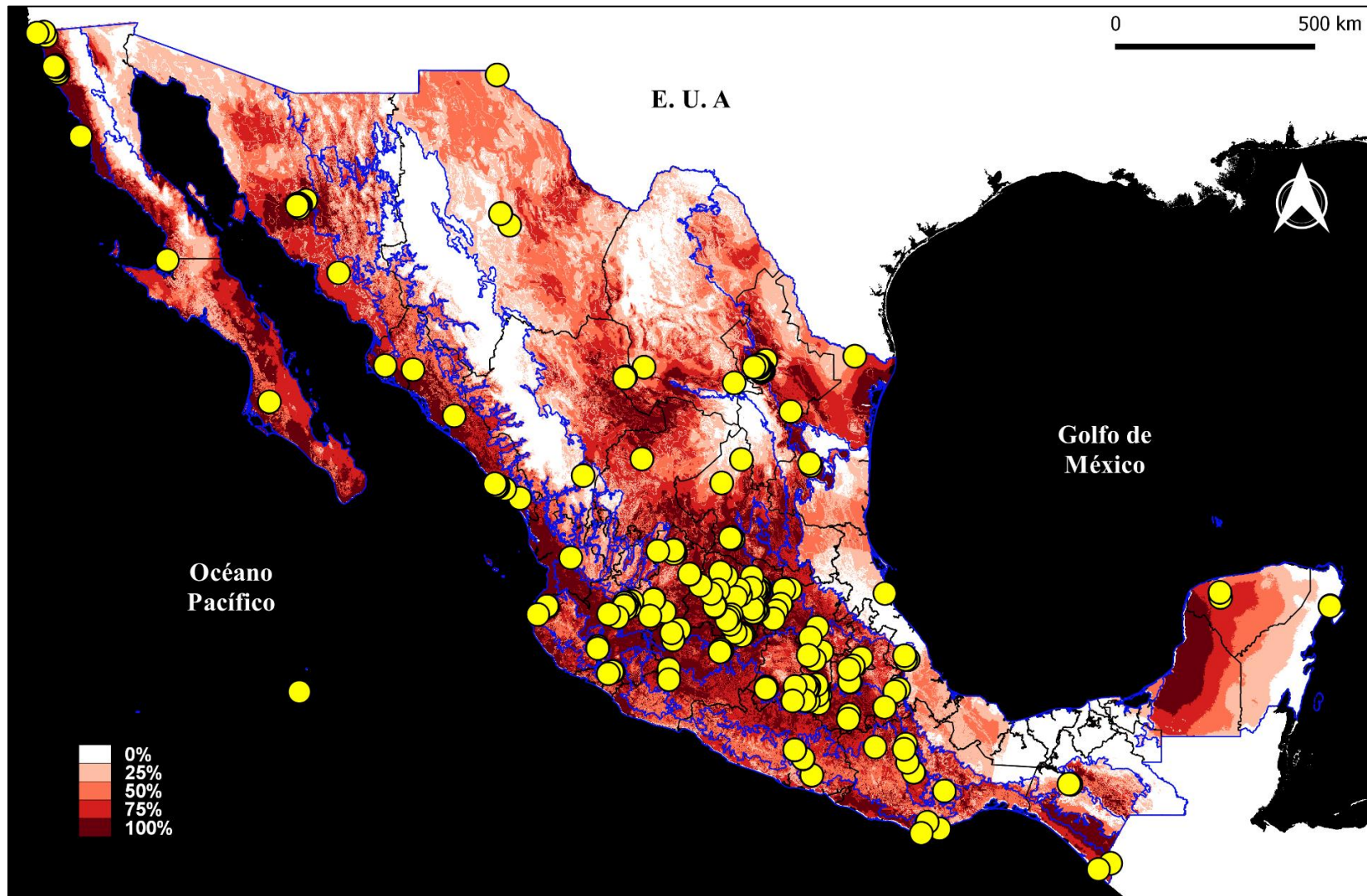


Figura 36. Modelaje de Nicho Ecológico (MNE) de *L. geometricus* en México bajo el algoritmo de Maxent. Escala de colores: colores rojos más oscuros muestran áreas con mejores condiciones de predicción (0-100).

Lo anterior concuerda con los registros de *L. geometricus* en México, ya que como se mencionó anteriormente, esta especie es reportada en ambientes antropizados, por lo que el análisis de Maxent determinó que el Tipo de vegetación y uso de suelo es la segunda capa ambiental que aporta la mayor información en cuanto a su distribución en México (Cuadro 4).

El alto valor de importancia de las Curvas de Nivel (capa ambiental con mayor información (Cuadro 4)) hace suponer que esta especie podría preferir climas cálidos, por lo que su presencia en climas templados podría deberse principalmente a su dependencia del microhábitat proporcionado por las zonas antropizadas al ser una especie introducida en el país, o quizá debido a una sobre predicción del algoritmo (Figura 36).

8.2.1.3. Distribución total de *Latrodectus hesperus* Chamberlin e Ivie, 1935 en México

Respecto a la distribución de *L. hesperus* en el país, como se mencionó anteriormente, los registros de la especie en México son recientes, registrándose inicialmente en los estados del norte de México (Baja California Sur y Coahuila) (Jiménez *et al.*, 2015; Desales-Lara *et al.*, 2018). En este trabajo se reporta por primera vez la presencia de *L. hesperus* en los estados de Chihuahua e Hidalgo (Cuadro 6), por lo que la distribución de esta especie corresponde a la zona norte y centro del país (Figura 37), lo que concuerda con la distribución mencionada en la descripción original de la especie realizada por Chamberlin e Ivie (1935).

A pesar de contar con pocos registros de *L. hesperus* en México, todos los ejemplares han sido recolectados asociados a la vegetación nativa (matorral xerófilo y pastizales) (Jiménez *et al.*, 2015; Desales-Lara *et al.*, 2018; Cortez-Roldán, com. pers.).

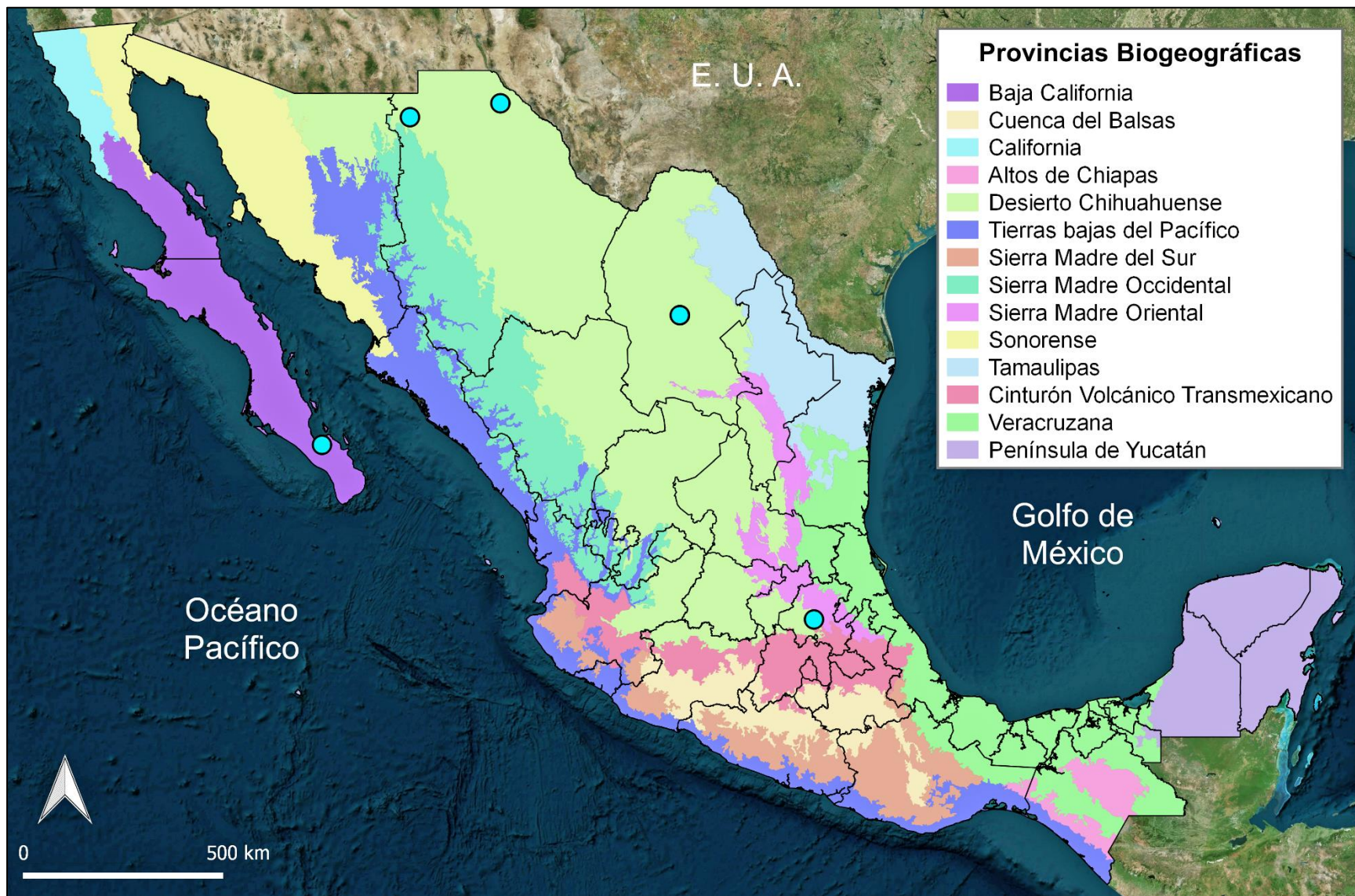


Figura 37. Registros de *L. hesperus* en México con base en las Provincias Biogeográficas propuestas por Morrone (2017).

Hasta ahora, la provincia biogeográfica del Desierto Chihuahuense cuenta con cuatro de los seis registros de *L. hesperus* en México (Cuadro 7). Como ya se ha mencionado, esta provincia se caracteriza por presentar clima semiárido, árido y muy árido, con una precipitación anual total de 500mm, lo que favorece la presencia de matorrales xerófilos y pastizales (Morrone, 2005; Espinosa *et al.*, 2008; CONABIO, 2019).

La dificultad en la identificación de esta especie radica en su gran parecido morfológico de estructuras somáticas y en algunos casos también de las estructuras reproductoras (epiginio y pedipalpo) con los ejemplares de *L. mactans* (Figuras 63-68, 82, 84, 86, 88). Chamberlin e Ivie (1935) describen el epiginio de *L. hesperus* con cuatro vueltas, similar al de *L. mactans* (Figuras 67). Posteriormente, Levy y Amitai (1983) reportan ejemplares de esta especie con epiginios con tres vueltas en Israel, lo que coincide con los ejemplares recolectados por Desales-Lara *et al.* (2018) en el estado de Coahuila (Figuras 66, 68).

8.3. Variación regional de coloración en hembras de *Latrodectus* de México

Como ya se ha mencionado, las especies del género *Latrodectus* presentan una amplia variación en sus patrones de coloración del opistotoma, tanto dorsales como ventrales, siendo *L. mactans* una de las que presenta mayor variación de todo el género (Figuras 40-47) (Levi, 1959; Katon, 1970).

En total, se revisó el patrón dorsal de 384 ejemplares hembras pertenecientes a las tres especies del género *Latrodectus* (*L. geometricus*, *L. hesperus*, *L. mactans*) de México, pertenecientes a 270 registros distribuidos en 29 estados del país; encontrándose a veces más de un tipo de patrón dorsal por registro (ver Suplemento).

A pesar de la amplia variación de patrones dorsales de *L. mactans*, se puede realizar un patrón general, el cual cubre todos los patrones de la especie en mayor

o menor medida (Figura 39). Se identificaron ocho patrones dorsales de coloración diferentes para *L. mactans* (Figuras 40-47), mientras que para *L. geometricus* únicamente tres (Figuras 51-53). Dada la poca cantidad de ejemplares revisados de *L. hesperus*, es difícil observar la variación en patrones de coloración dorsal para esta especie hasta que se tenga un número considerable que nos permita analizar la variación intraespecífica, por lo que, con base a los ejemplares examinados, se reconocieron únicamente dos patrones diferentes (Figuras 55, 56).

8.3.1. Variación dorsal del opistosoma de *Latrodectus mactans* (Fabricius, 1775) en México

A pesar de ser una especie de importancia médica y presentar una amplia distribución, hasta el momento, Levi (1959) cuenta como el único trabajo en el que se analiza la variación de los patrones del opistosoma de *L. mactans* en el mundo, en el cual determina la presencia de 11 patrones dorsales diferentes para México (Figura 38). En el presente trabajo al analizar varios ejemplares de la especie, se encontraron seis de los 11 patrones dorsales reportados por Levi (1959) (Tipos 2, 4-8) y se proponen dos nuevos patrones para el país (Tipos 1, 3) (Cuadro 8).

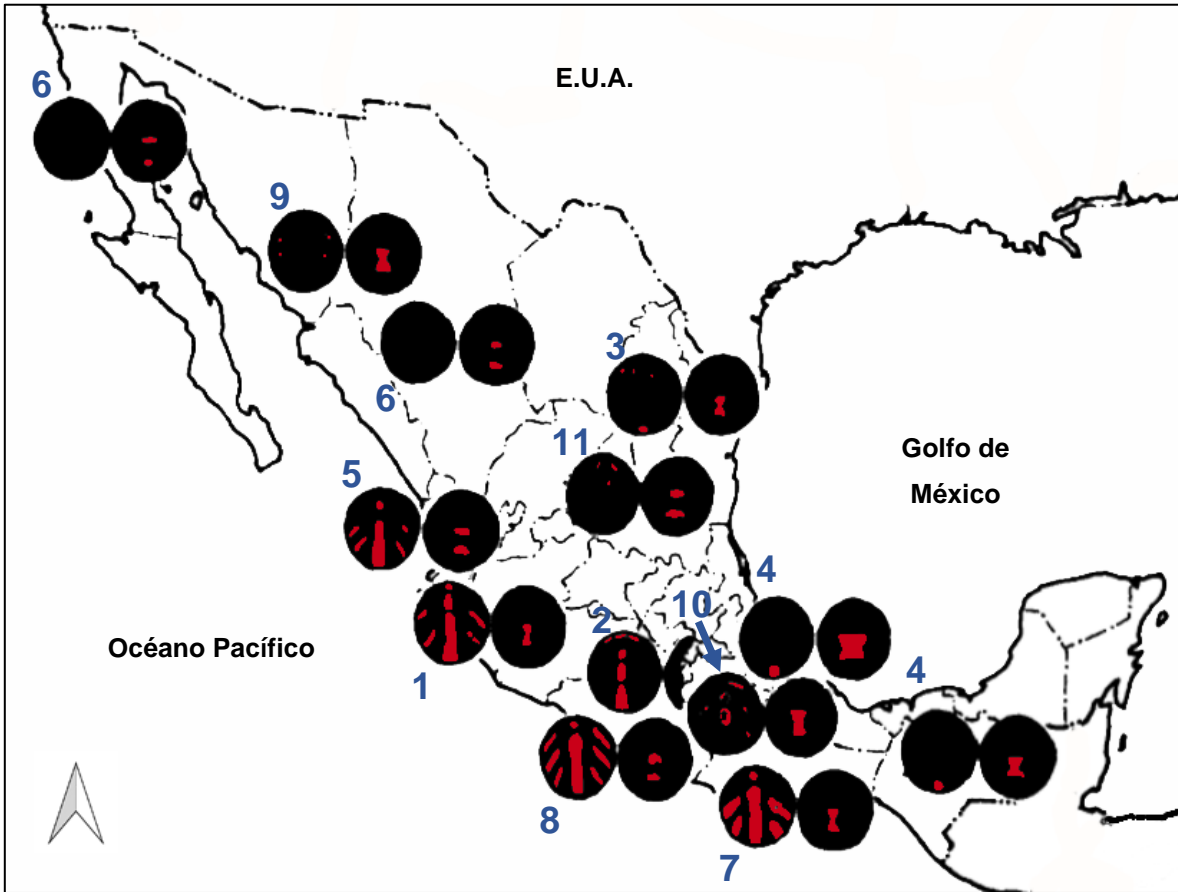
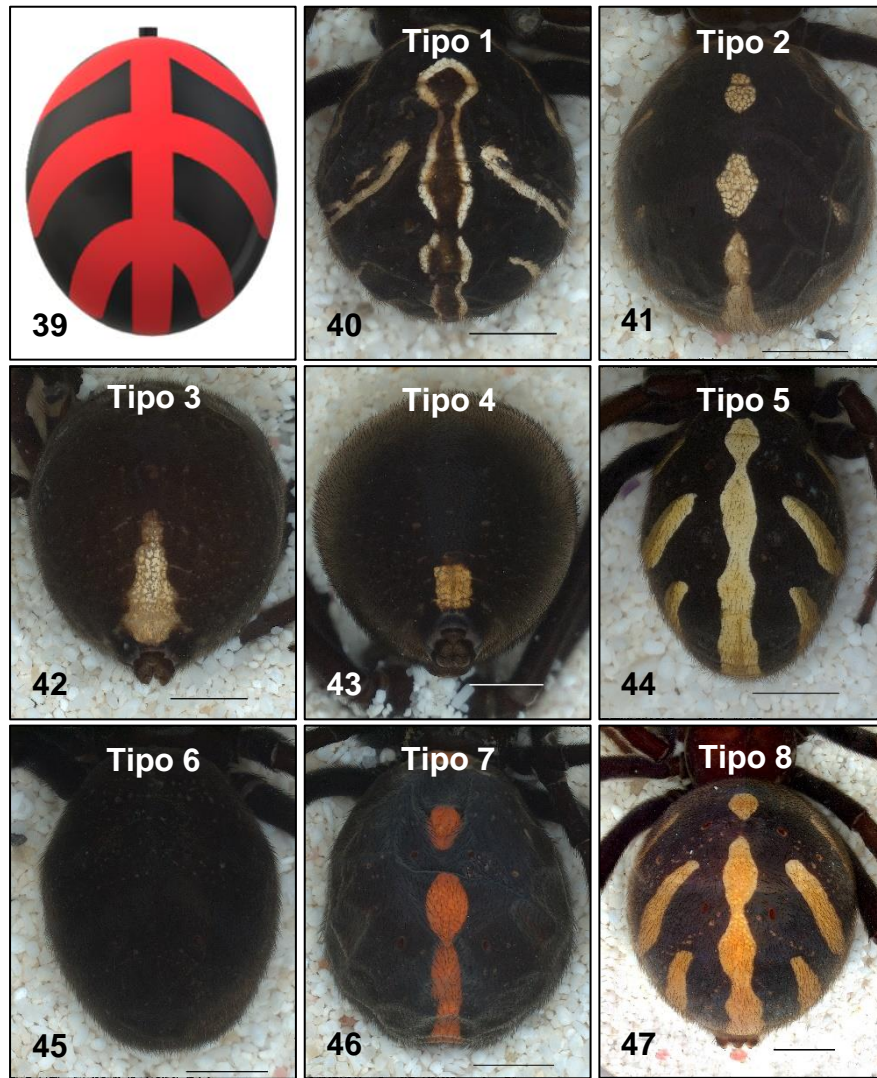


Figura 38. Variación de los 11 Tipos de patrones dorsales y ventrales del opistosoma de *L. mactans* reportados para México. Tomado y modificado de Levi (1959).

Los ocho tipos de patrones dorsales de *L. mactans* de México reconocidos en este trabajo se describen a continuación (Cuadro 8). Esta clasificación se basa en la observación de 352 ejemplares pertenecientes a 241 registros, estos ejemplares se encuentran preservados en alcohol etílico (80%), por lo que la coloración roja se perdió o se decoloró con el tiempo como fue explicado con anterioridad:

- **Tipo 1** (Figura 40): Este patrón presenta todas las líneas presentes en el patrón general (Figura 39). Este patrón se caracteriza por contar con una línea blanca como contorno de todas las franjas.

- **Tipo 2** (Figura 41): La línea central del dorso se presenta segmentada en dos manchas en su región frontal, mientras se presenta una mancha continua hacia la región posterior del opistosoma. Tanto las líneas laterales como la frontal, se presentan como pequeñas marcas tenues de color rojo.
- **Tipo 3** (Figura 42): Este patrón se caracteriza por presentar únicamente un segmento de la línea central en la región posterior sobre las hileras, este fragmento de la línea presenta una forma de gota. No se presentan ninguna de las otras líneas dorsales o anteriores en el opistosoma.
- **Tipo 4** (Figura 43): Este patrón es muy parecido al Tipo 3, la diferencia se encuentra en que la mancha presenta una forma rectangular o circular, siendo de menor tamaño.
- **Tipo 5** (Figura 44): Este patrón es parecido al patrón de Tipo 1, pero carece de la línea de contorno blanca.
- **Tipo 6** (Figura 45): En este patrón, el opistosoma carece de alguna marca, siendo totalmente negro.
- **Tipo 7** (Figura 46): Este tipo, presenta la línea central continua, segmentada en el extremo frontal, además de otro punto en el centro donde debería ir la línea horizontal frontal. No se presentan ninguna de las líneas laterales.
- **Tipo 8** (Figura 47): Patrón similar al del Tipo 4, diferenciado por presentar la línea central segmentada en la parte frontal y puede o no presentar la línea horizontal en la región frontal del opistosoma.



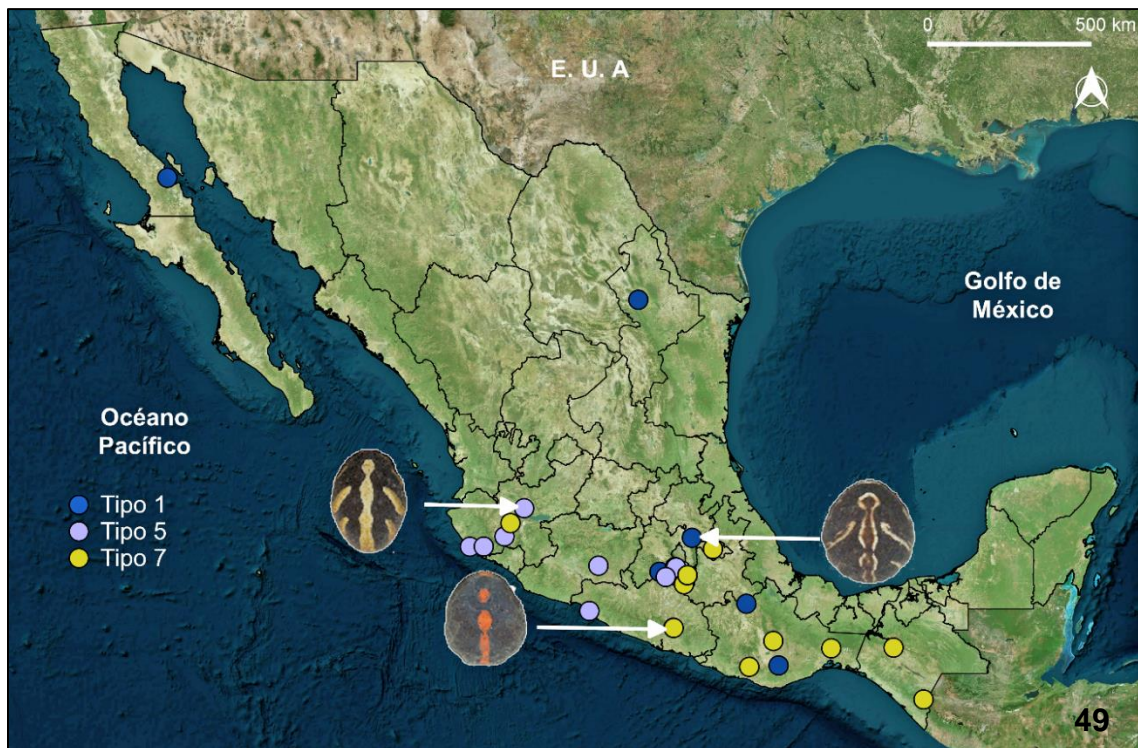
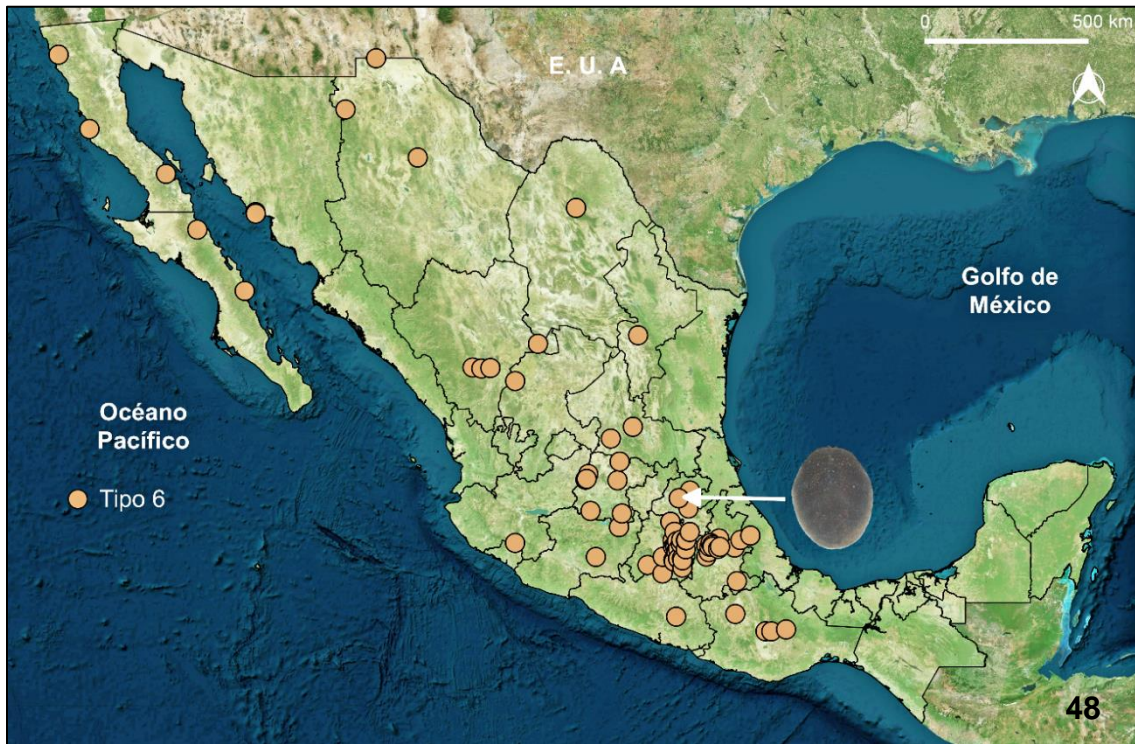
Figuras 39-47. Patrón dorsal general y variación observada en los patrones dorsales del opistosoma pertenecientes a hembras adultas de diferentes poblaciones de *L. mactans* de México. **39)** Patrón dorsal general que abarca los ocho tipos reportados en este trabajo. **40, 41, 44-47)** Vista dorsal del opistosoma. **42, 43)** Vista posterior del opistosoma. Escala: 2mm.

El patrón dorsal del Tipo 6 (Figura 45), es el que presenta el mayor número de ejemplares (144 ejemplares) (Cuadro 8) y la mayor distribución, encontrándose en las poblaciones de los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla,

San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Figura 48; Cuadro 9). Los Tipos de patrones dorsales presentes en el menor número de ejemplares (<20) son los Tipo 1, 5 y 7 (Figura 49), con: 15, 12 y 17 ejemplares respectivamente (Cuadro 8).

Las entidades federativas con la mayor variación en los patrones dorsales de *L. mactans* son Guerrero y Morelos, presentando todos los Tipos de patrón dorsal con excepción del Tipo 4 en ambos casos (Cuadro 9). Cabe mencionar, que los registros de los estados de Aguascalientes, Sinaloa, Tabasco y Yucatán fueron obtenidos de las bases de datos en línea y literatura, por lo que no se logró tipificar algún patrón dorsal para dichas entidades.

La variación de los patrones dorsales puede deberse al número de mudas del ejemplar, ya que con forme mudan los ejemplares van adquiriendo tonalidades más oscuras; además se ha observado que el número de mudas necesarias para que un ejemplar de *L. mactans* alcance la madurez sexual está influenciado, entre otras cosas por la alimentación (Kaston, 1970). La madurez sexual en las hembras de *L. mactans* es alcanzada en la séptima muda, requiriendo una mayor cantidad de mudas cuando el ejemplar ha sido expuesto a la escasez de alimento (Kaston, 1970).



Figuras 48, 49. Registros de los Tipos 1, 5, 6 y 7 de patrón dorsal del opistosoma de *L. mactans* de México. **48)** Tipo 6. Tipo de patrón dorsal del opistosoma con el mayor número de registros. **49)** Tipos 1, 5 y 7. Tipos de patrón dorsal del opistosoma con el menor número de registros (<20).

Cuadro 8. Número de ejemplares hembra de *L. mactans* y número de registros por cada tipo de patrón dorsal. *= patrones dorsales de coloración reconocidos por Levi (1959). **= patrones dorsales reconocidos en este trabajo por primera vez.

Patrón dorsal	Número de registros	Número de ejemplares
Tipo 1**	11	15
Tipo 2*	19	25
Tipo 3**	36	52
Tipo 4*	29	59
Tipo 5*	12	12
Tipo 6*	97	144
Tipo 7*	15	17
Tipo 8*	22	28
Total	241	352

Por lo anterior, algunos ejemplares presentan pequeñas diferencias en sus patrones dorsales entre sí, siendo que pertenecen a la misma localidad y comparten el mismo Tipo de patrón dorsal. Es de suponer que para Levi (1959) estas variaciones fueron suficientes para determinarlas como patrones diferentes, lo cual se observa en los cinco patrones dorsales reportados por este que no fueron documentados en este trabajo (Figura 38).

Cuadro 9. Presencia-ausencia por estado de la República Mexicana de los ocho tipos de patrones dorsales del opistosoma registrados en hembras de *L. mactans*. Estados en negritas representan los que tienen el mayor número de patrones dorsales observados.

Estado	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8
Baja California	*					*		
Baja California Sur						*		
Campeche			*					
Chiapas							*	*
Chihuahua			*	*		*		
Ciudad de México			*			*		
Coahuila						*		
Colima						*		
Durango						*		
Estado de México	*		*	*		*		*
Guanajuato			*	*		*		
Guerrero	*	*	*		*	*	*	*
Hidalgo						*		
Jalisco					*		*	*
Michoacán					*	*		*
Morelos	*	*	*		*	*	*	*
Nayarit		*						
Nuevo León	*	*	*			*		
Oaxaca	*	*	*	*	*	*	*	
Puebla			*	*		*		
Querétaro		*						
Quintana Roo			*					
San Luis Potosí			*	*		*		
Sonora						*		
Tamaulipas			*					
Tlaxcala			*	*		*	*	
Veracruz		*	*	*		*		
Zacatecas						*		



Figuras 50. Registros de los Tipos 2, 3, 4 y 8 del patrón dorsal del opistosoma de *L. mactans* de México.

8.3.2. Variación dorsal del opistosoma de *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841 en México

A pesar de encontrarse ampliamente distribuida en México siendo una especie introducida de Sudáfrica como ya se mencionó (Figura 35), *L. geometricus* presenta poca variación en sus patrones dorsales del opistosoma (Figuras 51-53). En el presente trabajo se reconocen hasta el momento tres tipos diferentes de patrones dorsales observados en 27 ejemplares de hembras adultas, pertenecientes a 24 registros en el país. Los tres patrones dorsales reconocidos presentan sutiles variaciones de un patrón dorsal general de la especie (Figuras 51).

Este patrón general de *L. geometricus* se caracteriza por presentar cuatro pares de puntos oscuros a lo largo del dorso del opistosoma (estos puntos pueden o no estar completos), encontrándose estos en el extremo superior de las cuatro líneas que se extienden a cada lado del opistosoma desde la región ventral (Figuras 51-53). La región dorsal presenta tres manchas alineadas de forma longitudinal en su centro (Figuras 51-53). La mancha más distal del dorso puede o no estar conectada con una línea que se extiende hacia la parte posterior del opistosoma hasta la parte superior de las hileras (Figuras 52, 53, flechas).

- **Tipo 1** (Figura 51): Patrón dorsal caracterizado por presentarse principalmente en ejemplares de coloración corporal café oscuro, rara vez se presenta en ejemplares de tonalidades claras. Este patrón dorsal se diferencia del general de la especie, por no contar con la línea posterior a las tres manchas dorsales, además de presentar delgadas líneas claras segmentadas que cruzan de forma transversal el opistosoma. Tanto las manchas dorsales, como las líneas laterales y posterior, se presentan contorneadas por una delgada línea blanca o tonos claros de café
- **Tipo 2** (Figura 52): Este patrón dorsal presenta todas las líneas, puntos y manchas del patrón general de la especie. La característica del patrón Tipo 2 radica en que el espacio entre las manchas, líneas y puntos del opistosoma se encuentra relleno por pequeñas manchas, generalmente del mismo

color que las líneas dorsales. Tanto las manchas dorsales como las líneas se encuentran contorneadas por una línea delgada de tonos más oscuros (generalmente café). Este patrón puede presentar variación en las tonalidades, presentándose en algunos ejemplares un aspecto general más oscuro.

- **Tipo 3** (Figuras 53): Este patrón dorsal es similar al Tipo 2, diferenciándose únicamente por presentar una coloración café continua en el espacio entre las manchas dorsales y líneas laterales. Al igual que los dos Tipos anteriores, la tonalidad general del patrón puede variar.

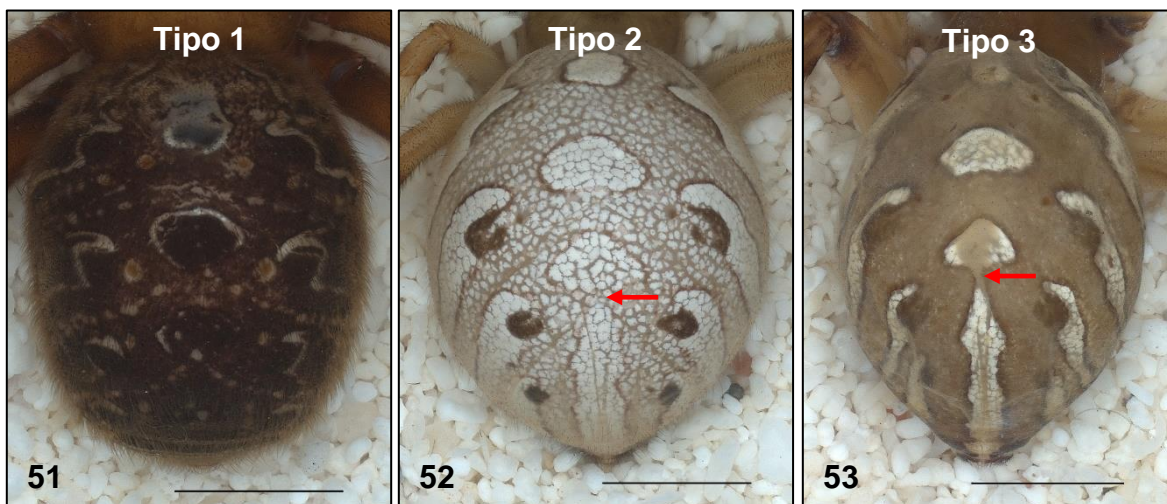


Figura 51-53. Variación observada en los patrones dorsales del opistosoma de hembras pertenecientes a diferentes poblaciones de *L. geometricus* de México. Flechas indican la unión de la tercera mancha con la línea posterior Escala: 2 mm.

El patrón dorsal con mayor distribución de *L. geometricus* de México es el de Tipo 1, presente en las poblaciones de Aguascalientes, Coahuila, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala (Figura 54; Cuadro 10; ver Suplemento). De forma contraria, el patrón dorsal del Tipo 2 es el que menor distribución presenta, encontrándose en las poblaciones de Chiapas, Guerrero y Oaxaca (Figura 54; Cuadro 10; ver Suplemento).

Como ya se ha mencionado, los tres patrones dorsales de *L. geometricus* pueden variar en la tonalidad general del opistosoma, siendo esta variación de tonalidad constante en las poblaciones, por lo que podría estar influenciada por factores ambientales o por la alimentación como se ha observado en otras arañas, tal es el caso de las especies del género *Loxosceles* (Vetter, 2015).

Cuadro 10. Presencia-ausencia por estado de los tres tipos de patrones dorsales del opistosoma en hembras de *L. geometricus*. Estados en negritas representan los que tienen el mayor número de patrones dorsales observados.

Estado	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Aguascalientes	*		
Chiapas		*	
Coahuila	*		
Colima	*		
Guerrero		*	*
Jalisco	*		*
Michoacán	*		
Morelos	*		*
Nayarit	*		
Nuevo León	*		
Oaxaca	*	*	
Puebla	*		
San Luis Potosí			*
Tlaxcala	*		



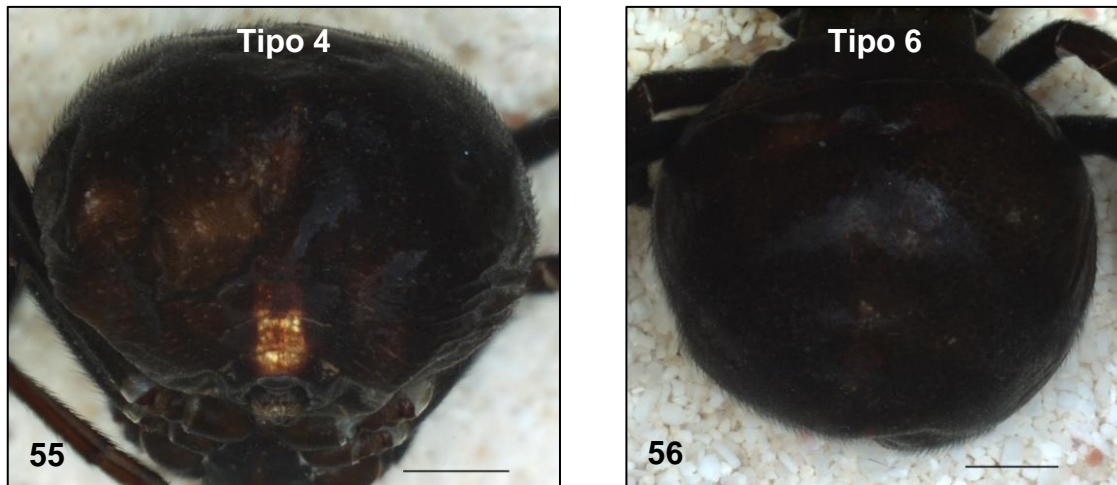
Figura 54. Registros y distribución de tres Tipos de patrón dorsal del opistosoma de *L. geometricus* de México.

8.3.3. Variación dorsal del opistosoma de *Latrodectus hesperus* Chamberlin e Ivie, 1935 en México

A diferencia de lo mencionado por Chamberlin e Ivie (1935), donde se menciona que *L. hesperus* no presenta ningún patrón dorsal, siendo el opistosoma completamente negro (Figura 56). En este trabajo se presentan dos tipos de patrones dorsales, en el que uno de estos sí presenta una marca de color rojo intenso en el dorso del opistosoma (Figura 55).

El material revisado para la determinación de los tipos de patrón dorsal de *L. hesperus* consta de cinco hembras adultas pertenecientes a registros de cuatro estados de la República Mexicana (Cuadro 11). Los dos tipos de patrones dorsales observados en *L. hesperus*, corresponden de manera similar a los Tipos 4 y 6 de *L. mactans* (Figuras 43, 45).

- **Tipo 4** (Figura 55): Patrón dorsal caracterizado por presentar una única marca roja, generalmente rectangular u ovalada en la región posterior del opistosoma sobre las hileras.
- **Tipo 6** (Figura 56): Patrón dorsal en el que no se presentan marcas rojas, siendo el opistosoma totalmente negro.



Figuras 55, 56. Variación observada en los patrones dorsales del opistosoma de *L. hesperus* de México. Estos patrones corresponden a los patrones dorsales Tipos 6 y 4 encontrados en *L. mactans*.43) Tipo 4. 45) Tipo 6. 55) Vista posterior del opistosoma. 56) Vista dorsal del opistosoma. Escala: 2 mm.

El patrón dorsal con mayor distribución hasta ahora en las poblaciones de *L. hesperus* analizadas, es el patrón Tipo 6 (Figura 57), presentándose en los ejemplares pertenecientes a los estados de Baja California Sur, Chihuahua y Coahuila (Figura 57; Cuadro 11). El patrón Tipo 4 (Figura 56) únicamente se encontró en el ejemplar perteneciente al estado de Hidalgo (Figura 57; Cuadro 11).

Cuadro 11. Tabla de presencia-ausencia por estado de los dos tipos de patrones dorsales del opistosoma en hembras de *L. hesperus*. *= nuevo tipo de patrón dorsal registrado para *L. hesperus* de México. **= patrón dorsal reconocido por Chamberlin e Ivie (1935) para *L. hesperus*.

Estado	Tipo 4*	Tipo 6**
Baja California Sur		*
Chihuahua		*
Coahuila		*
Hidalgo	*	



Figura 57. Registros y distribución de los Tipos de patrones dorsales del opistosoma de *L. hesperus* de México.

Hasta el momento, *L. hesperus* es la especie de México del género *Latrodectus* que presenta la menor variación en el patrón dorsal del opistosoma debido probablemente a los pocos eventos de recolecta que hay para la especie en territorio nacional. Sin embargo, conforme se aumente el número de registros de

esta especie en el país, se podrá realizar un análisis a más detalle de la variación de coloración del opistosoma y poder establecer si presenta el mismo grado de variación observada en *L. mactans*, ya que con solo cinco ejemplares resulta difícil analizar su variación intraespecífica.

8.3.4. Variación del patrón “reloj de arena” del opistosoma del género *Latrodectus* en México

El patrón ventral del opistosoma en forma de “reloj de arena” rojo es un rasgo característico que permite la fácil identificación de las especies del género *Latrodectus* en México, sirviendo en algún momento en la taxonomía del género, como un carácter de identificación a nivel de especie y subespecie (Cuadro 1) (Chamberlin e Ivie, 1935; Levi, 1959; Kaston, 1970). Desafortunadamente, este patrón ventral no es constante y uniforme, presentando amplio grado de variación, por lo cual en la actualidad ya no se usa como carácter de identificación a nivel de especie.

De las tres especies del género *Latrodectus* registradas para México, el patrón de “reloj de arena” de *L. mactans* es el que presenta la mayor variación, registrándose hasta ahora 40 patrones diferentes, esto sin contar la ausencia total del patrón (Figura 58). Lo anterior aumenta de manera considerable los 12 patrones ventrales reportados por Levi (1959) (Figura 38).

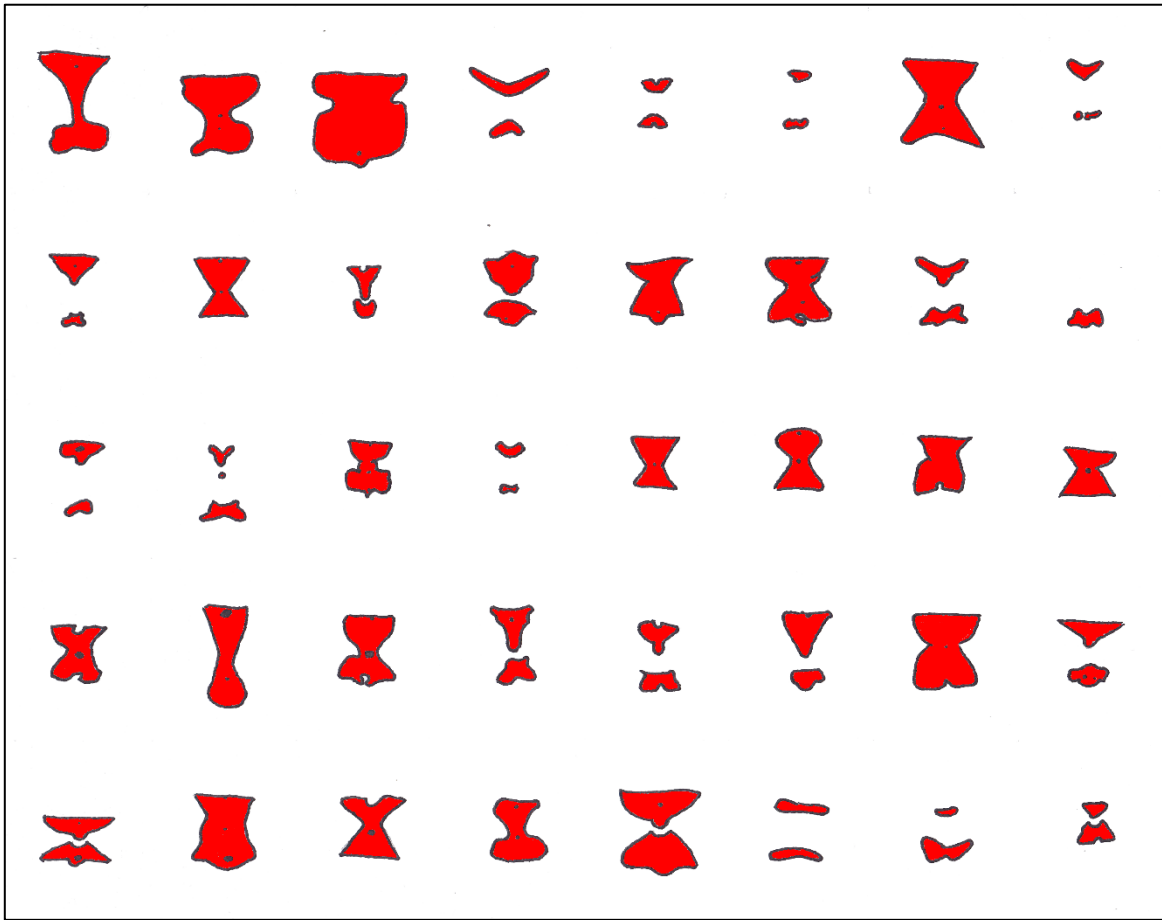
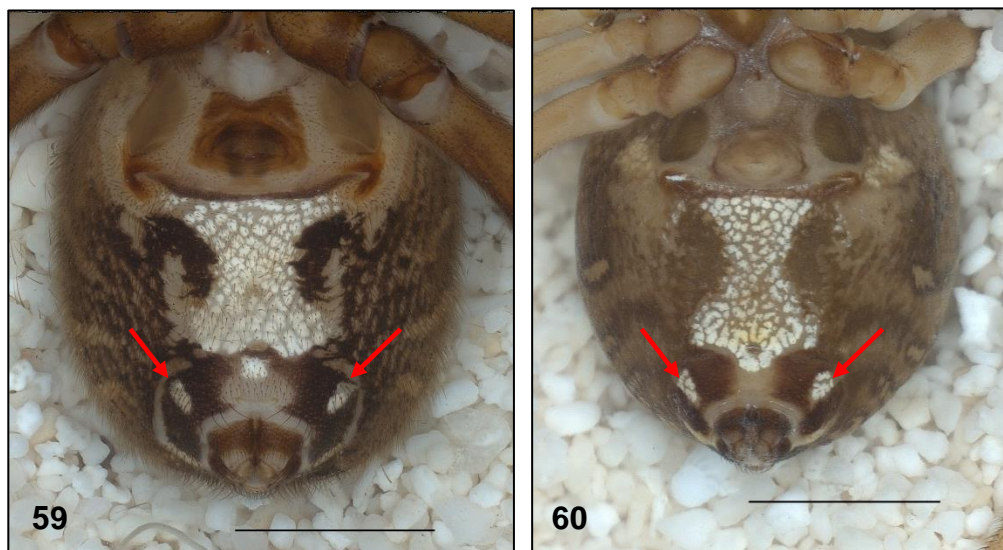


Figura 58. Variación observada del patrón ventral del opistosoma en forma de “reloj de arena” en ejemplares hembra de *L. mactans* de México.

Al igual que el patrón dorsal del opistosoma de *L. mactans*, la ausencia del “reloj de arena” es el que se presenta en el mayor número de ejemplares revisados. A pesar de esto, esta variación del patrón ventral no parece estar relacionada directamente de alguna forma con los patrones dorsales. En los ejemplares recolectados en las Grutas de Tolantongo, Hidalgo, en el 2019 (Cuadro 2); todos los ejemplares presentaban el mismo patrón dorsal (Tipo 6) (Figura 45), pero diferentes patrones ventrales, encontrando algunos ejemplares con el reloj completo, partido, sólo una región o completamente ausente (Figura 58).

De manera contraria, *L. geometricus* presenta el patrón ventral del opistosoma sin variación considerable, siempre completo, generalmente de color rojo o naranja, en todos los ejemplares se presentan un par de marcas a cada lado del patrón ventral entre este y las hileras (Figuras 59, 60, flechas).



Figuras 59, 60. Variación del patrón de “reloj de arena” en hembras adultas de *L. geometricus* de México. Flechas rojas señalan la marca blanca a cada lado del “reloj de arena” característico de *L. geometricus*. Escala: 2mm.

En el caso de *L. hesperus*, el limitado material revisado, no permite analizar la variación del “reloj de arena”, encontrando únicamente ejemplares con el patrón completo y ejemplares con la ausencia total del mismo. Chamberlin e Ivie (1935) mencionan que esta especie presenta una amplia variedad de patrones ventrales, siendo generalmente la ausencia el más común al igual que en *L. mactans* como se discutió anteriormente.

Posiblemente, la variación en el patrón ventral del opistosoma en las dos especies nativas del género *Latrodectus* de México, al igual que la variación del

patrón dorsal, esté relacionado con el número de mudas y de factores ambientales (Kaston, 1970).

8.4. Variación morfológica de los caracteres diagnósticos del género *Latrodectus* de México

Actualmente, la determinación de especies del género *Latrodectus* se realiza como comúnmente se hace con el resto de las arañas, es decir, utilizando la taxonomía tradicional que hace uso de caracteres sexuales primarios (epiginio y pedipalpo) y patrones de coloración del opistosoma, sin embargo, estos caracteres no siempre son confiables debido al amplio grado de variación (Levi, 1959; Levi y Randolph, 1975; Levy y Amitai, 1983; Levy, 1998; Ubick *et al.*, 2005). A diferencia de *L. geometricus* que presenta caracteres diagnósticos más conservados tanto en sus estructuras sexuales y somáticas (ej. el patrón dorsal del opistosoma (Figuras 51-53) y el ángulo de las espermatecas en el epiginio de las hembras (Figuras 69-71)), las dos especies nativas de México (*L. mactans* y *L. hesperus*) presentan un solapamiento de caracteres en estructuras sexuales y somáticas debido a su gran variabilidad (Figuras 63-68).

Además de que *L. geometricus* presenta poca variación en el patrón dorsal del opistosoma, las hembras presentan siempre el patrón dorsal general antes mencionado (Figuras 51-53). Otro carácter diagnóstico de esta especie se localiza en las patas, las cuales se encuentran bandeadas de tonos oscuros en las uniones distales de todos los artejos o segmentos con excepción de la coxa y el trocánter (esta coloración suele extenderse hasta el extremo próximo del siguiente artejo), siendo la patela completamente oscura (Figura 61). Este carácter diagnóstico únicamente aplica para las hembras de *L. geometricus*, ya que los machos de las tres especies del género *Latrodectus* presentes en México cuentan con esta característica (Figuras 72, 75, 78).

Como ya se ha mencionado, *L. geometricus* filogenéticamente pertenece al clado *geometricus* (Garb *et al.*, 2004). Este clado se caracteriza por presentar las

espermatecas casi paralelas (Figuras 69-71, líneas punteadas). Por su parte, las especies nativas (*L. mactans* y *L. hesperus*) pertenecen al clado *mactans*, este clado se diferencia por presentar las espermatecas de tal forma en que los lóbulos inferiores se encuentran más cercanos entre sí que los superiores (Figuras 63-68, líneas punteadas), lo que Garb y colaboradores denominaron en posición “V”.

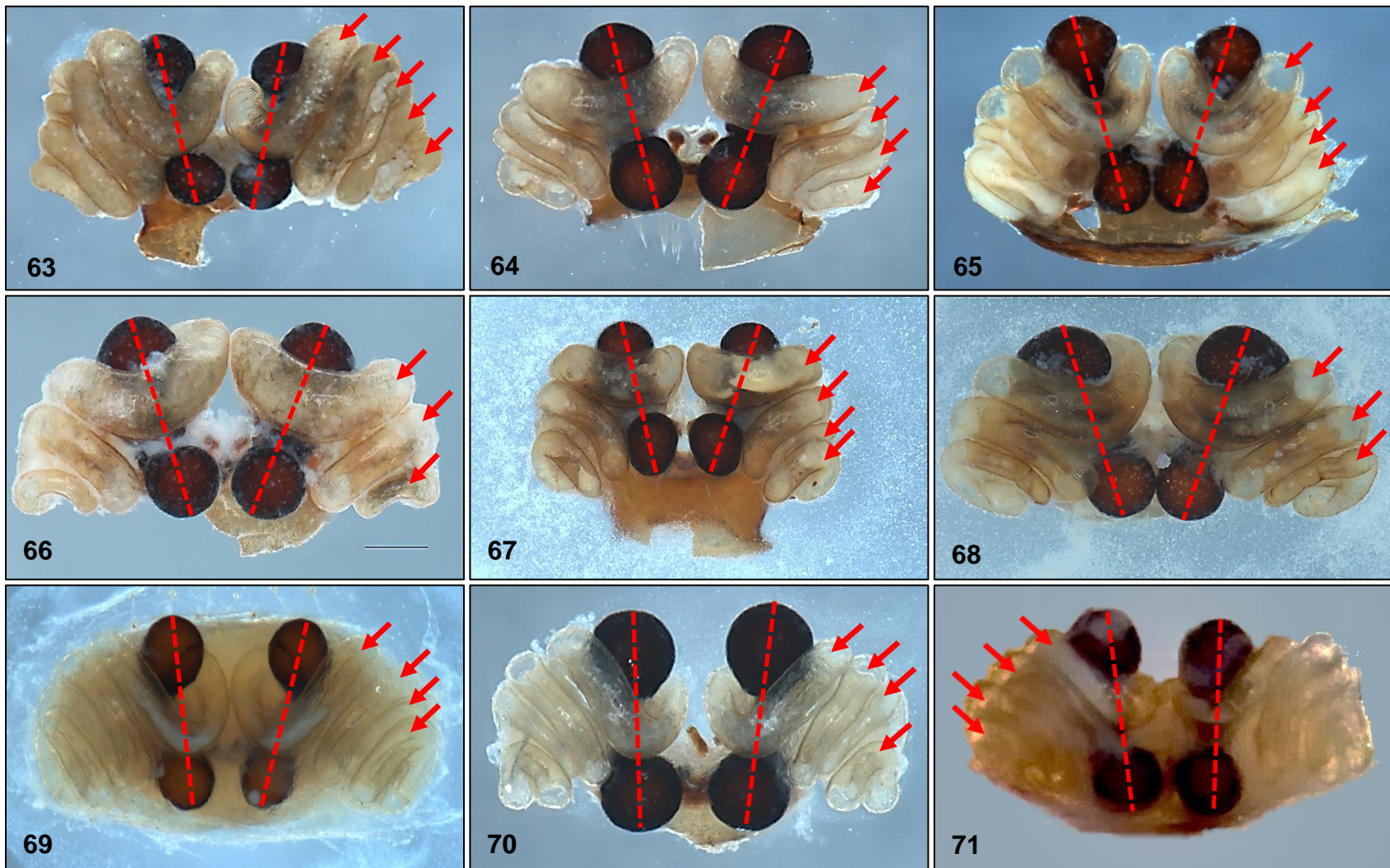


Figuras 61, 62. Ejemplares adultos hembras del género *Latrodectus* donde se puede observar la coloración del cuerpo y patas. **61)** *L. geometricus*. **62)** *L. mactans*. Fotos tomadas por Jared L. R.

Tanto *L. mactans* como *L. hesperus* presentan caracteres en estructuras somáticas y sexuales muy similares, lo que ha dificultado la identificación de los ejemplares de *L. hesperus*, siendo el registro de Jiménez *et al.* (2015) el primero bien documentado para el país.

Las dos especies del género *Latrodectus* nativas de México presentan un opistosoma completamente negro que puede presentar una marca roja en la región distal del dorso (Figura 62). Además, la morfología de las estructuras sexuales internas de las hembras (forma de las espermatecas) de *L. mactans* presenta una amplia variación, presentando cuatro o cinco vueltas del ducto copulador en ángulos igual de variados (Figuras 63-65). Los ejemplares de *L. hesperus* hembras revisados en este trabajo (ver Suplemento) presentan epiginios con el ducto

copulador acomodado en tres y cuatro vueltas (Figuras 66-68), esto concuerda con la descripción de la especie realizada por Chamberlin e Ivie (1935), el trabajo de Kaston (1970) y el registro para Israel realizado por Levy y Amitai (1983). Es importante mencionar que, debido a este solapamiento de caracteres (lo que dificulta la identificación de las hembras de *L. hesperus*) Desales-Lara *et al.* (2018) realiza el registro de esta especie para Coahuila únicamente con machos (Valdez-Mondragón, com. pers.).



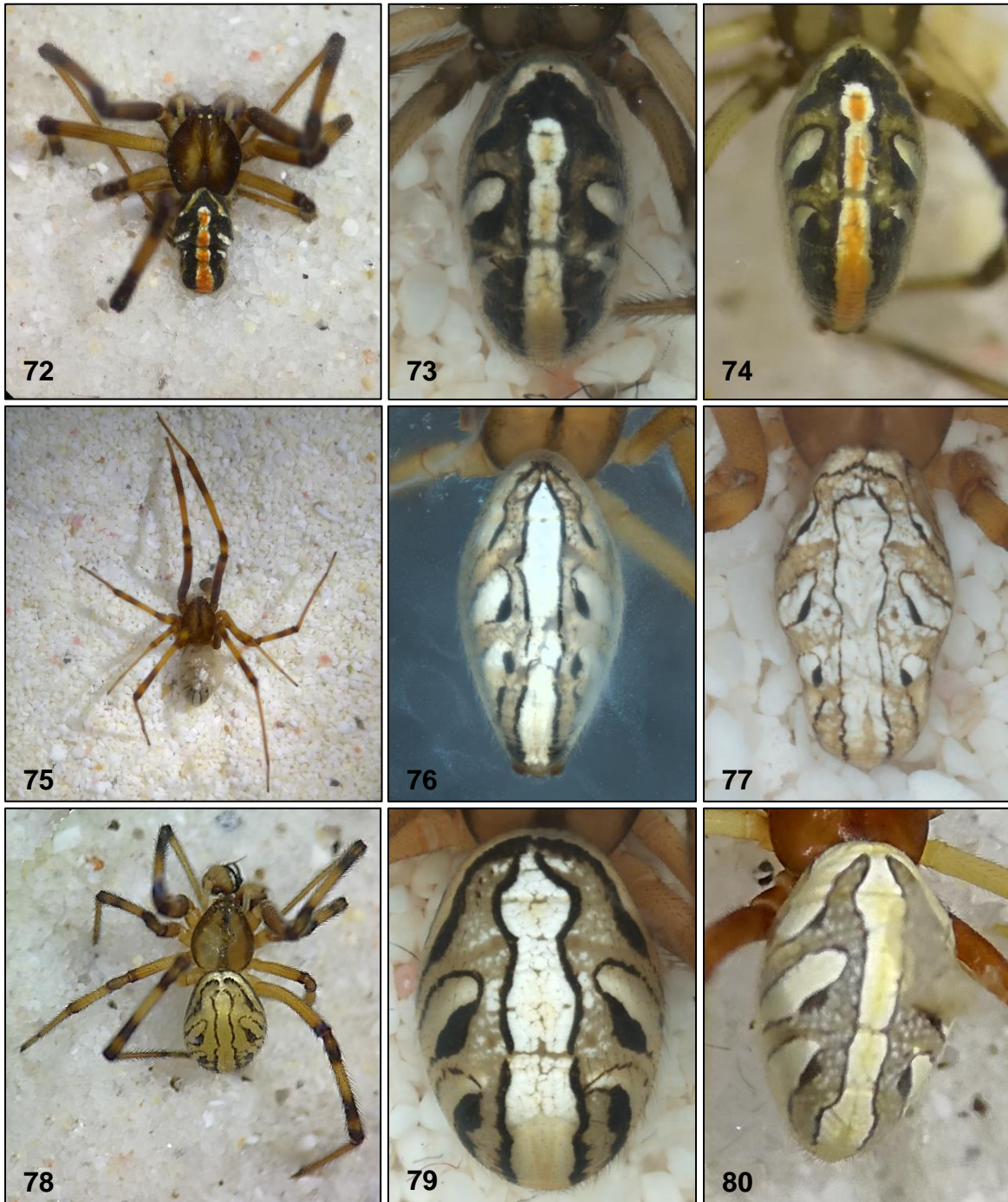
Figuras 63-71. Vista ventral de los epiginios de las tres especies de arañas del género *Latrodectus* que se distribuyen en México. **63-65)** *L. mactans*. **66-68)** *L. hesperus*. **69-71)** *L. geometricus*. Flechas señalan las vueltas del ducto copulador. Líneas punteadas señalan el ángulo de las espermatecas entre sí. Escala: 0.5mm.

En el caso de los machos de las tres especies de *Latrodectus* de México, presentan patrones dorsales similares, parecido al patrón dorsal general de las hembras adultas de *L. geometricus* (Figuras 72-80). Estos patrones dorsales presentan dos pares de puntos medios en la región dorsal del opistosoma (estos corresponden a los puntos medios del patrón de las hembras de *L. geometricus*), con sus respectivas líneas laterales que se extienden hacia la región ventral del opistosoma (Figuras 72-80). Además, los machos presentan una línea horizontal en la región frontal del opistosoma sobre el pedicelo, la cual presenta un ensanchamiento en la línea de contorno en la región que corresponde al primer par de puntos dorsales del patrón general de *L. geometricus* (Figuras 72-80).

Las tres manchas dorsales que se encuentran alineadas en la región central del opistosoma de las hembras de *L. geometricus*, en los machos de las tres especies se encuentran unidas formando una línea continua que se extiende desde a línea horizontal frontal hasta las hileras, en algunos casos, esta línea puede encontrarse segmentada en la parte anterior permaneciendo aislada la primera mancha (Figuras 72-80). Además, esta línea puede o no estar conectada a la línea horizontal en la región anterior. Al igual que en las hembras de *L. geometricus*, todas las líneas y manchas se encuentran contorneadas por una línea más oscura (Figuras 72-80).

A pesar de que los machos de las tres especies de *Latrodectus* de México presentan un patrón de coloración similar en la región dorsal de opistosoma, la variación interespecífica de este radica en la coloración del espacio entre los puntos y líneas.

Los machos de *L. geometricus* presentan tonalidades de color café o gris (Figuras 78-80), mientras que en los ejemplares de *L. mactans* este espacio se encuentra en tonos de café oscuro o negro (Figuras 72-74) y los machos de *L. hesperus* presentan tonalidades de café claro o crema (Figura 75-776}). Además, los machos de *L. mactans* generalmente presentan tonalidades rojizas en la línea media del opistosoma (Figuras 72-74).

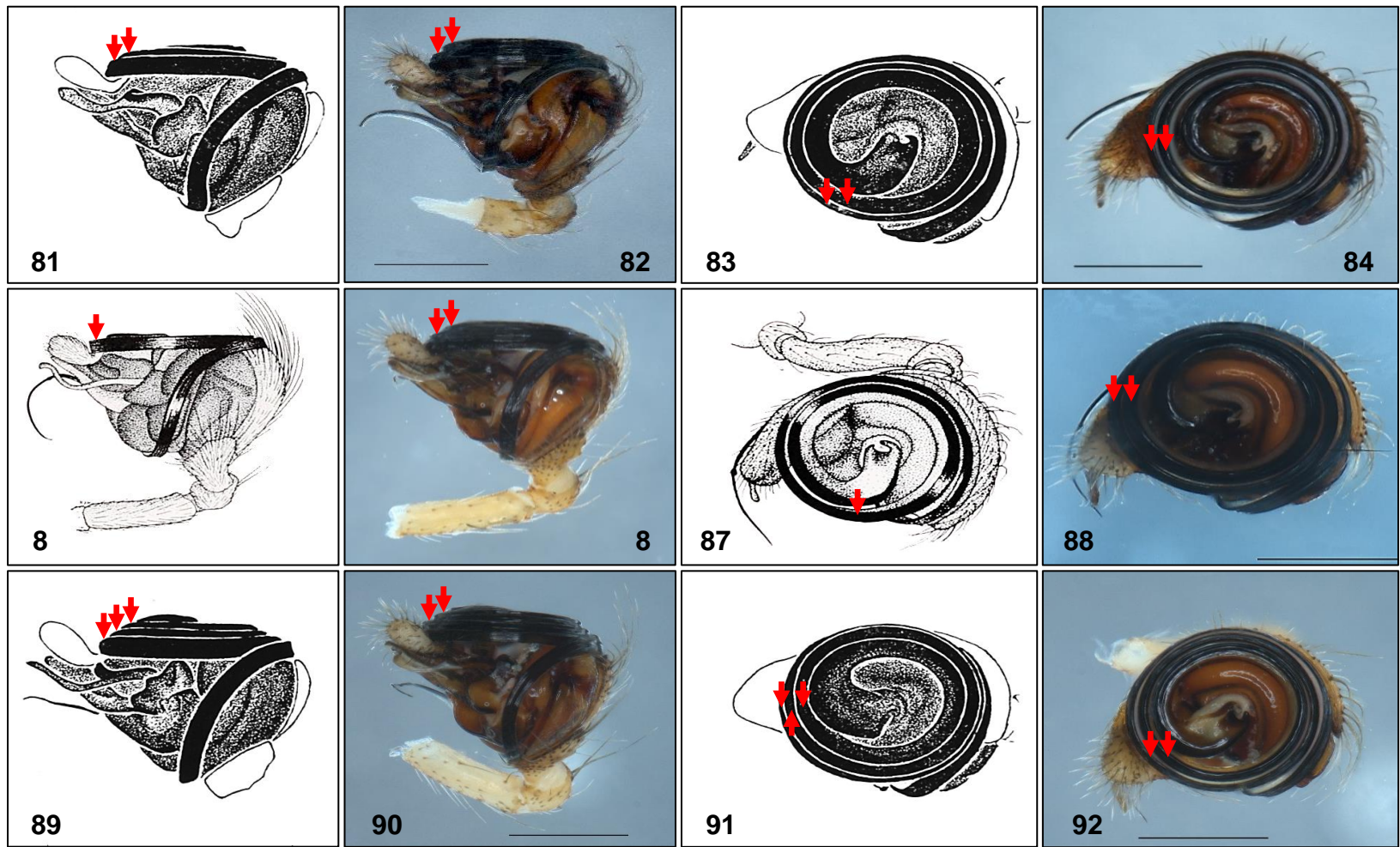


Figuras 72-80. Variación de los patrones dorsales del opistosoma de los machos de las tres especies del género *Latrodectus* de México. **72-74)** *L. mactans*. **75-77)** *L. hesperus*. **78-80)** *L. geometricus*. **72, 75, 78)** Hábitus dorsal donde se puede observar las patas bandeadas.

El carácter de las estructuras sexuales de los machos del género *Latrodectus* que es utilizado en las claves de identificación a nivel de especie están basados en el número de vueltas del embolo (Levi, 1959; Kaston, 1970). Según la literatura, el embolo del pedipalpo de *L. mactans* presenta dos vueltas (Figuras 81, 83, flechas), el de *L. geometricus* cuenta con tres vueltas (Figuras 89, 91, flechas); y el esquema del pedipalpo del macho tipo de *L. hesperus* dibujado por Kaston (1970) presenta únicamente una vuelta (Figura 85, 87, flechas,). Todos los ejemplares revisados en este trabajo presentaron el embolo del pedipalpo con dos vueltas sin importar la especie (Figuras 82, 84, 86, 88, 90, 92). Por lo anterior, el número de vueltas del embolo no es un carácter útil en la identificación y delimitación de las tres especies de México.

Es importante mencionar que, a pesar de no ser un carácter morfológico del ejemplar en sí, los ovisacos son caracteres útiles al momento de la determinación para algunas de las especies del género *Latrodectus*. Los ovisacos de *L. geometricus* presentan una forma redonda con proyecciones en forma de espinas (Figura 95). Los ovisacos de *L. mactans* son piriformes, compuestos por varias capas de seda, lo que les da una apariencia rígida (Figura 93). De forma contraria, los ovisacos de *L. hesperus* son redondos, estos están contruidos por pocas capas de seda por lo que los huevos pueden observarse a contraluz además de presentar una apariencia blanda o esponjosa (Figura 94).

Tanto los ovisacos de *L. mactans* como los de *L. geometricus* pueden presentar una coloración de blanco a amarillo, esto está relacionado con la antigüedad del ovisaco siendo blancos cuando son recientes y adquiriendo tonalidades amarillentas con el tiempo. Actualmente, se desconoce si este mismo cambio de coloración ocurre en lo ovisacos de *L. hesperus*, ya que el único observado en este trabajo fue registrado y fotografiado en campo (Figura 94), perteneciente a un ejemplar de Baja California Sur (ver Suplemento), el cual no fue recolectado junto con el ejemplar.



Figuras 81-92 Comparación del número de vueltas del émbolo de las estructuras reproductoras de los machos (pedipalpos) de las tres especies de arañas del género *Latrodectus* de México. **81-84)** *L. mactans*. **85-88)** *L. hesperus*. **89-92)** *L. geometricus*. **81, 83)** Esquema del pedipalpo de *L. mactans*. Tomado y modificado de Levi (1959). **85, 87)** Esquema del pedipalpo de *L. hesperus*. Tomado y modificado de Kaston (1970). **89, 91)** Esquema del pedipalpo de *L. geometricus*. Tomado y modificado de Levi (1959). Escala: 0.5mm.



Figuras 93-95. Morfología externa de los ovisacos de las tres especies de arañas del género *Latrodectus* de México. **93)** Ovisaco de *L. mactans*. **94)** Ovisaco de *L. hesperus*. Foto tomada por M. Cortez-Roldán. **95)** Ovisaco de *L. geometricus*. Foto tomada por Jared L. R.

9. CONCLUSIONES

- La gran capacidad de adaptación de las especies del género *Latrodectus* de México, les ha permitido establecerse en distintos ambientes naturales y antropizados, presentando una amplia distribución en el país.
- El Modelaje de Nicho Ecológico mostró que las condiciones medioambientales más importantes en la distribución del género *Latrodectus* en México, son el tipo de vegetación y uso de suelo (pastizales, matorral, bosque de pino-encino y zonas urbanas), las provincias biogeográficas, altitud, precipitación estacional y la temperatura mínima del mes más frío.
- Los patrones de coloración de *L. mactans* presentan una amplia variación, de los cuales algunos son similares a los patrones de *L. hesperus*, dificultando su identificación. En contraparte, *L. geometricus* presenta patrones de coloración característicos de la especie, además de presentar una menor variación.
- A pesar de ser arañas enteléginas y contar con estructuras sexuales complejas, estas no nos brindan una herramienta totalmente confiable para la identificación de las especies del género *Latrodectus* nativas de México, debido a la variación en estructuras taxonómicamente importantes como epiginios en hembras y pedipalpos en machos, dificultando la identificación con base en caracteres morfológicos.
- Dado que las especies nativas del género *Latrodectus* de México presentan una gran similitud morfológica, es de suponer que la amplia variación de los patrones de coloración del opistosoma, así como de la morfología variable de las estructuras reproductoras de las hembras de *L. mactans*, puede corresponder a un complejo de varias especies. De esta manera, es necesario la implementación de herramientas moleculares (genes mitocondriales) que permitan una correcta delimitación de poblaciones y/o especies de este género en México.

10. REFERENCIAS

- Abalos, J. W. y Baez, E. C., (1967). The Spider Genus *Latrodectus* in Santiago dell Estero, Argentina. In: *Animal Toxins*. Pergamon Press, Oxford, pp. 59-74.
- Aguilera, M. A., D'Elía, G. y Casanueva, M. E., (2009). Revalidation of *Latrodectus thoracicus* Nicolet, 1849 (Araneae: Theridiidae): Biological and phylogenetic antecedents. *Guyana*, 73(2): 161-171.
- Aguilera, M. A., (2016). Delimitación de especies del género *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae) a partir de evidencia molecular y morfológica. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción. Chile. 115 p.
- Andrade, M. C. B., (1996). Risky mate search and male self-sacrifice in redback spiders. *Behavioral Ecology*, 14(4): 531-538.
- Arisqueta-Chablé, C., Pinkus-Rendón, M., Manrique-Saide, P., Delfín, H. y Meléndez, V., (2016). Colección Aracnológica. *Bioagrocencias*, 8(2): 9-15.
- Ballesteros, J. A. y Sharma, P. P., (2019). A Critical Appraisal of the Placement of Xiphosura (Chelicerata) wit Account of Known Sources of Phylogenetic Error. *Systematic Biology*. 68(6): 896-917
- Barreto, P. y Barreto, M., (1994). Arañas. Importancia médica y llave para familias. *Colombia Médica*, 25: 3-12.
- Beccaloni, J., (2009). *Arachnids*. University of California Press. 320 p.
- Bonte, D., de Clerck, N., Zwertvaegher, I. y Lens, L., (2009). Repeatability of dispersal behaviour in a common dwarf spider: evidence for different mechanisms behind short- and long- distance dispersal. *Ecological Entomology*, 34: 271-276.
- Bradley, R., (2013). *Common Spiders of North America*. University of California Press. 271 p.

- Briones-Osorno, (2018). Comparación altitudinal de la diversidad y abundancia de arañas (Arachnida: Araneae) de suelo en dos tipos de vegetación de la zona noreste del Parque Nacional La Malinche (PNLM), Tlaxcala, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. México. 91 p.
- Canals, M., Taucare-Ríos, A., Solís, R. y Moreno, L., (2016). Dimorfismo sexual y morfología funcional de las extremidades de *Loxosceles laeta* (Nicolet, 1849). *Gayana*, 80(2): 161-168.
- Candia-Ramírez, D. T. y Francke, O. F., (2017). Taxonomic revision of the genus *Crassicrus* Reichling & West, 1996 (Araneae: Theraphosidae: Theraphosinae), with the description of additional keels on the embolus. *Journal of Arachnology*, 45: 67-98.
- Castañeda-Gómez, J., Pinkus-Rendón, M., Arisqueta-Chablé, C., Barrera-Pérez, M, Ortiz-Martínez, D. y Manrique-Saide, P., (2012). Nuevos registros del género *Latrodectus* en Yucatán, México. *Revista Biomédica*, 23: 105-111.
- Chamberlin, R. V e Ivie, W., (1935). Th Black Widow Spider and Its Varieties in the United States. *Bulletin of the University of Utah*, 25(8): 1-29.
- Coddington, J. y Colwell, R., (2001). Arachnids. *Encyclopedia of Biodiversity*, 1: 199-218.
- Coddington, J. y Levi, H., (1991). Systematics and evolution of spiders. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22: 565–592.
- CONABIO, (2019). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, en línea en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>, consulta (4/06/2019).
- Corcuera, P. y Jiménez, M. L., (2007). Las arañas de México. *Ciencia*, 58(1): 58-63.
- Cortez-Roldán, M., (2018). Arañas de Importancia Médica: Distribución y modelaje de nicho ecológico de las especies de arañas violinista del género *Loxosceles*

- Heineken y Love, 1832 (Araneae, Sicariidae) de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. México. 82 p.
- del Toro, M., (1992). *Arañas de Chiapas*. Universidad Autónoma de Chiapas. 297 p
- Desales-Lara, M. A., (2014). Araneofauna (Arachnida: Araneae) del Estado de México, México. *Acta Zoológica Mexicana (n. s)*, 30(2): 298-320.
- Desales-Lara, M. A., Jiménez, M. L. y Corcuera, P., (2018) Nuevos registros de arañas (Arachnida: Araneae) para México y listado actualizado de la araneofauna del estado de Coahuila. *Acta Zoológica Mexicana (n. s)*, 34(1): 50-63.
- Durán-Barrón, C. G., (2000). Estudio Faunístico de la Familia Theridiidae (Arachnida: Araneae); en la Selva Baja Caducifolia del Sur de Jalisco (Mpio. El Limón), México. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Iztacala, Universidad Autónoma de México. 112p.
- Durán-Barrón, C. G., (2004). Arañas de la Familia Theridiidae Sundevall 1833 (Arachnida: Araneae) de la Estación de Biológica Chamela (pp. 1-14) En: García Aldrete, A.N., R. Ayala Barajas (Eds.). *Artrópodos de Chamela*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Durán-Barrón, C. G., Francke, O. F. y Pérez-Ortiz, T. M., (2009). Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) asociadas con viviendas de la ciudad de México (Zona Metropolitana). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 55-69.
- Espinosa, D. *et al.*, (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural (pp. 33-65) En: *Capital natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.
- Fick, S. E. y Hijmans, R. J., (2017). Worldclim2: New 1-km spatial resolution climate surface for global land areas. <http://worldclim.org/version2>.

- Francke, O. F., (2014). Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista mexicana de Biodiversidad*, 85: 408-418.
- Foelix, R. F., (2011). *Biology of Spiders* (Tercera edición). Oxford University Press. Nueva York. 419 p.
- Galante, P. J., Alade, B., Muscarella, R., Jansa, S. A., Goodman, S. M. y Anderson, R. P., (2018). The challenge of modeling niches and distributions for data-poor species: a comprehensive approach to model complexity. *Ecography*, 41: 726-736.
- Garb, J. E., Gonzáles, A. y Gillespie, R. G., (2004). The black widow spider *Latrodectus* (Araneae; Theridiidae): phylogeny, biogeography, and invasion history. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 31: 1127-1142.
- GBIF.org, (2019). GBIF Home Page. Disponible en: <https://www.gbif.org> (19/02/2019).
- Gburek, T., (2014). Plasticity of the hourglass in female black widow spiders (*Latrodectus hesperus*): urban ecological variation, condition-dependence and adaptative function. Tesis de Maestría en Ciencias. Arizona State University. 102 pp.
- Giribet, G., Edgecombe, G., Wheeler, W. y Babbitt, C., (2002). Phylogeny and Systematic Position of Opiliones: A Combined Analysis of Chelicerate Relationships Using Morphological and Molecular Data. *Cladistics*, 18: 5-70.
- Grismado, C., Izquierdo, M. y Ramírez, M., (2014). Araneae: Taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias. *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, 3: 55-93.
- Hanberry, B. B., He, H. S. y Dey, D. C., (2012). Sample sizes and model comparison metrics for species distribution models. *Ecological Modelling*, 227: 29-33.

- Hódar, J. y Sánchez-Piñero, F., (2002). Feeding habits of the blackwidow spider *Latrodectus lilianae* (Araneae: Theridiidae) in an arid zone of south-east Spain. *Journal of Zoology*, 257: 101-109.
- Hoffmann, A., (1993). *El maravilloso mundo de los arácnidos*. Fondo De Cultura Económica. USA. 166 p.
- Iloldi-Rangel, P y Escalante, T., (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía*, 3: 7-12.
- INEGI, (2019). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en línea en <https://www.inegi.org.mx/>, consulta (23/04/2019).
- Jiménez, M. L. e Ibarra, G., (2008). Arañas (Arácnidos). en S. Ocegueda y J. Llorente-Bousquets (coords). Catálogo taxonómico de especies de México, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. México, CD1.
- Jiménez, M. L., Nieto-Castañeda, I. G., Correa-Ramírez, M. M. y Palacios-Cardiel, C., (2015). Las arañas de los oasis de la región meridional de la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 319-331.
- Kaslin, J. R., (2013). Distribución actual y potencial de las poblaciones del género *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae) en Ecuador. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Pontifica Universidad Católica del Ecuador. Ecuador 67 p.
- Kaston, B. J., (1970). Comparative Biology of American Black Widow Spiders. *Transactions of the San Diego Society of Natural History*, 16: 33-82.
- Levi, H. W., (1958). Number of species of black-widow spiders (Theridiidae: *Latrodectus*) *Science*, 127: 1055.
- Levi, H. W., (1959). The spider genus *Latrodectus* (Araneae, Theridiidae). *Transactions of the American Microscopical Society*, 78: 7-43.

- Levi, H. W., (1966). The three species of *Latrodectus* (Araneae), found in Israel. *Journal of Zoology*, 150: 427-432.
- Levi, H. W., (1967). Cosmopolitan and Pantropical species of Theridiid spiders (Araneae: Theridiidae). *Pacific Insects*, 9: 175-186.
- Levy, G., (1998). *Fauna Palestina. Arachnida III. Araneae: Theridiidae*. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, 227 p.
- Levy, G. y Amitai, P., (1983). Revision of the Widow-spider genus *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae) in Israel. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 71: 39-63.
- Lozano-Fernandez, J., Tanner, A., Giacornelli, M., Carton, R., Vinther, J., Edgecombe, G. y Pisani, D., (2019). Increasing species sampling in chelicerate genomic-scale datasets provides support for monophyly of Acari and Arachnida. *Nature Communications*, 10, 2295.
- McCrone, J. D. y Levi, H. W., (1964). North American widow spiders of the *Latrodectus caracaviensis* group (Araneae: Theridiidae). *Psyche, Cambridge*, 71: 12-27.
- McLean, Callum, J., Garwood, R. J. y Brassey, C. A., (2018). Sexual dimorphism in the Arachnid orders. *PeerJ*, 6: ISSN 2167-8359.
- Mellic, A., Barrientos, J., Morano, E. y Urones, C., (2015). Orden Araneae. *Revista Ibérica de Aracnología*, 11: 1-13.
- Mendoza, J. y Francke, O., (2017). Systematic revision of *Brachypelma* red-kneed tarantulas (Araneae: Theraphosidae), and the use of DNA barcodes to assist in the identification and conservation of CITES-listed species. *Invertebrate Systematics*, 31: 157-179.
- Mendoza, J. y Francke, O., (2018). Five new cave-dwelling species of *Hemirrhagus* Simon 1903 (Araneae, Theraphosidae, Theraphosinae), with notes on the

- generic distribution and novel morphological features. *Zootaxa*, 4407(4): 451-482.
- Morrone, J., (2004). Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(2): 149-162.
- Morrone, J., (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76(2): 207-252.
- Morrone, J., (2014). Biogeographical regionalisation of the Neotropical Region. *Zootaxa*, 3782(1): 1-110.
- Morrone, J., (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa*, 4277(2): 277-279.
- Monjaraz-Ruedas, R., (2012). Mapas de distribución de arañas de importancia médica del género *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae) para Norteamérica. *Entomología Mexicana*: 110-114.
- Müller, G. J., (1993). Black and Brown widow spider bites in South Africa- a series of 45 cases. *South African Medical Journal*, 83: 399-405.
- Naturalista, CONABIO <http://www.naturalista.mx> .Acceso 19 de febrero de 2019.
- Navarro-Rodríguez, C. I., Ibarra-Núñez, G., Durán-Barrón, C. G. y Cupul-Magaña, F. G. (2016). New records of spiders (Arachnida: Araneae) for the state of Jalisco, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n. s)*, 32(3): 400-403.
- Pickard-Cambridge, F., (1902). On the Spiders of the Genus *Latrodectus*, Walckanaer. *Zoological Society of London*, (1): 247-261, pl. XXVI y XXVII.
- Phillips, S. J. y Dudík, M., (2008). Modeling of species distribution with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161-175.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. and Schapire, R. E., (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.

- QGIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- REDTOX, (2018). Red Toxicológica, en línea en <http://www.redtox.org/>, consulta 20/11/2018).
- Rodríguez-Rodríguez, S., Solís-Catalán, K. P. y Valdez-Mondragón, A., (2015). Diversity and seasonal abundance of anthropogenic spiders (Arachnida: Araneae) in different urban zones of the city of Chilpancingo, Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 962-971.
- Rojo, R., (2004). Las tarántulas de México: pequeños gigantes incomprendidos. CONABIO. *Biodiversitas*, 56: 7-11.
- Salceda-Sánchez, B., Hernández-Hernández, V., Conde-Sánchez, E., Vargas-Olmos, M., López-Cárdenas, J. y Huerta, H., (2017). Nuevos registros de distribución del género *Latrodectus* Walckenaer y *Loxosceles* Heineken y Lowe en México. *Southwestern Entomologist*, 42(2): 575-582.
- Salomon, M., (2011). The natural diet of a polyphagous predator, *Latrodectus hesperus* (Araneae: Theridiidae), over one year. *The Journal of Arachnology*, 39:154-160.
- Secretaría de Salud, (2016). Comportamiento de la intoxicación por veneno de arañas en el estado de México. *Boletín Epidemiológico*, 24(33): 1-8.
- Schultz, D. y Taborsky, M., (2003). Adaptations to anaquatic life may be responsible for the reversed sexual size dimorphism in the water spider, *Argyroneta aquatica*. *Evolutionary Ecology Research*, 5: 105-117.
- Selden P. A., (1996). La historia geológica de las arañas (Araneae). *PaleoEntomología*, 16: 105-112.
- Sharma, P. P., Kaluziak, S. T., Pérez-Porro, A. R., González, V. L., Hormiga, G., Wheeler, W. C. y Giribet, G., (2014). Phylogenomic Interrogation of Arachnida

- Reveals Systemic Conflicts in Phylogenetic Signal. *Molecular Biology and Evolution*, 31(11): 2963- 2984.
- Shultz J. W., (1990). Evolutionary morphology and phylogeny of Arachnida. *Cladistics*, 6: 1-38.
- Shultz J. W., (2007). A phylogenetic analysis of the arachnid orders base on morphological characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 150: 221-265.
- Phillips, S. J., Dudík, M. y Schapire, R. E., [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Disponible en url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Acceso el 2019-11-27.
- Solís-Catalán, K. P. y Rodríguez-Rodríguez, S. E., (2014) Diversidad de Arañas (Arachnida: Araneae) en diferentes grados de urbanización de la ciudad de Chilpancingo, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura, Unidad Académica de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Autónoma de Guerrero. México. 67 p.
- Taucare-Ríos, A., Bizama, G. y Bustamante, R. O., (2016). Using Global and Regional Species Distribution Models (SDM) to Infer the Invasive Stage of *Latrodectus geometricus* (Araneae: Theridiidae) in the Americas. *Environmental Entomology*, 45(6): 1379-1385.
- Ubick, D. P., Cushing, P. y Roth, V. (eds). (2005) *Spiders of North America: an identification manual*. American Arachnological Society. 377 p.
- UNAM, (2018). Portal de Datos Abiertos UNAM. Colecciones Universitarias, en línea en <https://datosabiertos.unam.mx>, consulta (07/06/2018).
- Valdez-Mondragón, A., Cortez-Roldán, M. R., Juárez-Sánchez, A. R., Solís-Catalán, K. P. (2018a) A new species of *Loxosceles* Heineken & Lowe (Araneae, Sicariidae), with updated distribution records and biogeographical comments

- for the species from Mexico, including a new record of *Loxosceles rufescens* (Dufour). *ZooKeys*, 802: 39–66.
- Valdez-Mondragón, A., Cortez-Roldán, M., Juárez-Sánchez, A., Solís-Catalán, K. y Navarro-Rodríguez, I., (2018b). Arañas de Importancia Médica: Arañas violinistas del género *Loxosceles* en México, ¿qué sabemos acerca de su distribución y biología hasta ahora?. *Boletín de la AMXSA*, 2(1): 14-24.
- Valdez-Mondragón, A., Navarro-Rodríguez, C. I., Solís-Catalán, K. P., Cortez-Roldán, M. R. y Juárez-Sánchez, A. R., (2019). Under an integrative taxonomic approach: the description of a new of the genus *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) from Mexico City. *ZooKeys*, 892: 93-133.
- Valdez-Mondragón, A., Mendoza, J. I. y Francke, O. F., (2014). First record of the mygalomorph spider family Paratropididae (Arachnida, Araneae) in North America with the description of a new species of *Paratropis* Simon from México, and with new ultramorphological data for the family. *ZooKeys*, 416: 1-21.
- Vetter, R.S., (2015). The Brown Recluse Spiders. Coronel University Press, Comstock Publishing Associates. USA 186p.
- Wang, B., Dunlop, J. A., Selden, P. A., Garwood, R. J, Shear, W. A, Müller, P. y Lei, X. (2018). Cretaceous arachnid *Chimerarachne yingi* gen. et. sp. nov. illuminates spider origins. *Nature Ecology & Evolution*, 2: 614- 622.
- Wheeler, W. C., Coddington, J. A., Crowley, L. M, Dimitrov, D., Goloboff, P. A., Griswold, C. E., *et al.*, (2017). The spider tree of life: phylogeny of Araneae based on target-gene analyses from an extensive taxon sampling. *Cladistics*, 33: 574-616.
- World Spider Catalog, (2019). Catálogo Mundial de la araña. Museo de Historia Natural de Berna, en línea en <http://World Spider Catalog.nmbe.ch>, versión 20.5, consultado el (02/09/2019).

Xu, X., Liu, F., Cheng, R. C., Chen, J., Xu, X., Zhang, Z., Ono, H., Pham, D. S., Norma-Rashid, Y., Arnedo, M. A., Kunter, M., y Li, D., (2015). Extant primitively segmented spiders have recently diversified from an ancient lineage. *Proceedings Royal Society B*, 282: 2014-2486.

Zavala, T., Díaz, J. G., Sánchez, J. T., Castillo, L., Ruiz, D., y Calderón, L., (2004). Picaduras por alacranes y arañas ponzoñosas de México. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 47(1): 6-12.