



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Análisis morfométrico de estructuras sexuales y somáticas de las especies mexicanas de arañas del género *Loxosceles* Heineken y Lowe (Araneae, Sicariidae) del Centro-Occidente de México

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

Solís Catalán Karen Paulina

**Director.
Dr. Alejandro Valdez Mondragón.**

Tlaxcala, Tlax.

Enero, 2020



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Análisis morfométrico de estructuras sexuales y somáticas de las especies mexicanas de arañas del género *Loxosceles* Heineken y Lowe (Araneae, Sicariidae) del Centro-Occidente de México

T E S I S

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

P r e s e n t a

Solís Catalán Karen Paulina

Comité Tutorial

Dr. Alejandro Valdez Mondragón.
Dr. Atilano Contreras
Dr. Andrés Ramírez
Dr. Arturo Estrada Torres
Dr. Jorge Ayala Berdón

HOJA DE FINANCIAMIENTO

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Aracnología Tlaxcala (LATLAX) del Instituto de Biología de la UNAM sede Tlaxcala, fue financiado por el proyecto de Ciencia Básica CONACyT 2016 No.: 282834, titulado: “Arañas de Importancia Medica: Taxonomía integrativa basada en evidencia molecular y morfológica para la delimitación de las especies de arañas mexicanas de arañas violinistas del género *Loxosceles* Heineken y Lowe (Araneae: Sicariidae)-Etapa 1”.

Cabe mencionar que la Maestría en Ciencias Biológicas del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx) está registrada en el Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional. Padrón Nacional del Posgrado (PNP).



Universidad
Autónoma de
Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas
Coordinación de la División de Ciencias Biológicas
Secretaría de Investigación Científica y Posgrado




**COORDINACIÓN POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
P R E S E N T E**

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del proyecto de tesis que **Karen Paulina Solís Catalán** realiza para la obtención del grado de Maestra en Ciencias Biológicas, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es “**Análisis morfométrico de estructuras sexuales y somáticas de las especies mexicanas de arañas del género *Loxosceles* Heineken y Lowe (Araneae, Sicariidae) del centro de México**”.

Sin otro particular, le enviamos un cordial saludo.


ATENTAMENTE
TLAXCALA, TLAX., 21 DE ENERO 2020



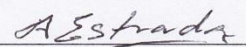
DR. ALEJANDRO VALDEZ MONDRAGÓN




DR. ATILANO CONTRERAS RAMOS



DR. ANDRÉS RAMÍREZ PONCE



DR. ARTURO ESTRADA TORRES



DR. JORGE ISRAEL AYALA BERDÓN



Sistema Institucional de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma:
ISO 9001:2015-NMX-CC-9001-IMNC-2015



AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC) y a la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), por las facilidades otorgadas para cursar mis estudios de maestría, gracias por los conocimientos compartidos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo con la beca número: 855355, para poder realizar mis estudios de maestría en el programa de Maestría en Ciencias Biológicas en la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

A mí comité Tutorial: al Dr. Alejandro Valdez Mondragón, Dr. Andrés Ramírez Ponce, Dr. Atilano Contreras Ramos, Dr. Arturo Estrada Torres, Dr. Jorge I. Ayala Berdón, M. en C. Alejandro Kong Luz, gracias por sus observaciones y aportaciones a este trabajo.

Al Laboratorio de Aracnología (LATLAX) del IBUNAM, sede Tlaxcala, por recibirme y abrirme las puertas y poder ser parte de este proyecto.

Al Instituto de Biología (IBUNAM) y a la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN), especialmente al Dr. Oscar F. Francke Ballvé por el préstamo del material utilizado en este proyecto.

Al Laboratorio de Morfometría del Instituto de Ecología A. C., en especial al Dr. Jorge Guillermo Chollet Villalpando, por sus observaciones, sugerencias y el apoyo brindado con la resolución de las dudas que se generaron durante la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A Mi Mami, gracias por siempre apoyarme en cada uno de mis proyectos, por siempre alentarme a seguir adelante y no darme por vencida, Infinitas gracias mami, simplemente sin tu ayuda no habría podido llegar hasta dónde estoy. ¡¡Te Amo Ma!!

A Mamá, tíos y primos, Por todo el apoyo que me brindaron durante este tiempo que estuve lejos. Gracias por haber estado al pendiente de mi mami, durante este tiempo.

Beto, Gracias por haberme brindado tú apoyo desde el primer día que empezó esta aventura y por haber estado presente a pesar de la distancia, por tu tan famosa palabra “animo”, cada que te platicaba mis angustias.

Migue “Chango”, Gracias por tu amistad de tantos años y por qué siempre me mostraste tu apoyo durante este proceso.

Jhon “Amistad”, Gracias por tu apoyo y tus porras durante todo este tiempo y por haber estado siempre al pendiente de mí.

Isa, Alma y May “Chicas Toxicas”, Gracias por todos los buenos y malos momentos en estos años y por brindarme su amistad en todo momento, Isa gracias por haber sido una buena compañera de casa, y por nuestras escapadas a conocer algunos lugares chidos, Alma gracias por haberme abierto las puertas de tu casa y por todos los ratos agradables, May gracias por el apoyo siempre y por todas las locuras vividas en este tiempo.

José Cruz Valerdi Tlachi “Cuchito” “Dr. Valerdi (†), Gracias por haberme brindado tu amistad, por ser mi compañero “Águila” en el laboratorio y por todo tu apoyo siempre. ¡¡¡Abrazo hasta el infinito!!!

Iván, Luis, Raúl y Saul (amiguitos), Gracias por haberme brindado su amistad en este tiempo y por el apoyo brindado en todo momento a esta foránea de Guerrero.

Al Dr. Alejandro Valdez Mondragón, por haberme abierto las puertas del laboratorio, y permitirme trabajar en este proyecto y ser parte de este increíble grupo, gracias por todas las enseñanzas compartidas.

Al equipo LATLAX por los buenos momentos en el laboratorio.

A mis profesores de la Universidad Autónoma de Guerrero, M en C. Elizabeth Beltrán, M en C. Francisco Maradiaga y al Dr. Alfredo Méndez Bahena, infinitas gracias por todo el apoyo brindado durante este proceso.

Y a todos los que de una u otra manera fueron parte de este proyecto, infinitas gracias.

DEDICATORIA

A mi Mami

Con todo mi amor

RESUMEN

Las arañas del género *Loxosceles* presentan una amplia variación morfológica en estructuras sexuales, que conforman caracteres importantes para la identificación taxonómica de las especies, particularmente el caso de las hembras, lo cual complica su identificación. Esto pone en duda si se tratan de especies con una amplia variación morfológica intraespecífica o interespecífica. Para abordar este problema, se realizó un análisis de variación inter e intraespecífica de estructuras somáticas y sexuales de arañas del género *Loxosceles* del Centro-Occidente de México, utilizando morfometría geométrica y líneal, así como un análisis de dimorfismo sexual en las especies: *Loxosceles colima*, *Loxosceles jaca*, *Loxosceles malintzi*, *Loxosceles misteca*, *Loxosceles* morfo “costa”, *Loxosceles* morfo “quechultenango”, *Loxosceles nahuana*, *Loxosceles* sp. nov., *Loxosceles tenochtitlan*, *Loxosceles tenango* y *Loxosceles zapoteca*. El análisis de morfometría geométrica de la tibia de los pedipalpos de los machos indicó la formación de cuatro grupos con relación a las formas de las tibias, tanto en vista dorsal como en vista retrolateral, además de presentarse alometría positiva (tibias más largas, serán más delgadas y tibias más cortas serán más anchas). El análisis del bulbo y el émbolo mostró que el cambio en la forma se da principalmente en la parte prolateral dorsal del bulbo y el émbolo. El análisis de dimorfismo sexual mediante morfometría geométrica mostró que existen diferencias significativas entre hembras y machos en el patrón dorsal del caparazón en forma de “violín” y en la forma del caparazón. La morfometría líneal, indicó que siete de las once especies analizadas presentaron dimorfismo sexual con relación a la longitud de las patas, siendo los machos los que tienen las patas de mayor longitud en comparación a las hembras. El análisis de las distancias entre los receptáculos seminales de las hembras mostró una amplia variación, lo cual complica su identificación, sin embargo, los pedipalpos de los machos presentan poca o nula variación intraespecífica, útiles para la identificación a nivel de especie.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Diversidad y clasificación de arañas a nivel mundial y en México.....	3
1.2 Diversidad y clasificación del género <i>Loxosceles</i>	5
1.4 Historia taxonómica del género <i>Loxosceles</i> en México.....	12
1.5 Morfología y biología general del género <i>Loxosceles</i>	15
2. ANTECEDENTES	23
2.1 Morfometría líneal y geométrica en Arácnidos	23
2.2 Morfometría línea y geométrica en <i>Loxosceles</i>	25
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
4. HIPÓTESIS.....	27
5. OBJETIVOS.....	28
5.1 Objetivo general.....	28
5.2 Objetivos particulares	28
6. METODOLOGÍA.....	29
6.1 Colecciones científicas.....	29
6.2 Trabajo de campo.....	29
6.3 Observación de especímenes e identificación.....	31
6.4 Fotografías para el análisis de Morfometría Geométrica (MG)	31
6.5 Morfometría geométrica	36
6.6 Morfometría líneal	38
7. RESULTADOS.....	40
7.1 Material biológico analizado	40

7.3 Morfometría Geometría (MG)	41
7.3.1 Análisis de las tibias de los pedipalpos de los machos (vista retrolateral).....	41
7.3.2 Análisis de las tibias de los pedipalpos de los machos en vista dorsal	49
7.3.3 Análisis del bulbo y el émbolo de los pedipalpos de los machos en vista apical.....	56
7.3.4 Análisis del patrón dorsal del caparazón en forma de “violín”	61
7.3.5 Dimorfismo Sexual aplicando MG	70
7.4 Morfometría Líneal (ML)	77
7.4.1 Dimorfismo sexual y variación interespecífica líneal	77
7.4.2 Análisis de los receptáculos seminales de las hembras.....	82
7.5 Taxonomía.....	86
8. DISCUSIÓN.....	87
8.1 Morfometría Geométrica (MG).....	87
8.2 Morfometría Líneal (ML).....	90
9. CONCLUSIONES	95
10. PERSPECTIVAS	96
11. REFERENCIAS	97
12. PUBLICACIONES.....	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies del género <i>Loxosceles</i> registradas en México y los estados donde se distribuyen. *=Especies introducidas.....	13
Cuadro 2. Muestreos de campo realizados para la recolecta de especímenes utilizados para este estudio.....	31
Cuadro 1. Número de individuos de arañas <i>Loxosceles</i> fotografiados para el análisis de morfometría geométrica.....	33
Cuadro 4. Número de fotografías por especie y estructura de hembras y machos, tomadas para morfometría geométrica.....	34
Cuadro 5. Valores de la prueba estadística F de Godall's, para conocer si hay diferencias estadísticamente significativas entre la forma del caparazón de hembras y machos de 10 especies de arañas <i>Loxosceles</i> . N=No. de individuos. ♀=Hembras. ♂=Machos. Valor de F de tablas y P-valor de la prueba de F de Godall's.*=Significanci.....	71
Cuadro 6. Valores de la prueba estadística F de Godall's, para conocer si hay diferencias estadísticamente significativas entre la forma del patrón dorsal del caparazón de hembras y machos de 10 especies de arañas <i>Loxosceles</i> . N=No. de individuos. ♀=Hembras. ♂=Machos. Valor de F de tablas y P-valor de la prueba de F de Godall's.*=Significancia.....	74
Cuadro 7. Medidas lineales promedio de nueve especies de <i>Loxosceles</i> consideradas en este estudio para analizar dimorfismo sexual y variación interespecífica. N=No. de individuos. LF= longitud del fémur. LP1= longitud de la pata uno. LC= longitud del caparazón. AC = ancho del caparazón. LE= largo del esternón. AE=ancho del esternón. ♂=hembras. ♀=machos. Los números en paréntesis son las medidas mínimas y máximas.....	78
Cuadro 8. Medidas lineales promedio de 11 especies de <i>Loxosceles</i> consideradas en este estudio para analizar la distancia de los receptáculos seminales de las hembras. N=No. de individuos. Los números en paréntesis son las medidas mínimas y máximas. -valor de la prueba de T student.....	83
Cuadro 9. Descripción del microhábitat donde fueron recolectados los especímenes de arañas <i>Loxosceles</i> del Centro - Occidente de México, utilizados para este trabajo.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1-2. Registros totales de las especies de *Loxosceles* para los estados de la Región Noreste (1), y Región Noroeste de la República Mexicana (2). BC: Baja California. BCS: Baja California Sur. CHIH: Chihuahua. DGO: Durango. SIN: Sinaloa. SON. Sonora, COA. Coahuila, TAM. Tamaulipas, NL. Nuevo León, SLP. San Luis Potosí, ZAC. Zacatecas. Tomado de Cortez-Roldán (2018) y Valdez Mondragón y cols. (2018 b)9

Figuras 3-4. Registros totales de las especies de *Loxosceles* para los estados de la Región Centro-Occidente (3), y Región Sureste de la República Mexicana (4). JAL: Jalisco. NAY: Nayarit, COL. Colima, AGS. Aguascalientes, GTO. Guanajuato, QRO. Querétaro, HGO. Hidalgo. MICH. Michoacán, MEX. Estado de México, CDMX. Ciudad de México, TLAX. Tlaxcala, VER. Veracruz, PUE. Puebla, MOR. Morelos, GRO. Guerrero, OAX. Oaxaca, CHIS. Chiapas, TAB. Tabasco, CAM. Campeche, QR. Quintana Roo, YUC. Yucatán, GUA. Guatemala y BEL. Belice. Tomado de Cortez-Roldán (2018) y Valdez Mondragón y cols. (2018 b).....10

Figuras 5-9. Hábitats y microhábitats naturales del género *Loxosceles* en México. 5. Matorral xerófilo, Durango, México (Foto Cruz-Valerdi, 2017). 6. Matorral xerófilo, Hidalgo, México (Foto por Valdez- Mondragón, 2018). 7. Selva baja caducifolia, Puebla, México (Foto por Valdez-Mondragón, 2018). 8. Entrada de la cueva “General Carlos Pacheco”, Municipio de Pilcaya, Guerrero, México (Foto por Valdez-Mondragón, 2018). 9. Grutas de Tolantongo, Hidalgo, México (Foto por Navarro-Rodríguez, 2018). Flechas rojas: Microhabitat.11

Figuras 10-15. Ejemplos de patrones dorsales en forma de “violín” del caparazón del género *Loxosceles* de México. 10. *L. colima*, macho (Jalisco, México). 11. *L. jaca*, macho (Hidalgo, México). 12. *L. misteca*, macho (Guerrero, México). 13. *L. nahuana*, macho (Hidalgo, México). 14. *L. zapoteca*, macho (Guerrero, México). 15. *L. malintzi*, macho (Puebla, México). Escala: 1.0 mm.16

Figuras 16-17. Morfología general del cuerpo de una araña del género *Loxosceles* (Ejem. *Loxosceles malintzi*) 16. Región dorsal del prosoma y opistosoma. 17. Región ventral del prosoma y opistosoma. Pro= Prosoma, Op= Opistosoma, Pe= Pedipalpo, Reo= Región Ocular, PI-IV= Patas I-IV, Est=Esternón, Fil=Filotráqueas, Hil=Hileras, En=Enditos, Que=Quelíceros. (Fotos por Mayra R. Cortez-Roldan, 2018). Escala: 1.0 mm.18

Figuras 18-21. Anatomía y morfología general de las estructuras reproductivas en arañas. 18. Pedipalpo de macho (synspermiata): *Loxosceles yucatanana*. 19. Pedipalpo de macho entelégino: *Novalena aproximata*. 20. Estructura interna de hembra synspermiata: *Loxosceles malintzi* 21. Estructura interna de hembra entelégina: *Novalena aproximata*. T=tibia, CY= cimbio, B=bulbo, EM=Embolo, RS= receptáculos seminales, EP= epiginio. Escala: 0.05mm. (Fotos por Alma Juárez Sánchez, 2018).

Figuras 22-36. De izquierda a derecha, fotografías del palpo del macho en vista apical del bulbo y el embolo, vista retrolateral y dorsal de la tibia respectivamente; consideradas para los análisis de morfometría geométrica. **22-24.** *Loxosceles misteca* Gertsch 1958. **25-27.** *Loxosceles zapoteca* Gertsch 1958. **28-30.** *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón, Cortez-Roldán, Juárez-Sánchez y Solís-Catalán 2018. **31-33.** *Loxosceles jaca* Gertsch y Ennik 1983. **34-36.** *Loxosceles colima* Gertsch 1958. Escala: 0.5mm.....34

Figuras 37-47. Fotografías del caparazón utilizadas para los análisis de morfometría geométrica para las siguientes especies: **37.** *Loxosceles colima* Gertsch 1958, **38.** *Loxosceles jaca* Gertsch y Ennik 1983, **39.** *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón y cols. 2018, **40.** *Loxosceles misteca* Gertsch 1958, **41.** *Loxosceles* morfo “costa”, **42.** *Loxosceles* morfo “quechultenango”, **43.** *Loxosceles nahuana* Gertsch 1958, **44.** *Loxosceles* sp. nov., **45.** *Loxosceles tenochtitlan* Valdez-Mondragón y Navarro-Rodríguez 2019. **46.** *Loxosceles tenango* Gertsch 1973, **47.** *Loxosceles zapoteca* Gertsch 1958.....35

Figuras 48-52. Plantillas utilizadas para análisis de morfometría geométrica. **48.** Plantilla de la tibia del pedipalpo del macho en vista retrolateral de *Loxosceles misteca* Gertsch 1958. **49.** Plantilla del bulbo y el embolo *L. misteca*. **50.** Plantilla de la tibia en vista dorsal de *L. misteca*. **51.** Plantilla uno del caparazón de *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón y cols. 2008. **52.** Plantilla dos del caparazón de *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón y cols. 2008. Los puntos rojos representan las marcas y las líneas representan las plantillas usadas para colocar las semimarcas.....37

Figuras 53-56. Medidas utilizadas en Morfometría líneal para el análisis de dimorfismo sexual entre machos y hembras, y para el análisis de variación intraespecífica en los receptáculos seminales de las hembras. **53.** Medidas del caparazón: LC=Largo del caparazón, AC=Ancho del caparazón. **54.** Longitud de la Pata 1: LF=Longitud del fémur, LP=Longitud de la patela, LT=Longitud de la tibia, LM= Longitud del metatarso, Lt=Longitud del tarso. **55.** Distancia considerada entre los receptáculos espermáticos (D). **56.** Radio de la base de los receptáculos espermáticos (L/A). L=Largo de la base de los receptáculos seminales, A=Alto Largo de la base de los receptáculos seminales.....39

Figura 57. Total, de individuos de *Loxosceles* utilizados para este estudio, separados por colección biológica. CNAN= Colección Nacional de Arácnidos del Instituto de Biología, UNAM. LATLAX= Laboratorio de Aracnología, Instituto de Biología, UNAM sede en Tlaxcala. **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L.* morfo “costa”, **F.** *L.* morfo “quechultenango”, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L.* sp. nov., **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.....40

Figura 58. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) comparación de las tibias de los pedipalpos de los machos, en vista retrolateral de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de

cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.41

Figura 59. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación a la forma de la tibia de los pedipalpos de los machos en vista retrolateral. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente, en su eje respectivo y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.....42

Figura 60. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, de los 108 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo) y grupo D (azul).44

Figura 61-64. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVA Gen8. **61.** Grupo A: *L. misteca*, *L. tenochtitlan*, *L. zapoteca*. **62.** Grupo B: *L. morfo* “costa”, *L. colima*, *L. morfo* “quechultenango”, *L. tenango*. **63.** Grupo C: *L. nahuana*, *L. sp. nov.*, *L. jaca*. **64.** Grupo D: *L. malintzi*. Los vectores, nos indican la dirección del cambio en la forma de la tibia del pedipalpo de los machos en vista retrolateral; respecto a la forma promedio de los 108 especímenes de 11 especies analizadas.45

Figuras 65-68. Morfometría geométrica de *L. tenochtitlan* y *L. misteca*. **65.** Gráfica de CVA donde se observa una diferencia significativa ($X^2= 10.2555$, $gl= 2$, $p= 0.00593003$, $\Lambda_1= 0.5988$) entre ambas especies con relación a la forma de la tibia del pedipalpo. **66.** Gradilla de deformación, los vectores nos indican la dirección de cambio en la forma de la tibia en vista retrolateral del pedipalpo de los machos con respecto a la forma promedio de los 21 individuos analizados de ambas especies. **67.** Tibia del pedipalpo del macho de *L. misteca* en vista retrolateral. **68.** Tibia del pedipalpo del macho de *L. tenochtitlan* en vista retrolateral. Las flechas rojas indican el sitio donde se observa el cambio en la forma de las dos especies analizadas. (Valdez-Mondragón y cols. 2019).....46

Figura 69. Regresión lineal indicando si existe una relación entre la forma y el tamaño de las tibias de los pedipalpos de los machos en vista retrolateral de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles* del Centro-Occidente de México. Puntos negros indican los individuos analizados, la línea roja es la recta de la regresión.....47

Figura 70. Gráfica de deformación. Los vectores de deformación (flechas) indican la dirección en la que se da el cambio en la forma con respecto al tamaño de la tibia del pedipalpo en vista retrolateral de 108 machos de 11 especies de arañas *Loxosceles* del Centro-Occidente de México. Las tibias largas serán más delgadas y las tibias cortas serán más anchas.....48

Figuras 71. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y), comparación de las tibias de los pedipalpos de los machos en vista dorsal, de 111 individuos de 11 especies de <i>Loxosceles</i> . Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.	49
Figuras 72. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 111 individuos de 11 especies de <i>Loxosceles</i> , con relación a la forma de la tibia de los pedipalpos de los machos en vista dorsal. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente, en su eje respectivo y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.....	50
Figura 73. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, de los 111 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo) y grupo D (azul)	52
Figura 74-77. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVA Gen8. 74. Grupo A: <i>L. misteca</i> , <i>Loxosceles tenochtitlan</i> , 75. Grupo B: <i>L. morfo</i> “costa”, <i>L. zapoteca</i> , <i>L. morfo</i> “quechultenango”, <i>L. colima</i> , <i>L. tenango</i> . 76. Grupo C: <i>L. nahuana</i> , <i>L. sp. nov.</i> , <i>L. jaca</i> . 77. Grupo D: <i>L. malintzi</i> . Los vectores, nos indican la dirección de cambio en la forma de la tibia en vista dorsal del pedipalpo de los machos; respecto a la forma promedio, esto para los 111 especímenes de las 11 especies analizadas de <i>Loxosceles</i>	53
Figura 78. Regresión lineal indicando si existe una relación entre la forma y el tamaño de las tibias de los pedipalpos de los machos en dorsal de 111 individuos de 11 especies de <i>Loxosceles</i> del Centro-Occidente de México. Puntos negros indican los individuos analizados, la línea roja es la recta de la regresión.....	54
Figuras 79. Gráfica de alometría realizada en el programa Regress8. Los vectores de deformación (flechas rojas), indican la dirección en la que se da el cambio en la forma; respecto al tamaño de la tibia del pedipalpo de 111 machos de 11 especies de arañas <i>Loxosceles</i> del Centro-Occidente de México. Las tibias largas serán más delgadas y las tibias cortas serán más anchas.....	55
Figuras 80. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) resultantes de la comparación del bulbo y embolo en vista apical, de 108 individuos de 11 especies de <i>Loxosceles</i> . Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.....	56

Figuras 81. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación a la forma del bulbo y el émbolo en vista apical. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente, en su eje respectivo y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.....57

Figura 82. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, de los 108 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo) y grupo D (azul), grupo E (rosa).....59

Figura 83-87. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **83.** Grupo A: *L. nahuana*. **84.** Grupo B: *L. jaca*, *L. tenochtitlan*, *L. sp. nov.*, *L. misteca*, **85.** Grupo C: *L. colima*, **86.** Grupo D: *L. tenango*, *L. zapoteca*., **87.** Grupo E: *L. malintzi*, *L. morfo* “costa”, *L. morfo* “quechultenango”. Los vectores, nos indican la dirección de cambio en la forma de la tibia en vista retrolateral del pedipalpo de los machos; con respecto a la forma promedio, esto para los 108 especímenes de las 11 especies analizadas de *Loxosceles*. Las flechas rojas indican el sitio donde se presenta la deformación.....60

Figuras 88. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) comparación del patrón dorsal en forma de “violín”, de 108 machos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.61

Figuras 89. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación al patrón dorsal en forma de “violín” en los machos. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente en su eje respectivo, su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.62

Figura 90. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas del patrón dorsal del caparazón de los machos en forma de “violín”, de los 108 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (azul) y grupo D (rosa), grupo E (café).63

Figura 91-95. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **91.** Grupo A: *L. nahuana*. **92.** Grupo B: *L. tenango*, *L. jaca*, *L. sp. nov.* **93.** Grupo C: *L. misteca*, *L. tenochtitlan*, *L. zapoteca*. **94.** Grupo D: *L. colima*, *L. malintzi*. **95.** Grupo D: *L. morfo* “costa”, *L. morfo* “quechultenango”. Los vectores, nos indican la dirección de cambio en la forma del patrón dorsal en forma de “violín” de los machos; con respecto a la forma promedio, esto para los 108

especímenes de las 11 especies analizadas de *Loxosceles*. Las flechas rojas indican el sitio donde se presenta la deformación.

.....64

Figuras 96. Análisis de Componentes Principales (PCA en inglés). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) de la forma del patrón dorsal del caparazón de las hembras en forma de “violín”, entre 107 individuos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.65

Figuras 97. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 107 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación a la forma del patrón dorsal del caparazón de las hembras en forma de “violín”. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente en su eje respectivo, y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.

.....66

Figura 98. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, del patrón dorsal del caparazón de los machos en forma de “violín”, de los 107 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo), grupo D (azul), grupo E (rosa), grupo F (café) y grupo G (azul rey).

.....68

Figura 99-105. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **99.** Grupo A: *L. morfo* “costa”. **100.** Grupo B: *L. morfo* “quechultenango”, *L. colima*, **101.** Grupo C: *L. malintzi*. **102.** Grupo D: *L. nahuana*, *L. jaca*, **103.** Grupo E: *L. tenochtitlan*, *L. tenango*. **104.** Grupo F: *L. sp. nov.*, *L. zapoteca*. **105.** Grupo G: *L. misteca*. Los vectores nos indican la dirección de cambio en la forma del patrón dorsal en forma de “violín” de las hembras con respecto a la forma promedio, esto para los 107 especímenes de las 11 especies analizadas de *Loxosceles*. Las flechas rojas indican el sitio donde se presenta la deformación.

.....69

Figuras 106-111. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **106.** *L. colima**. **107.** *L. jaca*. **108.** *L. malintzi*. **109.** *L. misteca**. **110.** *L. morfo* “costa” *. **111.** *L. morfo* “quechultenango” *. *= Significancia (p<0.05).

.....71

Figuras 112-115. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **112.** *L. nahuana**. **113.** *L. tenochtitlan** **114.** *L. tenango**. **115.** *L. zapoteca**. *= Significancia (p<0.05).

.....72

Figuras 116-121. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **116.** *L. colima**. **117.** *L. jaca**. **118.** *L. malintzi*. **119.** *L. misteca**. **120.** *L. morfo* “costa” *. **121.** *L. morfo* “quechultenango” *. *= Significancia ($p < 0.05$).

.....75

Figuras 122-125. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **122.** *L. nahuana**, **123.** *L. tenochtitlan**. **124.** *L. tenango*. **125.** *L. zapoteca**. *= Significancia ($p < 0.05$).

.....76

Figura 126. Medianas de las medidas lineales de hembras y machos del largo de la pata 1 (líneas dentro de la caja). Las líneas fuera de la caja representan los valores mínimos y máximos de las medidas, los valores atípicos están representados mediante círculos. Letras representan especies: **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L. morfo* “costa”, **F.** *L. morfo* “quechultenango”, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L. sp. nov.*, **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.....79

Figuras 127-128. Medianas de las medidas lineales de hembras y machos, del largo y ancho del caparazón (líneas dentro de la caja). Las líneas que salen de la caja representan los valores mínimos y máximos de las medidas, los valores atípicos están representados mediante círculos. Letras representan especies: **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L. morfo* “costa”, **F.** *L. morfo* “quechultenango”, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L. sp. nov.*, **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.....80

Figuras 129-130. **129.** Medianas de las medidas lineales de los receptáculos seminales de las hembras (líneas dentro de la caja). **130.** Promedios del radio de la base de los receptáculos seminales de las hembras (líneas dentro de la caja), las líneas que salen de la caja representan los valores mínimos y máximos de las medidas, los valores atípicos están representados mediante círculos. Letras representan especies **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L. morfo* “costa”, **F.** *L. morfo* “quechultenango”, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L. sp. nov.*, **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.....84

Figuras 131. Clasificación de los tipos de pedipalpos de los machos de las 139 especies de arañas *Loxosceles*, el gráfico muestra 112 especies, las 27 especies restantes no cuentan con la descripción del macho (World Catalog Spider, 2019).....88

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el orden de las arañas está conformado por 120 familias, 4 149 géneros y 48 331 especies (WSC 2020). De esta diversidad, alrededor del 0.4% de las especies representan un problema de salud pública seria para el humano, debido a su mordedura venenosa. En México, solamente se distribuyen los géneros *Latrodectus* Walckenaer, 1805 y *Loxosceles* Heineken y Lowe, 1832, este género tiene el mayor número de especies en México, con 40 de 140 especies que se registran a nivel mundial (WSC 2020). Todas las especies de *Loxosceles* son consideradas de importancia médica, debido al tipo de veneno hemotóxico que inoculan, el cual genera serios daños de necrosis en la zona de la mordedura y daño sistémico (Binford y cols. 2008). El género está distribuido principalmente en América, con siete grupos de especies a nivel mundial. El grupo *reclusa* es el que tiene el mayor número de especies con 51; dicho grupo es el que contiene a todas las especies mexicanas, además de las de Estados Unidos, Centro América y las principales islas de las Antillas (Binford y cols. 2008).

La taxonomía tradicional en arañas está basada en estructuras sexuales como pedipalpos en los machos y epiginios en las hembras, caracteres morfológicos robustos que siguen utilizándose para la separación de las especies y su diagnóstico (Ribera y Planas 2009, Huber 2014, Planas y Ribera 2015, Ubick y cols. 2017). Sin embargo, en géneros como *Loxosceles*, dichos caracteres tradicionales presentan un grado de variación continua que complica la delimitación e incluso la diagnosis de las especies, poniendo en duda si se tratan de especies con una amplia variación morfológica intraespecífica, interespecífica, difícilmente reconocibles con evidencia morfológica tradicional.

La morfometría es el estudio cuantitativo de la forma biológica, la variación de la forma y la covariación de la forma con otras variables o factores bióticos o abióticos; la cual nos permite visualizar diferencias entre formas complejas (Rohlf 1990, Zeldich y cols. 2004, Adams y cols. 2004).

El género *Loxosceles* representa un modelo óptimo para un análisis de morfometría geométrica de estructuras somáticas como caparazones además de las estructuras sexuales como pedipalpos en machos y epiginios en hembras, las cuales taxonómicamente han sido utilizados

de manera robusta para la diagnosis e identificación de las especies en arañas de manera general. Además, se desconoce si las especies del género *Loxosceles* del Centro-Occidente de México presentan un marcado dimorfismo sexual, por lo que mediante morfometría líneal y geométrica se analizaron la variación en el tamaño y la forma entre hembras y machos. Este tipo de análisis nunca se ha llevado a cabo en este género de arañas, por lo que representan un buen modelo de estudio y una buena herramienta para analizar variación intra e interespecífica, con sus implicaciones taxonómicas e incluso evolutivas en especies de *Loxosceles* de esta región del país.

1.1. Diversidad y clasificación de arañas a nivel mundial y en México

Dentro de la clase Arachnida, el orden Araneae se encuentra relacionado filogenéticamente con el clado Pedipalpi (Amblypygi, Schizomida, Uropygi), en el cual se encuentran los ambliopígididos, uropígididos y esquizómidos; estudios realizados anteriormente sugieren a la clase Arachnidae como un grupo monofilético (Shultz 1990, 2007, Wheeler y cols. 2016). Wang y cols. (2018), descubren a *Chimerarachne yingi* un arácnido fósil del orden Uraraneida, grupo hermano del orden Araneae, considerado como una de las ramas más antiguas de los Araneae y que demuestra que posiblemente hubo un linaje de arañas con “cola” o flagelo entre el Paleozoico y el Cretácico en el sureste de Asia. Respecto a las relaciones filogenéticas de Arachnida, anteriormente se sabía que los Xiphosura era un clado hermano de los Arachnida, y se consideraba que los arácnidos eran un grupo monofilético, sin embargo, Ballesteros y cols. (2019), mediante un análisis filogenético encuentran que las “cacerolitas de mar” pertenecientes al orden Xiphosura están relacionadas dentro de Arachnida como grupo hermano de Ricinulei (garrapatas encapuchadas), por lo que ellos infieren que los Xiphosura representan un grupo de arácnidos acuáticos, considerando Arachnida como un grupo parafilético. (Ballesteros y cols. 2019).

El orden Araneae está dividido en dos subórdenes: Mesothelae y Opisthothelae. El suborden Mesothelae se encuentra conformado solo por la familia Liphistiidae, que consta de 117 especies agrupadas en ocho géneros, con una distribución geográfica en el sureste y este de Asia (Xu y cols. 2015, WSC 2020). Dicho suborden incluye al infraorden Liphistiomorphae, arañas que filogenéticamente se consideran más antiguas, por presentar caracteres como: 1) una segmentación evidente del opistosoma, 2) la presencia de cuatro pares de hileras, las cuales parecen estar debajo de la parte central del abdomen de ahí su nombre “meso-thele”, 3) cuatro pulmones en forma de libro, y 4) colmillos ortognatos (acomodados horizontalmente) (Coddington y Levi 1991, Coddington y Colwell 2001, Duran-Barrón 2004, Ubick y cols. 2005, Foelix 2011, Xu y cols. 2015).

El suborden Opisthothelae se caracteriza por: 1) no presentar segmentación en el abdomen, 2) las espineretas se encuentran en la parte posterior del opistosoma de ahí su nombre “opistho-thele” actualmente se encuentra representado por dos Infraórdenes: Mygalomorphae, comúnmente llamadas “tarántulas” “arañas pollito”, “arañas de trampilla” o “de embudo”, se

reconocen fácilmente por su gran tamaño, por la posición paraxial de los quelíceros y por tener (usualmente) dos pares de hileras, y Araneomorphae (arañas verdaderas), que incluye a más del 90% de las arañas conocidas y que pueden ser distinguidas por la posición diaxial de los quelíceros (acomodados horizontalmente). (Coddington y Levi 1991, Coddington y Colwell 2001, Duran-Barrón 2004, Ubick y cols. 2005, Foelix 2011).

Actualmente el orden Araneae está conformado por 120 familias, 4 149 géneros y 48 331 especies a nivel mundial (WSC 2020). Las familias con mayor número de especies (> 1 000 especies) son las siguientes: Salticidae con 6 163 especies, Linyphiidae con 4 614, Araneidae con 3 072, Theridiidae con 2 512, Lycosidae con 2 439, Gnaphosidae con 2 534, Thomisidae con 2 148, Oonopidae con 1 843, Pholcidae con 1 730, Agelenidae con 1 323 y Sparassidae con 1 262 y Zodariidae con 1 166 (WSC 2020).

En México, el orden Araneae está representado, respecto a la diversidad mundial, por 66 familias (59.1%), 534 géneros (13.8%) y 2 295 especies (5.36%), de las cuales 218 especies (9.50%) son cosmopolitas (Francke, 2014).

La clasificación taxonómica actual para el orden Araneae se presenta a continuación:

Dominio: Eukaryota (Chatton 1925)

Reino: Animalia Linnaeus 1758

Phylum: Arthropoda Lankester 1904

Clase: Arachnida Lamarck 1801

Orden: Araneae Clerck 1757

Suborden: Mesothelae Pocock 1892

Suborden: Opisthothelae Pocock 1892

Infraorden: Araneomorphae Pocock 1892

Infraorden: Mygalomorphae Pocock 1892

1.2 Diversidad y clasificación del género *Loxosceles*

Actualmente el género *Loxosceles* Heineken y Lowe 1832 (familia Sicariidae), cuenta con 140 especies descritas a nivel mundial, las cuales se encuentran distribuidas principalmente en Centro y Norteamérica (108 especies), seguido por África (22 especies), Europa (8 especies) y Asia (2 especies) (Gertsch, 1967; Gertsch y Ennik 1983, Binford y cols. 2008, Ribera y Planas 2009, Tahami y cols. 2017, Valdez-Mondragón y cols. 2018 a, b, WSC 2020). México es el país que alberga el mayor número de especies de este género en el mundo con 40 especies (30%), éstas se encuentran distribuidas prácticamente en los 32 estados de la República Mexicana (Chamberlin y Ivie 1938, Gertsch y Mulaik 1940, Gertsch 1958, Gertsch 1973, Gertsch y Ennik 1983, Valdez-Mondragón y cols. 2018 a, b, WSC 2020). Dentro de la misma familia Sicariidae Keyserling 1880 se encuentran dos géneros más: *Sicarius* Walckenaer 1847 con 21 especies a nivel mundial y *Hexophthalma* Karsch 1879 con seis especies distribuidas en el continente africano (Binford y cols. 2008, Magalhaes y cols. 2017, WSC 2020). Estos tres géneros se consideran de importancia médica, ya que comparten la toxina de veneno dermonecrótico, denominada esfingomielinasa-D, la cual es causante de las lesiones necrosantes (Binford y Wells 2003, Binford y cols. 2008, Vetter 2003, 2008, 2015).

La clasificación taxonómica actual para el género *Loxosceles* se presenta a continuación:

Dominio: Eukaryota.

Reino: Animalia.

Phylum: Arthropoda.

Clase: Arachnida Lamarck 1801.

Orden: Araneae Clerck 1757.

Subordenes: Araneomorphae.

Familia: Sicariidae Keyserling 1880.

Género: *Loxosceles* Heineken y Lowe 1832.

Binford y cols. (2008) proponen ocho grupos de especies dentro del género *Loxosceles*, sin embargo, en la revisión de Duncan y cols. (2010) con biología molecular se reducen a siete grupos: *reclusa* (52 especies), *laeta* (24 especies), *rufescens* (3 especies), *gaucho* (4 especies), *vonwredei* (2 especies), *spadicea* (3 especies), *spinulosa* (3 especies) y otras especies de

Loxosceles de África (9 especies) el grupo que se reduce en esta clasificación es *amazónica* el cual sinonimizó con el grupo *rufescens* (Binford y cols. 2008, Duncan y cols. 2010). El grupo de especies más diverso del género es el grupo *reclusa*, con 52 especies, siendo este grupo donde se encuentran clasificadas todas las especies de Norte América incluidas las de México (Binford y cols. 2008).

Respecto a la diversidad mundial del género, algunos de los trabajos taxonómicos realizados a nivel mundial recientemente, son el de Fukushima y cols. (2017), quienes describen dos nuevas especies para Brasil (*Loxosceles willianilsoni* y *Loxosceles muriciensis*). Lotz (2017), realiza una actualización sobre el género en la región Afrotropical, con la descripción de siete nuevas especies para esa zona (*Loxosceles cederbergensis*, *Loxosceles dejaguerae*, *Loxosceles haddadi*, *Loxosceles makapanensis*, *Loxosceles griffinae*, *Loxosceles irishi*, *Loxosceles maraisis*). Brescovit y cols. (2017), realizan la descripción de tres nuevas especies para Chile (*Loxosceles diaguita*, *Loxosceles pallalla* y *Loxosceles vallenar*), además de la descripción del macho de *Loxosceles surca* Gertsch 1967 y *Loxosceles coquimbo* Gertsch 1967 y realizan un nuevo registro de distribución en Chile de *Loxosceles laeta* (Nicolet 1849). Souza y Ferreira (2018), describen una especie troglobia en cuevas de Brasil (*Loxosceles troglobia*). El trabajo más reciente es el de Bertani y cols. (2018), donde describen cuatro especies de *Loxosceles* troglobias en cuevas de Brasil (*Loxosceles ericsoni*, *Loxosceles karstica*, *Loxosceles carinhanha* y *Loxosceles cardosoi*).

1.3 Distribución de *Loxosceles* en México

Cortez-Roldán (2018) realiza un estudio sobre la distribución y modelaje de nicho del género *Loxosceles* en México, donde clasifica al país en cuatro regiones geográficas; 1. Noroeste, 2. Noreste, 3. Centro-Occidente, 4. Sureste. En este trabajo, se encontró que la región Centro-Occidente es la que presenta el mayor número de registros con 204 (Figura 3), seguida de la región Noroeste con 91 (Figura 2), la región Noreste con 78 (Figura 1) y la que tuvo el menor número de registros, la región Sureste con 68 (Figura 4). Para el caso de los registros por estado menciona a Guerrero con 55, Morelos con 35 y Baja California Sur con 30, como los estados con más registros y el Estado de México, Tabasco y Guanajuato con un solo registro, siendo los estados que presentaron menos registros (Figuras 1-4).

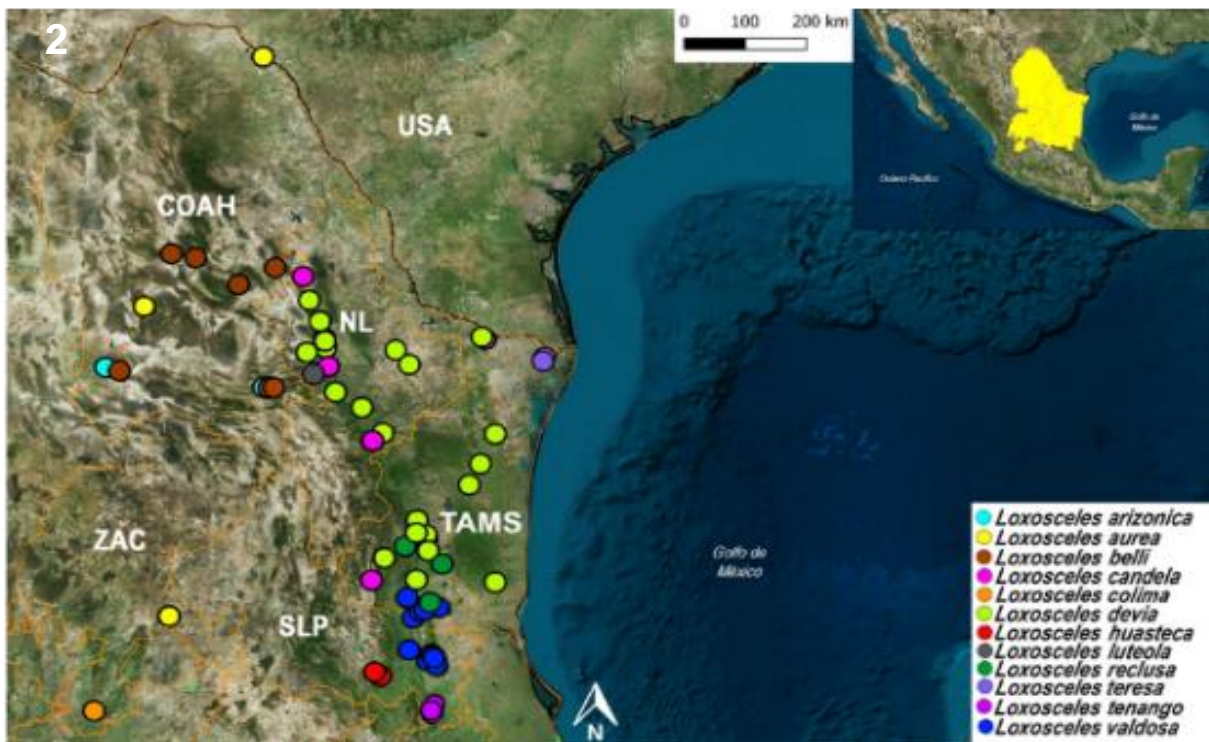
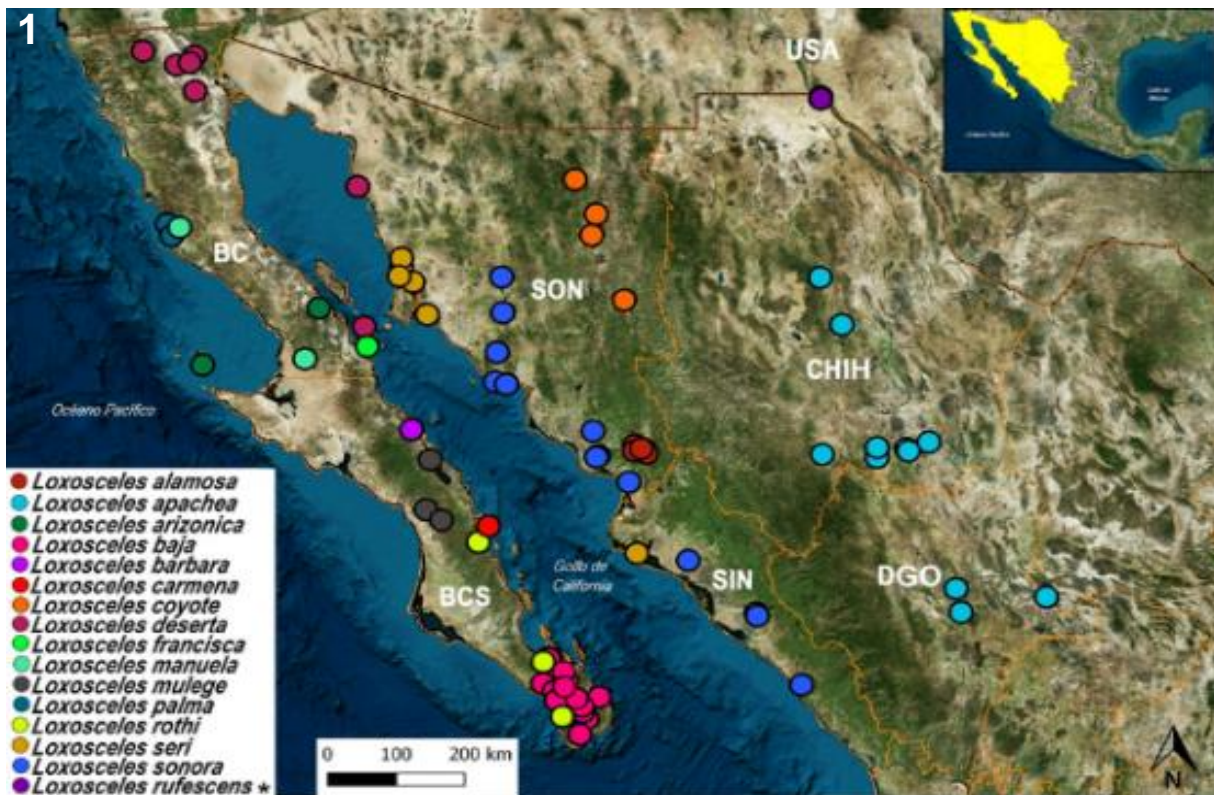
Además del número de registros también muestra la diversidad de especies por región y por estado, señala que la región Noroeste presenta el mayor número de especies con 16 (Figura 1), seguido de la región Centro-Occidente con 13 (Figura 3), la región Noroeste con 12 (Figura 2) y la región con el menor número de especies es la región Sureste con solo tres especies (Figura 4). Para el caso de los estados con mayor número de especies menciona a Sonora con seis, Baja California Sur y Sonora con cinco, Guerrero con cuatro y Tamaulipas, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Coahuila, San Luis Potosí, Nuevo León y Sinaloa con tres respectivamente y los estados con menor número de especies, Zacatecas con dos, Durango, Jalisco, Quintana Roo, Colima, Chiapas, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chihuahua, Veracruz, Ciudad de México, Nayarit, Querétaro, Aguascalientes, Tlaxcala, Michoacán, Estado de México y Guanajuato con una (Figuras 1-4).

Con respecto a las especies que presentaron el mayor número de registros, Cortez-Roldán (2018), reporta *Loxosceles boneti* con 59 y *Loxosceles colima* con 57 registros, ambas en la región Centro-Occidente de México, así como a *Loxosceles barbara*, *Loxosceles carmena*, *Loxosceles francisca*, *Loxosceles insula*, *Loxosceles rufescens* y *Loxosceles luteola* con un solo registro cada una.

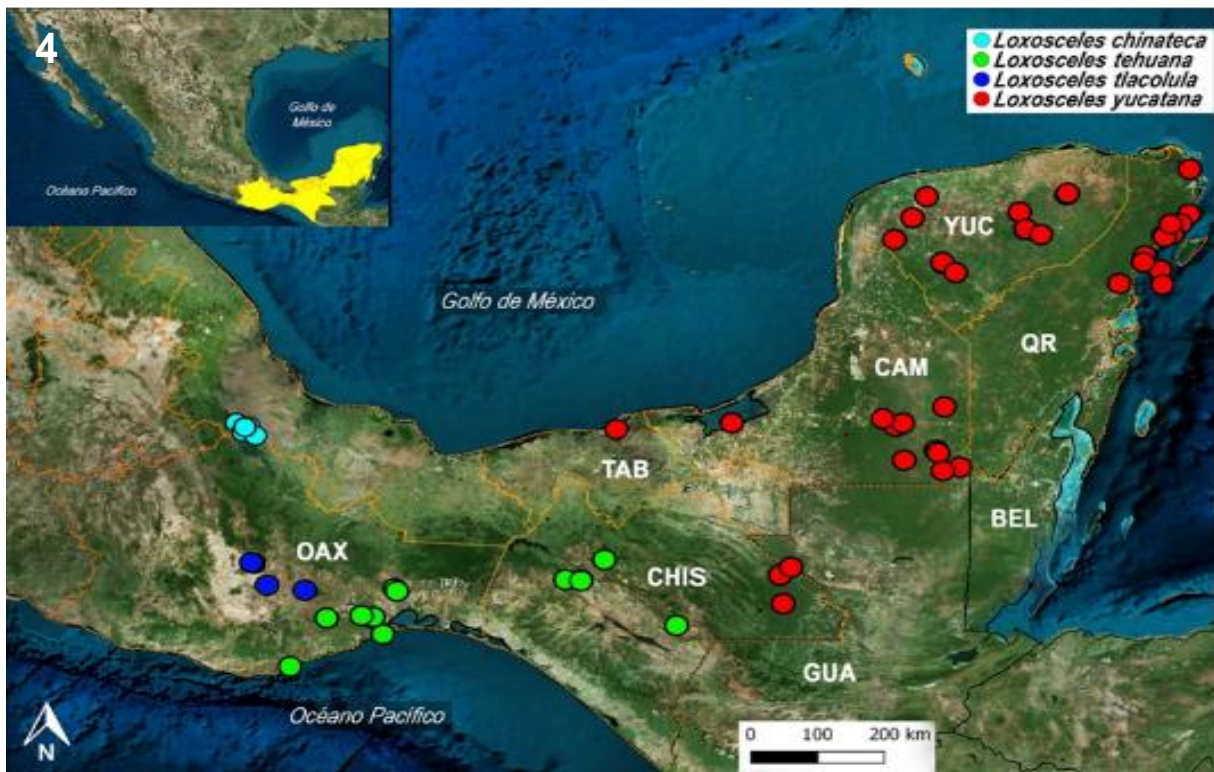
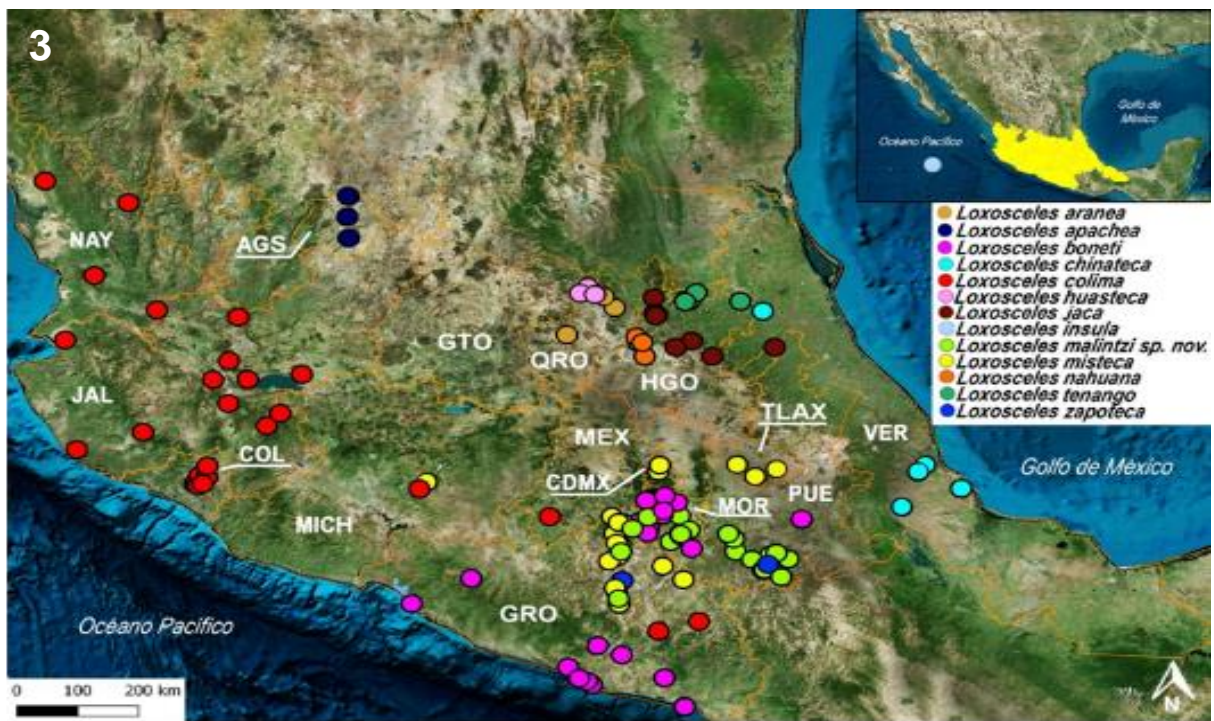
En cuanto a la predicción y modelaje de nicho ecológico con especies de México, Cortez-Roldán (2018) encuentra que la mayor predicción para las especies del género *Loxosceles* se presenta en las zonas de climas cálidos-secos, donde el tipo de vegetación es principalmente de bosque espinoso, matorral xerófilo y selva baja caducifolia. También registra *Loxosceles*

tenochtitlan Valdez-Mondragón y Navarro-Rodríguez, 2019, una especie nativa en los estados de Tlaxcala, Estado de México y CDMX; que erróneamente fue considerada como introducida por Valdez-Mondragón y cols. (2018a, b). Solamente hay dos especies introducidas en México, *Loxosceles reclusa* (con distribución en Estados Unidos) en el estado de Tamaulipas, y *Loxosceles rufescens* en el estado de Chihuahua (que se distribuye originalmente en el mediterráneo y medio oriente). Este registro de *L. rufescens* es el primero bien documentado e ilustrado para México realizado recientemente por Valdez-Mondragón y cols. (2018 a, b), ya que anteriormente en un trabajo realizado en Tamaulipas se tenía el registro de esta especie, sin embargo, en dicho trabajo no se presentan evidencias de fotografías o ilustraciones del espécimen que nos indique que ese registro es verídico.

Los resultados sobre las preferencias de hábitat se corroboran con las observaciones realizadas en campo, ya que los espacios naturales donde se han reportado las especies mexicanas del género *Loxosceles* son: bosques templados, bosques mesófilos, chaparral, selvas bajas, selvas altas y matorral xerófilo (Valdez-Mondragón y cols. 2018 a, b). Respecto al microhabitat natural, las arañas del género *Loxosceles* en México, las podemos encontrar dentro de cuevas principalmente en zonas de penumbra, debajo de las rocas que se encuentran dentro de las cuevas, en cortezas de cactus, nopales, árboles secos, bajo las pencas secas de los agaves y donde puedan construir refugios (Figuras5-9) (Bonnet y cols. 1996, Valdez-Mondragón y cols. 2018 a, b). En entornos sinantrópicas, se encuentran en cajas de cartón especialmente bajo solapas dobladas, en armarios, detrás de estanterías y aparadores, en basura, bajo concreto y asfalto rotos, en zapatos y ropa que quedan en el piso o almacenados en armarios y garajes (Valdez-Mondragón y cols. 2018 a, b). En el caso de especies mexicanas, en zonas urbanas se han encontrado solo en el interior de las casas, detrás de cuadros, bajo muebles, dentro de closets, entre la ropa, en paredes y huecos en las paredes (Valdez-Mondragón y cols. 2018 a, b).



Figuras 2-2. Registros totales de las especies de *Loxosceles* para los estados de la Región Noreste (1), y Región Noroeste de la República Mexicana (2). BC: Baja California. BCS: Baja California Sur. CHIH: Chihuahua. DGO: Durango. SIN: Sinaloa. SON. Sonora, COA. Coahuila, TAM. Tamaulipas, NL. Nuevo León, SLP. San Luis Potosí, ZAC. Zacatecas. Tomado de Cortez-Roldán (2018) y Valdez Mondragón y cols. (2018 b).



Figuras 3-4. Registros totales de las especies de *Loxosceles* para los estados de la Región Centro-Occidente (3), y Región Sureste de la República Mexicana (4). JAL: Jalisco. NAY: Nayarit, COL. colima, AGS. Aguascalientes, GTO. Guanajuato, QRO. Querétaro, HGO. Hidalgo. MICH. Michoacán, MEX. Estado de México, CDMX. Ciudad de México, TLAX. Tlaxcala, VER. Veracruz, PUE. Puebla, MOR. Morelos, GRO. Guerrero, OAX. Oaxaca, CHIS. Chiapas, TAB. Tabasco, CAM. Campeche, QR. Quintana Roo, YUC. Yucatán, GUA. Guatemala y BEL. Belice. Tomado de Cortez-Roldán (2018) y Valdez Mondragón y cols. (2018 b).



Figuras 5-9. Hábitats y microhábitats naturales del género *Loxosceles* en México. **5.** Matorral xerófilo, Durango, México (Foto Cruz-Valerdi, 2017). **6.** Matorral xerófilo, Hidalgo, México (Foto por Valdez-Mondragón, 2018). **7.** Selva baja caducifolia, Puebla, México (Foto por Valdez-Mondragón, 2018). **8.** Entrada de la cueva “General Carlos Pacheco”, Municipio de Pilcaya, Guerrero, México (Foto por Valdez-Mondragón, 2018). **9.** Grutas de Tolantongo, Hidalgo, México (Foto por Navarro-Rodríguez, 2018). Flechas rojas: Microhábitat.

1.4 Historia taxonómica del género *Loxosceles* en México

La historia taxonómica del género *Loxosceles* en México inicia en 1938 con la descripción de la primera especie mexicana: *Loxosceles yucatanana* Chamberlin y Ivie 1938 de la península de Yucatán (Cuadro 1) (Gertsch y Ennik 1983, WSC 2020). Posteriormente, Gertsch y Mulaik (1940) describen tres especies: *Loxosceles arizonica* en Sonora, *Loxosceles devia* en Tamaulipas (Cuadro 1) (Gertsch y Ennik, 1983; WSC 2020). Gertsch (1958) describe seis especies: *Loxosceles boneti*, *Loxosceles misteca*, *Loxosceles zapoteca* en Guerrero; *Loxosceles colima* en Colima, *Loxosceles nahuana* en Hidalgo; *Loxosceles tehuana* en Oaxaca (Cuadro 1) (Gertsch y Ennik 1983, WSC 2020). Gertsch (1973) describe siete especies: *Loxosceles aranea*, en Querétaro; *Loxosceles aurea* de Durango; *Loxosceles belli* en Coahuila; *Loxosceles deserta* en Baja California; *Loxosceles luteola* en Nuevo León; *Loxosceles tenango* en Hidalgo; *Loxosceles valdosa* en San Luis Potosí (Cuadro 1). Finalmente, Gertsch y Ennik (1983) realizan la mayor revisión taxonómica del género *Loxosceles* para Norteamérica, donde describen 19 especies de México (Cuadro 1) (Gertsch y Ennik 1983, WSC 2020). Jiménez y Llinas (2005) describen el macho de *L. mulege*, Gertsch y Ennik 1983 de Baja California (Cuadro 1). De los trabajos más recientes en México tenemos el de Valdez-Mondragón y cols. (2018 b), dónde realizan la descripción de *Loxosceles malintzi*, que se distribuye en los estados de Puebla, Morelos y Guerrero; siendo la primera especie de México descrita por autores mexicanos. Adicionalmente, en este trabajo se tiene el primer registro bien documentado de *Loxosceles rufescens* Dufour, 1820 para México, especie introducida en el país y procedente de la región del Mediterráneo y el Medio Oriente, pero también se le considera una especie cosmopolita. Valdez-Mondragón y cols. (2019), dónde describen a *Loxosceles tenochtitlan*, la cual se distribuye en CDMX, Estado de México y Tlaxcala, siendo principalmente una especie sinantrópica.

Cuadro 2. Especies descritas del género *Loxosceles* registradas en México y los estados donde se distribuyen. *=Especies introducidas en el país.

Especie	Autor y año	Distribución	Descrita con
1. <i>L. alamosa</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Sonora	Macho y Hembra
2. <i>L. apachea</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Chihuahua, Zacatecas y Durango	Macho y Hembra
3. <i>L. aranea</i>	Gertsch, 1973	Querétaro	Macho
4. <i>L. arizonica</i>	Gertsch y Mulaik, 1940	Baja California	Macho y Hembra
5. <i>L. aurea</i>	Gertsch, 1973	Durango y Coahuila	Macho y Hembra
6. <i>L. baja</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California Sur	Macho y Hembra
7. <i>L. barbara</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California Sur	Macho
8. <i>L. belli</i>	Gertsch, 1973	Coahuila	Macho y Hembra
9. <i>L. boneti</i>	Gertsch, 1958	Guerrero, Puebla y Morelos	Macho y Hembra
10. <i>L. candela</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Nuevo León	Macho y Hembra
11. <i>L. carmena</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California Sur	Macho
12. <i>L. chinateca</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Oaxaca y Veracruz	Macho y Hembra
13. <i>L. colima</i>	Gertsch, 1958	Colima, Jalisco y Nayarit	Macho y Hembra
14. <i>L. coyote</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Sonora	Macho y Hembra
15. <i>L. deserta</i>	Gertsch, 1973	Baja California Norte	Macho y Hembra
16. <i>L. devia</i>	Gertsch y Mulaik, 1940	Tamaulipas y Nuevo León.	Macho y Hembra
17. <i>L. francisca</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California Norte	Hembra
18. <i>L. huasteca</i>	Gertsch y Ennik, 1983	San Luis Potosí	Macho y Hembra
19. <i>L. ínsula</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California Sur	Hembra
20. <i>L. jaca</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Hidalgo	Macho y Hembra
21. <i>L. luteola</i>	Gertsch, 1973	Nuevo León	Macho
22. <i>L. malintzi</i>	Valdez-Mondragón y cols. 2008	Guerrero, Morelos y Puebla	Macho y Hembra

23. <i>L. manuela</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California	Macho
24. <i>L. misteca</i>	Gertsch, 1958	Guerrero	Macho y Hembra
25. <i>L. mulege</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California Sur	Hembra
26. <i>L. nahuana</i>	Gertsch, 1958	Hidalgo	Macho y Hembra
27. <i>L. palma</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California	Macho y Hembra
28. * <i>L. reclusa</i>	Gertsch y Mulaik, 1940	Tamaulipas	Macho y Hembra
29. <i>L. rothi</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Baja California Sur	Macho y Hembra
30. * <i>L. rufescens</i>	Dufour, 1820	Chihuahua	Macho y Hembra
31. <i>L. seri</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Sonora y Sinaloa	Macho y Hembra
32. <i>L. sonora</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Sonora y Sinaloa	Macho y Hembra
33. <i>L. tehuana</i>	Gertsch, 1958	Oaxaca y Chiapas	Macho y Hembra
34. <i>L. tenango</i>	Gertsch, 1973	Hidalgo y San Luis Potosí	Macho y Hembra
35. <i>L. teresa</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Tamaulipas	Macho y Hembra
36. <i>L. tlacolula</i>	Gertsch y Ennik, 1983	Oaxaca	Macho
37. <i>L. valdosa</i>	Gertsch, 1973	San Luis Potosí y Tamaulipas	Macho y Hembra
38. <i>L. yucatanana</i>	Chamberlin e Ivie, 1938	Campeche, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo.	Macho y Hembra
39. <i>L. zapoteca</i>	Gertsch, 1958	Guerrero y Puebla	Macho y Hembra
40. <i>L. tenochtitlan</i>	Valdez-Mondragón y Navarro-Rodríguez, 2008	CDMX, Edo. México, Tlaxcala	Macho y Hembra

1.5 Morfología y biología general del género *Loxosceles*

Las arañas *Loxosceles* presentan una marca en la parte superior del caparazón en forma de “violín”, de ahí que en México sean nombradas comúnmente como “arañas violinistas”, aunque en otros países como Estados Unidos, también son conocidas como “araña del rincón”, “araña reclusa”, o “araña parda”, y en países de Sudamérica se les conoce como: “araña de los rincones”, “araña reclusa chilena”. Esta marca del caparazón es de color café oscuro, que contrasta ligeramente con los colores más claros que presentan en el resto del cuerpo. Sin embargo, para el caso de las especies mexicanas (Figuras 10-15), no en todas se puede apreciar con claridad esa marca en el caparazón, por ejemplo, en *Loxosceles yucatanana* (Bonnet y cols. 1996, Vetter 2008, Ubick y cols 2017).

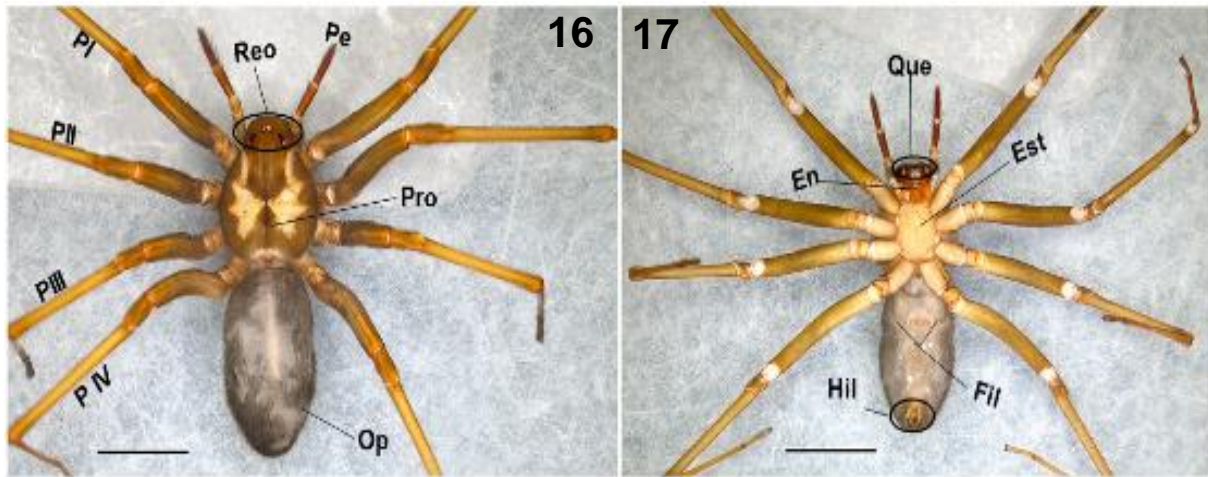


Figuras 10-15. Ejemplos de patrones dorsales en forma de “violín” del caparazón del género *Loxosceles* de México. **10.** *L. colima*, macho (Jalisco, México). **11.** *L. jaca*, macho (Hidalgo, México). **12.** *L. misteca*, macho (Guerrero, México). **13.** *L. nahuana*, macho (Hidalgo, México). **14.** *L. zapoteca*, macho (Guerrero, México). **15.** *L. malintzi*, macho (Puebla, México). Escala: 1.0 mm.

El caparazón de las arañas *Loxosceles* es en forma piriforme (en forma de pera) (Figuras 10-15), está compuesto por dos placas: una placa dorsal llamada caparazón y una placa ventral llamada esternón (Bonnet y cols. 1996, Vetter 2008, Foelix 2011, Ubick y cols. 2017). En el caparazón están ubicados los seis ojos (ojos medios anteriores ausentes), arreglados en tres diadas que forman una fila fuertemente recurvada (Figuras 10-15) (Foelix 2011, Ubick y cols. 2017). En el prosoma se encuentran los seis pares de apéndices: el primer par de apéndices son los quelíceros, los cuales están compuestos por dos segmentos: el basiquelíceros y la uña (colmillo), en esta última estructura se encuentra un orificio conectado a una glándula de veneno (Foelix 2011, Ubick y cols. 2017). Los pedipalpos son el segundo par de apéndices, conformado

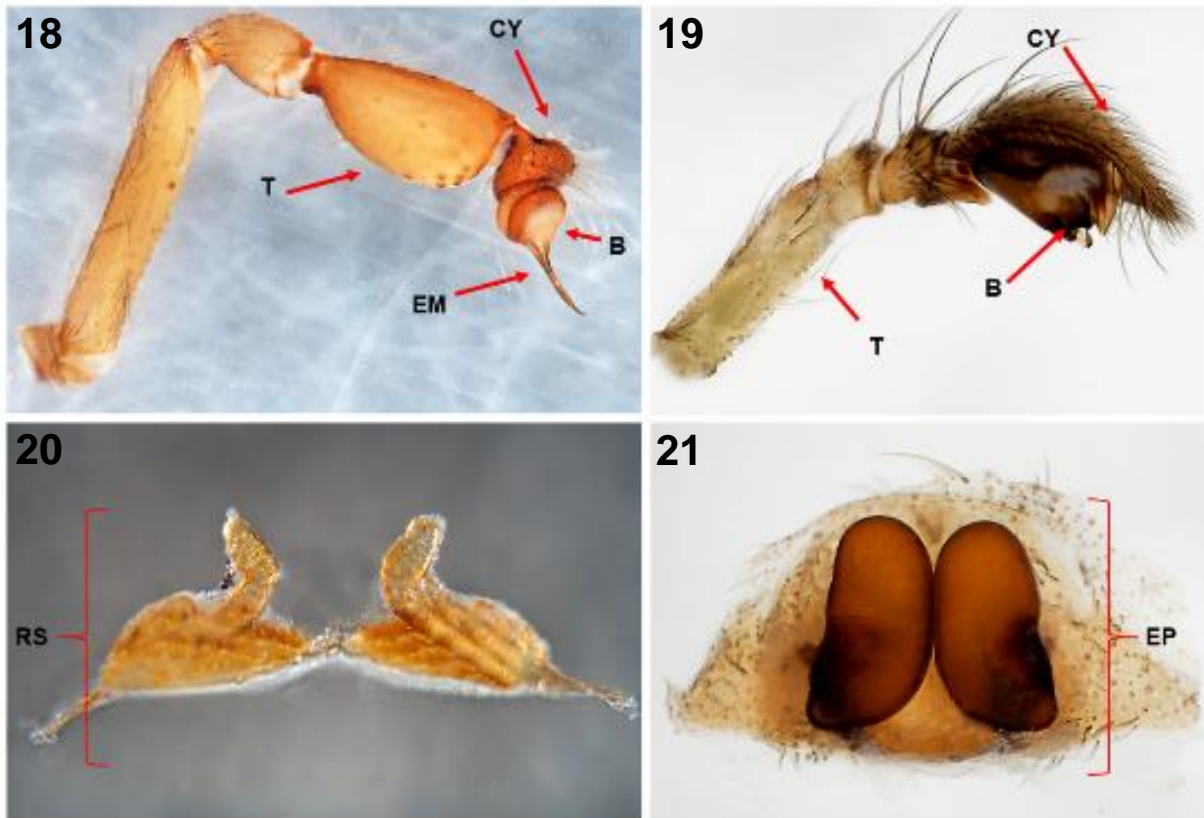
por seis artejos: coxa, trocánter fémur, patela, tibia y tarso (metatarso ausente), estas estructuras cumplen con la función de la captura de presas y orientación de objetos y en los machos se encuentran modificados para la cópula. (Ubick y cols. 2017, Foelix 2011). Los cuatro pares de apéndices restantes corresponde a los apéndices locomotores y están conformados por siete artejos, ordenados del segmento basal al más distal como: coxa, trocánter, fémur, patela, tibia, metatarso y tarso (Figuras 16-17) (Foelix 2011, Ubick y cols. 2017).

Los adultos de *Loxosceles* llegan a medir de 7-15 mm de longitud, dependiendo de la dieta y el hábitat (Bonnet y cols. 1996, Sandidge 2003, Vetter 2008). La coloración del cuerpo varía dependiendo de las presas que consumen, desde un amarillo claro a un marrón o marrón oscuro, algunas especies pueden llegar a ser casi negras al llegar a la etapa adulta y la marca distintiva en forma de violín, también se oscurece (Bonnet y cols. 1996, Sandidge y Hopwood 2005, Vetter 2015). Sin embargo, hay especies africanas, que presentan un patrón de coloración en la parte dorsal del opistosoma en forma de manchas o rayas dorsales (Vetter 2015). La coloración de las patas varía con respecto al estadio, para el caso de especímenes juveniles, el color de las patas es marrón claro al igual que el opistosoma y prosoma, pero al llegar a etapas adultas el color de las patas es ligeramente más oscuro en comparación con el resto del cuerpo (Figuras 16-17) (*obs. pers.*). Tanto el prosoma como el opistosoma se encuentran unidas por una estructura delgada llamada pedicelo, una marcada constricción denominada unión caulogaster (Foelix 2011, Francke 2014, Ubick y cols. 2017, Vetter 2015) (Figuras 16-17).



Figuras 16-17. Morfología general del cuerpo de una araña del género *Loxosceles* (Ejem. *Loxosceles malintzi*) **16.** Región dorsal del prosoma y opistosoma. **17.** Región ventral del prosoma y opistosoma. Pro= Prosoma, Op= Opistosoma, Pe= Pedipalpo, Reo= Región Ocular, PI-IV= Patas I-IV, Est=Esternón, Fil=Filotráqueas, Hil=Hileras, En=Enditos, Que=Quelíceros. (Fotos por Mayra R. Cortez-Roldan, 2018). Escala: 1.0 mm.

De acuerdo con los órganos sexuales que presentan las arañas, el orden puede ser dividido en dos grupos principales: synspermiata (ex haplóginas) y enteléginas (Figuras 18-21) (Wheeler y cols. 2016). Las arañas *Loxosceles* pertenecen al grupo de los synspermiata, las hembras no desarrollan un epiginio externo (estructuras simples), ni canales de fecundación, pero a nivel del surco epigástrico se diferencia un par de ductos copulatorios, en cuyo fondo se almacena el espermatozoides durante la cópula (receptáculos seminales) (Figura 20) (Foelix 2011, Ubick y cols. 2017, Wheeler y cols. 2016). Para el caso de los machos; las modificaciones al tarso del palpo son usualmente simples, las cuales consisten en: una tibia abultada, un tarso corto, el bulbo en forma esférica y el émbolo con una prolongación simple, el cual es usado para la transferencia espermática dentro de los receptáculos seminales de la hembra (Foelix 2011, Ubick y cols. 2017, Wheeler y cols. 2016). En estas arañas la base del émbolo está unida basalmente al tarso del pedipalpo (Figura 18).



Figuras 18-21. Anatomía y morfología general de las estructuras reproductivas en arañas. **18.** Pedipalpo de macho (synspermiata): *Loxosceles yucatanana*. **19.** Pedipalpo de macho entelégino: *Novalena aprproximata*. **20.** Estructura interna de hembra synspermiata: *Loxosceles malintzi* **21.** Estructura interna de hembra entelégina: *Novalena aprproximata*. T=tibia, CY= cimbio, B=bulbo, EM=Embolo, RS= receptáculos seminales, EP= epiginio. Escala: 0.05mm. (Fotos por Alma Juárez Sánchez, 2018).

Las arañas *Loxosceles* se caracterizan por ser dioicos, los machos se diferencian de las hembras por contar con pedipalpos modificados para la cópula, en el caso de las hembras no presentan estructuras complejas como un epiginio, sino solamente una región genital simple, donde se encuentra el gonóporo (Bonnet y cols. 1996, Vetter 2003, 2008, 2015).

Con respecto al apareamiento, el contacto inicial entre hembra y macho es probable que sea resultado de oportunidad, una vez que se encuentran uno con el otro, se detienen o huyen (Sandidge 2003, Vetter 2008). Al volver a acercarse lentamente, el macho camina sobre sus tres pares de patas posteriores, sosteniendo el par delantero alto y extendido hacia adelante. En una segunda etapa, el macho acaricia repetidamente el abdomen y las patas de la hembra con su primer par de patas (Bonnet y cols. 1996, Sandidge y Hopwood 2005, Vetter 2008, 2015).

Posteriormente, sigue la etapa de abrazo y cópula, durante el cual la hembra parece estar en un trance fijo. La cuarta etapa varía de no receptividad a acoplamiento repetido, la hembra mata al macho (2.5%) o el macho le da a la hembra una mordida no fatal (Bonnet y cols. 1996). Se tienen observaciones preliminares hechas en el Laboratorio de Aracnología (LATLAX) del Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología, UNAM de *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón, Cortez-Roldán, Juárez-Sánchez & Solís-Catalán 2018, donde el macho comienza a vibrar el primer par de patas y la hembra si esta receptiva responde a dichas vibraciones, una vez que el macho se detiene la hembra comienza a tocar con el primer par de patas y el macho responde con más vibraciones; para esta especie, las cópulas al parecer duran entre 5-8 segundos.

En comparación con otras arañas, las arañas *Loxosceles* tienen una fecundidad baja. Se tienen reportes de algunas especies como: *L. reclusa* Gertsch y Mulaik 1940 con un promedio de 50 huevos por ovisaco con 48% de éxito de eclosión, *L. laeta* en condiciones de laboratorio restringida a un apareamiento presento un promedio de 40 huevos por ovisaco con 70% de éxito de eclosión. Algunos ovisacos que fueron recolectados en campo presentaron un promedio de 50 huevos (80% de éxito de eclosión), con números de fecundidad similares para otras especies como: *L. gaucho* Gertsch 1967 con un promedio de 61 huevos por ovisaco, *L. hirsuta* Mello-Leitão, 1931 con un promedio de 34 huevos por ovisaco con 93% de éxito de eclosión (Vetter 2008). Para el caso de las especies mexicanas de *Loxosceles*, se ha observado recientemente en estudios realizados en el LATLAX; que en un ovisaco de una hembra de *L. misteca* Gertsch 1958 recolectado en campo presentó un total de 107 juveniles recién eclosionados, de igual forma en dos hembras más de *L. misteca*, recolectadas en el 2017, se revisó un ovisaco por cada una y se contabilizó para el ovisaco de la primer hembra un total de 21 juveniles eclosionados, para el ovisaco de la segunda hembra un total de 37 individuos eclosionados, en otro ovisaco de una hembra de *L. chinateca* se contabilizó un total de 15 juveniles eclosionados.

Estas arañas no se consideran agresivas a pesar de los mitos respecto a este grupo, se ha observado que pueden compartir el mismo microhábitat con canibalismo mínimo, siempre y cuando las condiciones de alimento sean las óptimas (Bonnet y cols. 1996, Sandidge y Hopwood 2005, Vetter 2008, 2015). Son cazadoras activas que no hacen redes para la captura de presas, se les encuentra en mayor actividad por las noches, se alimenta de otros artrópodos pequeños,

Sandidge (2003) reveló que *L. reclusa* exhibe una clara preferencia por presas muertas sobre presas vivas (Bonnet y cols. 1996, Sandidge 2003, Vetter 2008).

En cuanto a la sobrevivencia, se considera que las arañas *Loxosceles* tienen una larga vida en comparación con arañas enteleginas, por ejemplo, el ciclo de vida es de alrededor de un año (Vetter 2008). Para el caso de *L. reclusa* en observaciones de laboratorio Hite y cols. (1966), observaron que la vida media de machos fue 543 días, y de las hembras 627 días. Una sola hembra sobrevivió durante 894 días, y un solo macho 796 días (Sandidge y Hopwood 2005). Elzinga (1977) mostró que bajo temperaturas más bajas y estables las arañas sobrevivieron significativamente más tiempo que en condiciones descritas en Hite y cols. (1966); la esperanza de vida promedio para los machos fue de 646 días y para las hembras de 794 días. Por ejemplo, un macho sobrevivió durante 897 días, y el 25% de las hembras duró más de 1 000 días, de igual forma una hembra vivió 1 755 días y otros 1 434 días (Bonnet y cols. 1996, Sandidge y Hopwood 2005, Vetter 2008, 2015). Otra característica es que las arañas *Loxosceles* tienen la capacidad de sobrevivir a largos periodos sin comida, ni agua, esto se debe a que presentan un metabolismo lento, en comparación con arañas de tamaño similar. Tienen poca capacidad de dispersión, a diferencia de otras arañas, al ser haplóginas no se dispersan a larga distancia mediante *ballooning*, sino que se dispersan caminando sobre el suelo (Sandidge y Hopwood 2005, Binford y cols. 2008, Vetter 2008).

Las arañas del género *Loxosceles* pueden ser encontradas en altas densidades en ambientes antropogénicos, se tiene el reporte de una familia en Kansas, Estados Unidos que recolectó 2 055 arañas de *L. reclusa* dentro de su casa en seis meses, por otro lado, en esa misma ciudad se encontró que 22 de 25 casas albergaban a *L. reclusa* con un promedio de 84 a 115 arañas por casa. En una encuesta chilena, el 29% de los hogares estaban infestados de arañas *L. laeta*, cinco de las viviendas rurales más infestadas presentaron un promedio de 163 a 656 especímenes (Schenone y cols. 1970, Vetter 2008). En un granero de Oklahoma, Estados Unidos, un equipo de arcnólogos recolectó 1 150 *L. reclusas* en tres noches consecutivas con una pequeña disminución de los números a medida que avanzaba la recolección; de igual manera el caso de una colecta manual donde se colectaron más de 80 arañas *Loxosceles* en menos de una hora (Sandidge 2003, Vetter 2003, 2008). Para el caso de México, recientemente en una

casa deshabitada en el Estado de Tlaxcala, se recolectó un total de 71 especímenes de *Loxosceles tenochtitlan* en una hora y media por cuatro personas (*obs. pers.*).

Los límites inferiores y superiores para la tolerancia a la temperatura por parte de las arañas *Loxosceles* no se tienen con exactitud, sin embargo, existen observaciones de laboratorio sobre límites de actividad para las siguientes especies: *L. reclusa* de 4.5° a 43° C, para *L. intermedia* Mello-Leitão, 1934 (35° C) y *L. laeta* (32° C); la tolerancia más bajo fue 27° C para ambas especies (Vetter 2008).

2. ANTECEDENTES

2.1 Morfometría Líneal y geométrica en Arácnidos

La morfometría es el estudio de la covariación de la forma con factores subyacentes (Toro y cols. 2010, Adams y cols. 2004). Su desarrollo en las últimas décadas ha alcanzado áreas de la biología tradicionalmente dedicadas al estudio descriptivo, como las ciencias morfológicas, las que con las nuevas herramientas de morfometría geométrica han logrado no sólo objetivar la evaluación cuantitativa de los cambios morfológicos, sino también la evaluación cualitativa a través de la recuperación del estudio de la forma (Toro y cols. 2010, Adams y cols. 2004).

Respecto a estudios usando morfometría geométrica en arácnidos, tenemos el de Bond y Beamara (2006), que realizan un análisis de la forma del caparazón en arañas migalomorfas y su información como un carácter filogenético, donde concluyen que la forma del caparazón no es un carácter útil para los estudios sistemáticos de las relaciones de las migalomorfas. Crews (2009) realiza una evaluación de la variación genital de pedipalpos y epiginios de arañas del género *Homalonychus* Marx 1891 (familia Homalonychidae), para medir la variación intra e inter específica tanto en hembras como en machos encontrando que la mayor variación se condensa en dos o tres grupos según las estructuras examinadas. Los resultados también mostraron que los análisis de los epiginios de las hembras no separan los grupos tan fácilmente como los análisis de los pedipalpos en los machos y que la gran cantidad de variación presente en algunas estructuras no está correlacionada con la geografía o la estructura genética de la población. Costa-Schmidt y Mellender de Araújo (2010) analizaron la variación genital y la discriminación taxonómica en el género de arañas semiacuáticas *Paratrechalea* Carico 2005 (familia Trechaleidae), encontrando una clara evidencia de divergencia interespecífica cuantitativa y variación intraespecífica en la forma genital de *Paratrechalea azul* Carico 2005, *Paratrechalea ornata* Mello-Leitão 1943 y *Paratrechalea galianoae* Carico 2005. En ambos sexos, esta variación sugirió un patrón de desplazamiento de caracteres entre dos poblaciones sintomáticas de *P. azul* y *P. ornata*, y también un posible caso de cripsis de especies en *P. ornata*. Carvalho y cols. (2010) realizaron la descripción de una nueva especie de solífugo del género *Mummucia* (familia Mummucidae) de Piauí, del noreste de Brasil, además de una comparación morfométrica entre la nueva especie y *Metacleobis fulvipes* Roewer 1934. Bechara

y Liria (2012) analizaron la conformación y tamaño isométrico en cinco especies de escorpiones en Venezuela *Centruroides testaceus* (De Geer 1778), *Rhopalurus laticauda* Thorell 1876, *Tityus clathratus* C.L.Koch 1844, *Tityus discrepans* (Karsch 1879), y *Tarsoporosus yustizi* (González 1983); encontrando que el tamaño de la patela, coxas, esternón, caparazón y quela son congruentes con lo reportado en la literatura para las dimensiones totales. Fernandes de Acevedo (2012), realiza un estudio sobre sistemática y evolución de arañas bananeras del género *Phoneutria* Perty 1833 (familia Ctenidae) usando evidencias moleculares, morfológicas y ecológicas. En este estudio realizan la determinación taxonómica de cuatro especies mediante morfometría líneal y el análisis morfométrico, realizado con hembras y machos de tres especies que presentaban una morfología de genitalia conservada. Los resultados arrojaron que solo dos especies eran similares en la parte genital, pero se diferenciaban por la coloración ventral del abdomen.

En cuanto a los trabajos realizados en México sobre morfometría con arácnidos, el trabajo con escorpiones de Ponce-Saavedra y cols. (2009) elevan a nivel de especie a *Centruroides tecomanus* Hoffmann 1932, usando evidencia morfométrica y molecular, antes clasificada como la subespecie *Centruroides limpidus tecomanus*. Baldazo-Monsivaiz y cols. (2013) describen *Centruroides villegasi* (Baldazo-Monsivaiz, Ponce-Saavedra y Flores-Moreno 2013) usando evidencia morfológica e incluyen un análisis morfométrico. Ojeda y cols. (2015) quienes realizan un análisis del polimorfismo del ácaro *Dermatophagoides* (familia Pyroglyphidae), registrando por primera vez el andropolimorfismo en los machos de este género y diferencias morfológicas entre dos morfos del mismo. En los últimos cinco años. Córdova (2015) realiza un estudio sobre los cambios durante el desarrollo postembrionario en la morfología del pseudoescorpion *Dinocheirus tenoch* Chamberlin 1929 en condiciones de laboratorio, usando morfometría geométrica.

2.2 Morfometría línea y geométrica en *Loxosceles*

En cuanto a estudios realizados con morfometría lineal, tenemos el de Planas y Ribera (2015), quienes aparte de realizar un estudio molecular para la delimitación de especies, realizan un análisis morfológico lineal de las especies de *Loxosceles* en las Islas Canarias, al norte de África. En este estudio realizaron mediciones de la longitud máxima del caparazón (LC), el ancho máximo del caparazón (AC) en posición dorsal, las patas se midieron (excluyendo longitud de coxa y trocánter) en vista lateral a lo largo del margen dorsal esto en las cuatro patas. En dicho trabajo, realizaron también la medición de palpos de machos en vista lateral, excepto de la tibia y el tarso, para el caso de las hembras tomaron algunas medidas adicionales en especial de los holotipos y paratipos, Longitud cefálica (LCP), el ancho de la cabeza (PCA), diámetro de: ojos medios (OM), ojos laterales anteriores (OLA), ojos laterales posteriores (OLP), distancia entre los ojos laterales (DO), los ojos medios, el alto del clipeo y la longitud del abdomen. El análisis de las mediciones de las patas arrojó una diferencia significativa entre el largo de las patas entre todas las seis especies descritas, tanto en hembras como en machos. Canals y cols. (2016) analiza el dimorfismo sexual y la morfología funcional de las extremidades de *L. laeta*, fotografiaron con cámara digital a los individuos junto a una referencia de dimensión conocida (reglilla graduada (10/7mm)). A cada individuo le tomaron un número variable de fotografías, suficiente para mostrar cada artejo de cada una de las patas y realizaron las medidas lineales del largo de la pata uno. Los resultados arrojaron que los machos presentaban mayores longitudes en las patas que las hembras y alometría negativa de las extremidades tanto hembras como machos. Tahami y cols. (2017) describen una especie nueva de *Loxosceles* en cuevas de Irán, con datos moleculares y morfológicos, realizaron la digitalización de los especímenes, para sacar las medidas morfológicas como la longitud máxima del caparazón (LC), y el ancho máximo del caparazón (AC) en posición dorsal; el largo de los segmentos de las patas, excluyendo la coxa y el trocánter en vista lateral a lo largo del margen dorsal de las cuatro patas. Los palpos de los machos fueron medidos en vista lateral, excluyendo la tibia y el tarso. El diámetro de los ojos laterales anteriores (OLA), ojos laterales posteriores (OLP), y los ojos medios posteriores (OMP). La distancia entre los ojos laterales anteriores (OLA) y los ojos laterales posteriores (OLP). En estudios más recientes, Souza y Ferreira (2018) realizan la descripción morfológica de *Loxosceles troglobia*, una nueva especie troglomórfica en Brasil, en la cual realizan una

comparación de la elongación de las patas de machos y hembras de esta nueva especie con otras especies del grupo *gaucho*, esto para discutir si el tamaño de las patas largas era resultado de un troglomorfo o adaptación al ambiente cavernícola.

Para México, hasta el momento solo se tiene el trabajo de Salazar (2016), quien realiza un análisis morfométrico y líneal de estructuras somáticas de arañas del género *Loxosceles* del estado de Tamaulipas (*Loxosceles devia*), donde realizan la digitalización de los especímenes para sacar las medidas morfológicas como longitud del caparazón (LC), ancho del caparazón (AC), Longitud de las patas derechas (LP I-IV), Largo del opistosoma (LO) y ancho del opistosoma (AO), esto con la finalidad de poder separar a los especímenes por grupos de edad. Para la parte morfométrica, colocaron los landmarks solamente en el caparazón, esto para conocer la variación morfológica de los ejemplares.

Cabe señalar que el presente trabajo es la segunda contribución de un análisis morfométrico para el conocimiento de este género de arañas en México, donde además de estructuras somáticas, se analizaran estructuras secundarias (patas y caparazón) y el dimorfismo sexual entre machos y hembras de las especies de la región Centro-Occidente.

3. JUSTIFICACIÓN

La revisión más completa y reciente del género *Loxosceles* para México y Norteamérica fue realizada hace 35 años, la cual fue hecha con base en taxonomía tradicional, en la cual se muestra una marcada variación intra e interespecífica en los receptáculos seminales de las hembras. Sin embargo, en los machos no es posible apreciar esta variación intraespecífica. Aunado a lo anterior, se desconoce si en las arañas de este género se presenta un dimorfismo sexual significativo en estructuras secundarias como son patas y caparazón. Por lo que este trabajo aportara información morfológica útil para la identificación y delimitación de las especies del género *Loxosceles* del Centro-Occidente de México, además de conocer si en las arañas de este género se presenta un dimorfismo sexual significativo en estructuras secundarias (patas y caparazón) entre hembras y machos.

4. HIPÓTESIS

Las especies del género *Loxosceles* del Centro-Occidente de México presentarán variación morfológica interespecífica en estructuras sexuales y somáticas.

Las arañas del género *Loxosceles* del Centro-Occidente de México presentarán dimorfismo sexual en cuanto a largo de la pata uno y el ancho y largo del caparazón.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Realizar un análisis de la variación intra e interespecífica de estructuras somáticas y sexuales utilizando morfometría geométrica y líneal en especies del género *Loxosceles* Heineken y Lowe, 1832 del Centro-Occidente de México, con la finalidad de establecer su validez e implicaciones taxonómicas, así como el estudio del dimorfismo sexual entre machos y hembras.

5.2 Objetivos particulares

1. Estudiar la variación morfométrica intra e interespecífica del pedipalpo de los machos¹¹ especies de *Loxosceles* de la región Centro-Occidente de México.
2. Analizar el dimorfismo sexual estudiando la variación en longitudes de las patas y el ancho y largo del caparazón (morfometría líneal) y en la forma del caparazón (morfometría geométrica).
3. Analizar la variación intra e interespecífica de estructuras somáticas dentro del género (pata 1, caparazón).
4. Aportar información morfológica adicional para la redescipción y descripción de especies nuevas del género *Loxosceles*.

6. METODOLOGÍA

6.1 Colecciones científicas

Se revisaron ejemplares del género *Loxosceles* depositados en las siguientes colecciones biológicas nacionales:

- 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 Nacional de Arácnidos (CNAN), Instituto de Biología (IBUNAM), UNAM, México; la CNAN alberga la mayor colección biológica de arañas del género *Loxosceles* en México, actualmente ya se tiene disponible todo este material en el laboratorio. Responsable: Dr. Oscar Federico Francke Ballvé.

6.2 Trabajo de campo

Se llevaron a cabo 14 salidas a campo para la recolecta de los especímenes a las localidades tipo que cita Gertsch y Ennik, (1983) y las localidades registradas en las colecciones, así como a nuevos sitios de muestreo para la recolecta de especímenes, de las cuales se obtuvo material reciente para el desarrollo de este trabajo (Cuadro 2). Debido a que son arañas de importancia médica, los ejemplares fueron recolectados cuidadosamente de forma manual utilizando guantes y pinzas aracnológicas, depositándolos posteriormente en viales y frascos con alcohol etílico al 80% con sus datos correspondientes de recolecta. Para futuros estudios moleculares, algunos ejemplares se depositaron en viales con alcohol etílico al 96% o absoluto (100%) y refrigerados a -20 °C. El material recolectado se depositó en el Laboratorio de Aracnología (LATLAX) del Laboratorio de Biología Molecular del Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología UNAM, sede Tlaxcala.

Cuadro 3. Muestreos de campo realizados para la recolecta de especímenes utilizados para este estudio.

Mes	Estado	Ejemplares colectados e identificados.	Especies
marzo 2017	Puebla	62	<i>Loxosceles malintzi</i>
	Hidalgo	57	<i>Loxosceles jaca</i> ,
		35	<i>Loxosceles nahuana</i> ,
		28	<i>Loxosceles tenango</i>
abril 2017	Tlaxcala	2	<i>Loxosceles tenochtitlan</i>
mayo 2017	Puebla	1	<i>Loxosceles malintzi</i>
	Tlaxcala	2	<i>Loxosceles tenochtitlan</i>
julio 2017	Puebla- Oaxaca	36	<i>Loxosceles malintzi</i>
		5	<i>Loxosceles tehuana</i>
septiembre 2017	Guerrero	56	<i>Loxosceles misteca</i>
		24	<i>Loxosceles malintzi</i>
		34	<i>Loxosceles zapoteca</i>
		37	
	Tlaxcala	88	<i>Loxosceles tenochtitlan</i>
	Hidalgo	258	<i>Loxosceles jaca</i> <i>Loxosceles tenango</i> <i>Loxosceles nahuana</i>
junio 2018	Tlaxcala	43	<i>Loxosceles tenochtitlan</i>
agosto 2018	Tlaxcala	17	<i>Loxosceles tenochtitlan</i>
octubre 2018	Guerrero	350	<i>Loxosceles morfo</i> . “costa” <i>Loxosceles morfo</i> . “quechultenango” <i>Loxosceles misteca</i> <i>Loxosceles malintzi</i> <i>Loxosceles zapoteca</i>
enero 2019	Hidalgo	10	<i>Loxosceles sp. nov.</i>
Total		778	

6.3 Observación de especímenes e identificación

Una vez revisadas las colecciones científicas, se seleccionaron aquellos especímenes adultos que pertenecían a localidades del Centro-Occidente de México. Con ayuda de un microscopio estereoscópico Zeiss Stemi 508, se llevó a cabo las disecciones de los pedipalpos de los machos y los receptáculos seminales de las hembras en alcohol etílico al 80%, para su identificación basándonos en el trabajo de Gertsch y Ennik (1983). Los especímenes fueron colocados en tubos de vidrio con los datos correspondientes de colecta, frasco del que se tomó y la especie, posteriormente se registraron en una base de datos en el programa Excel y se les asignó un código. Para los análisis morfométricos, se realizó la toma de fotografías de diferentes estructuras; primeramente se preparó la muestra, colocando las estructuras en cajas de Petri a las cuales se les colocó una gota de alcohol en gel para evitar que la estructura se moviera, posteriormente se agregó alcohol etílico al 80% para cubrir la estructura y evitar difracción de la luz, posteriormente se utilizó un microscopio estereoscópico mecanizado marca Zeiss AXIO Zoom.V16 que incluye una cámara Zeiss AxioCam 506 y software Zeiss para el procesamiento de imágenes, todo este equipo está disponible en LBCTV.

6.4 Fotografías para el análisis de Morfometría Geométrica (MG)

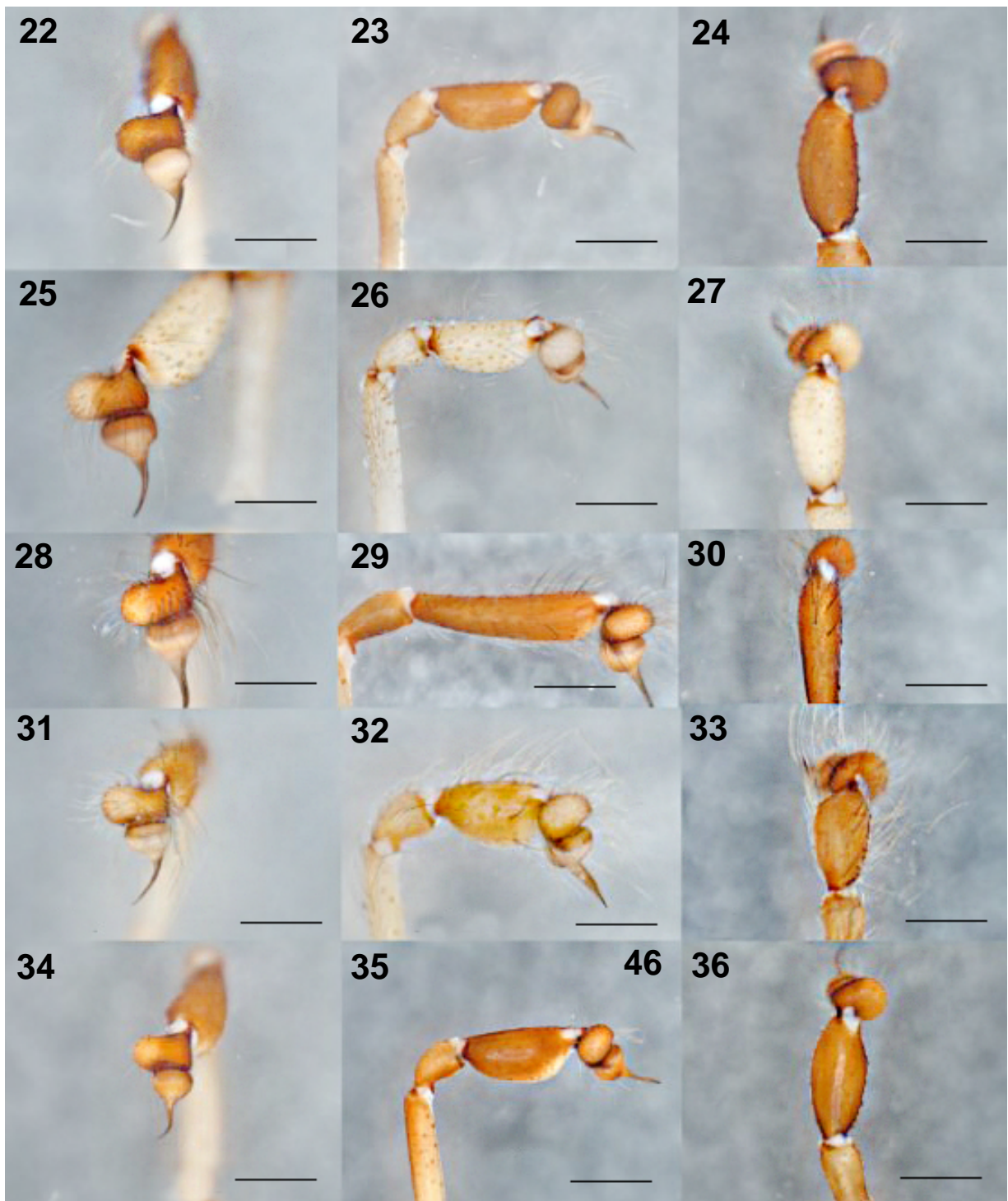
Se tomaron un total de 590 fotografías digitales, de 245 especímenes (115 machos y 130 hembras) de 11 especies del Centro-Occidente de México (Cuadro 3) para los análisis de MG. Las fotografías fueron tomadas en vista retro lateral de la tibia del pedipalpo del macho, vista dorsal de la tibia del pedipalpo, vista apical del bulbo y del émbolo (Figuras 22-36), y vista dorsal del caparazón de hembras y machos (Figuras 37-47) (Cuadro 4). Las fotografías fueron guardadas en formato .jpg a una resolución de 96 ppp (pulgadas por píxel).

Cuadro 4. Ejemplares de arañas *Loxosceles* del Centro-Occidente de México fotografiados para el análisis de Morfometría Geométrica (MG).

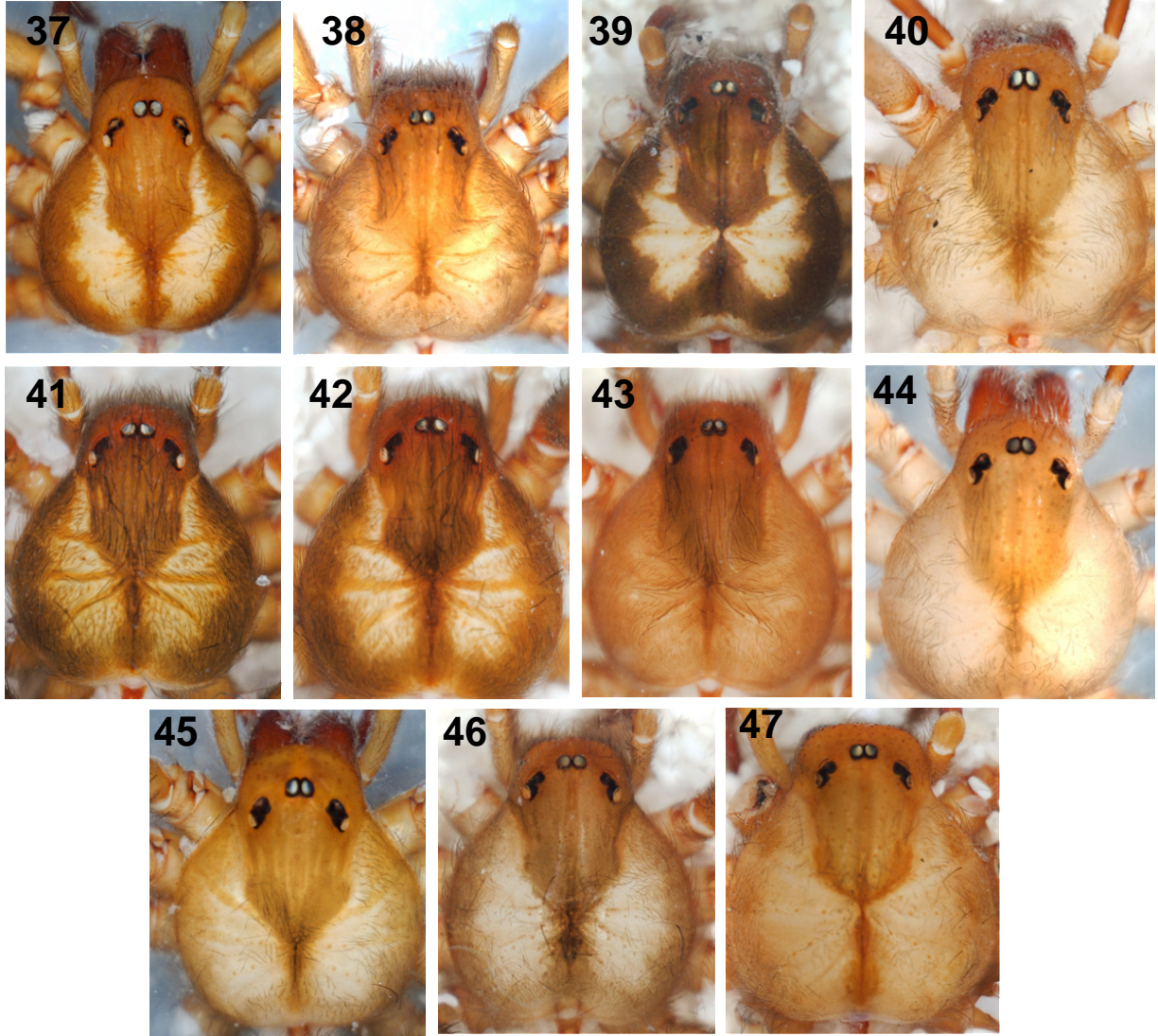
Especies	Machos	Hembras
1. <i>L. colima</i>	9	11
2. <i>L. jaca</i>	10	19
3. <i>L. malintzi</i>	15	15
4. <i>L. misteca</i>	10	10
5. <i>L. morfo</i> “costa”	17	17
6. <i>L. morfo</i> “quechultenango”	10	10
7. <i>L. nahuana</i>	9	9
8. <i>L. sp. nov.</i>	5	5
9. <i>L. tenango</i>	6	10
10. <i>L. tenochtitlan</i>	14	14
11. <i>L. zapoteca</i>	10	10
Total	115	130

Cuadro 4. Total, de fotografías tomadas para morfometría geométrica, por especie y estructura, de hembras y machos.

Especies	Tibia en vista retrolateral	Tibia en vista dorsal	Bulbo y Embolo	Caparazón	Total
1. <i>L. colima</i>	9	9	9	20	47
2. <i>L. jaca</i>	10	10	10	29	59
3. <i>L. malintzi</i>	15	15	15	30	75
4. <i>L. misteca</i>	10	10	10	20	50
5. <i>L. morfo</i> “costa”	17	17	17	34	85
6. <i>L. morfo</i> “quechultenango”	10	10	10	20	50
7. <i>L. nahuana</i>	9	9	9	18	45
8. <i>Loxosceles</i> sp. nov.	5	5	5	10	25
9. <i>L. tenango</i>	6	6	6	16	34
10. <i>L. tenochtitlan</i>	14	14	14	28	70
11. <i>L. zapoteca</i>	10	10	10	20	50
Total	115	115	115	245	590



Figuras 22-36. De izquierda a derecha, fotografías del palpo del macho en vista apical del bulbo y el embolo, vista retrolateral y dorsal de la tibia respectivamente; consideradas para los análisis de morfometría geométrica. **22-24.** *Loxosceles misteca* Gertsch 1958. **25-27.** *Loxosceles zapoteca* Gertsch 1958. **28-30.** *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón, Cortez-Roldán, Juárez-Sánchez y Solís-Catalán 2018. **31-33.** *Loxosceles jaca* Gertsch y Ennik 1983. **34-36.** *Loxosceles colima* Gertsch 1958. Escala: 0.5mm.



Figuras 37-47. Fotografías del caparazón utilizadas para los análisis de morfometría geométrica para las siguientes especies: **37.** *Loxosceles colima* Gertsch 1958, **38.** *Loxosceles jaca* Gertsch y Ennik 1983, **39.** *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón y cols. 2018, **40.** *Loxosceles misteca* Gertsch 1958, **41.** *Loxosceles* morfo "costa", **42.** *Loxosceles* morfo "quechultenango", **43.** *Loxosceles nahuana* Gertsch 1958, **44.** *Loxosceles* sp. nov., **45.** *Loxosceles tenochtitlan* Valdez-Mondragón y Navarro-Rodríguez 2019, **46.** *Loxosceles tenango* Gertsch 1973, **47.** *Loxosceles zapoteca* Gertsch 1958.

6.5 Morfometría geométrica

Utilizando el programa Make Fan 8 versión 1.0 (Sheets y Zelditch 2014), se realizaron las plantillas de cada estructura utilizando marcas y semi marcas. La plantilla de la tibia en vista retro lateral se realizó con dos marcas en la parte apical y dos en la parte inferior basal de extremo a extremo, una vez colocadas las marcas se agregaron los contornos en forma de peine con 12 (superior) y 15 (inferior) líneas respectivamente, con una exageración de 0.3 y 0.8 para posteriormente colocar las marcas y semi marcas (Figura 48). La plantilla del bulbo y el embolo se realizó con un abanico en el bulbo y se colocaron cinco marcas en el embolo (Figura 49). La plantilla de la tibia en vista dorsal se realizó con dos marcas en la parte apical y dos en la parte basal, una vez colocadas las marcas se agregaron los contornos en forma de peine con 12 líneas para ambos contornos en forma de peine, con una exageración de 0.5 para posteriormente colocar las marcas y semi marcas (Figura 50). Para el análisis del caparazón se realizaron dos plantillas, la primera plantilla para el patrón dorsal del caparazón en forma de “violín” con 10 marcas (Figura 51), y la segunda plantilla se colocaron 16 marcas en el contorno izquierdo del caparazón (Figura 52). Posteriormente, con el programa TPsUtil versión 1.76 (Rohlf 2015) se conformó el archivo en formato. tps, para realizar la digitalización de las marcas y semimarcas de los contornos en el programa tpsDig versión 2.31 (Rohlf 2015). Después en el programa CordGen8 versión 1.0 (Sheets y Zelditch 2014) se realizó un alineamiento “Procrustes” para las marcas y con la opción SemiLand incluida en el programa CordGen8 versión 1.0 (Sheets y Zelditch 2014) se realizó el alineamiento de las semimarcas, una vez terminado se procedido al análisis de componentes principales (PCA) con el programa PCAGen8 versión 1.0 (Sheets y Zelditch 2014). Para analizar la formación de grupos en relación con la forma se realizó un análisis de variables canónicas (CVA) con el programa CVAGen 8 versión 1.0. Para ver la variación existente entre los individuos se realizaron las gradillas de deformación y en el programa Regress 8 versión 1.0 (Sheets y Zelditch 2014), se llevó a cabo un análisis de alometría con una regresión para conocer si existía correlación entre el tamaño y la forma de las estructuras. Se realizó una prueba de dimorfismo sexual utilizando morfometría geométrica analizando el patrón dorsal del caparazón y la forma del caparazón entre hembras y machos intra e interespecifica, con ayuda del programa TwoGroup8 versión 1.0 (Sheets y Zelditch 2014). Se obtuvieron las distancias procrustes del programa CVAGen 8 versión 1.0.,

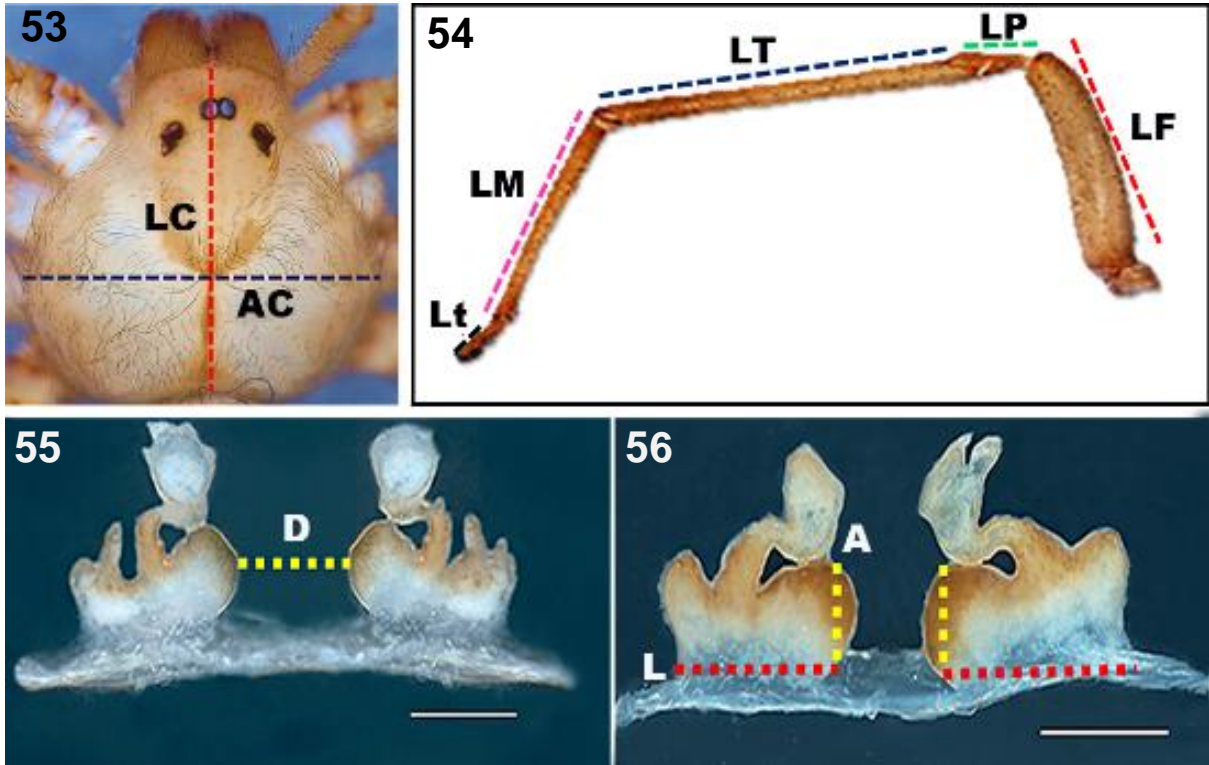
posteriormente se realizó un fenograma en el programa Past versión 3.5, usando el algoritmo UPGMA, para visualizar mejor los grupos.



Figuras 48-52. Plantillas utilizadas para análisis de morfometría geométrica. **48.** Plantilla de la tibia del pedipalpo del macho en vista retrolateral de *Loxosceles misteca* Gertsch 1958. **49.** Plantilla del bulbo y el émbolo *L. misteca*. **50.** Plantilla de la tibia en vista dorsal de *L. misteca*. **51.** Plantilla uno del caparazón de *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón y cols. 2008. **52.** Plantilla dos del caparazón de *Loxosceles malintzi* Valdez-Mondragón y cols. 2008. Los puntos rojos representan las marcas y las líneas representan las plantillas usadas para colocar las semimarcas.

6.6 Morfometría Líneal

Se tomaron medidas de la pata uno en machos y en hembras (L1) y del ancho y largo del caparazón (AC y LC) (Figuras 27-28), con la finalidad de medir la variación de la longitud de la pata 1, del largo del caparazón (LC) y el ancho del caparazón (AC) entre machos y hembras. Para esto, se siguió el método propuesto por Planas y Ribera (2015). Para la parte del análisis estadístico, se realizó una prueba de *T student* (Shapiro-Wilk >0.05) y/o U de Mann-Witney (Shapiro-Wilk <0.05), para conocer la diferencia de la longitud de la pata 1 y el largo y ancho del caparazón entre hembras y machos de las especies analizadas la finalidad de analizar el dimorfismo sexual entre sexos. Para conocer las diferencias interespecíficas de las arañas *Loxosceles*, se realizó una prueba de comparación de medias ANOVA entre los machos y hembras de las especies, para conocer si existe diferencia significativa en la longitud de la pata 1, el largo y el ancho del caparazón. Para el caso de las hembras se tomarán medidas de la separación de los receptáculos espermáticos (Figura 29) y se obtuvo el radio de la base de los receptáculos seminales, midiendo largo y el alto de la base (Figura 30). Posteriormente se realizó una prueba de *T student* para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas tanto en la separación de los receptáculos como en el radio de la base de los receptáculos entre las hembras de una misma especie y un análisis de comparación de medias ANOVA para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas entre las hembras de las 11 especies con relación a la separación de los receptáculos como en el radio de la base de los receptáculos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa R Studio versión 1.1.456.



Figuras 53-56. Medidas utilizadas en Morfometría lineal para el análisis de dimorfismo sexual entre machos y hembras, y para el análisis de variación intraespecífica en los receptáculos seminales de las hembras. **53.** Medidas del caparazón: LC=Largo del caparazón, AC=Ancho del caparazón. **54.** Longitud de la Pata 1: LF=Longitud del fémur, LP=Longitud de la patela, LT=Longitud de la tibia, LM= Longitud del metatarso, Lt=Longitud del tarso. **55.** Distancia considerada entre los receptáculos espermáticos (D). **56.** Radio de la base de los receptáculos espermáticos (L/A). L=Largo de la base de los receptáculos seminales, A=Alto Largo de la base de los receptáculos seminales.

7. RESULTADOS

7.1 Material biológico analizado

Se revisó un total de 413 ejemplares de la CNAN y 1 246 ejemplares del LATLAX, incluyendo el material recolectado en las salidas de campo, lo que dio un total de 1 292 ejemplares. De este material, fueron disectados y analizados 391 ejemplares, 153 machos y 238 hembras de 11 especies del Centro-Occidente de México, para estudios de morfometría líneal y geométrica (Cuadros 2, 3) (Figura 57).

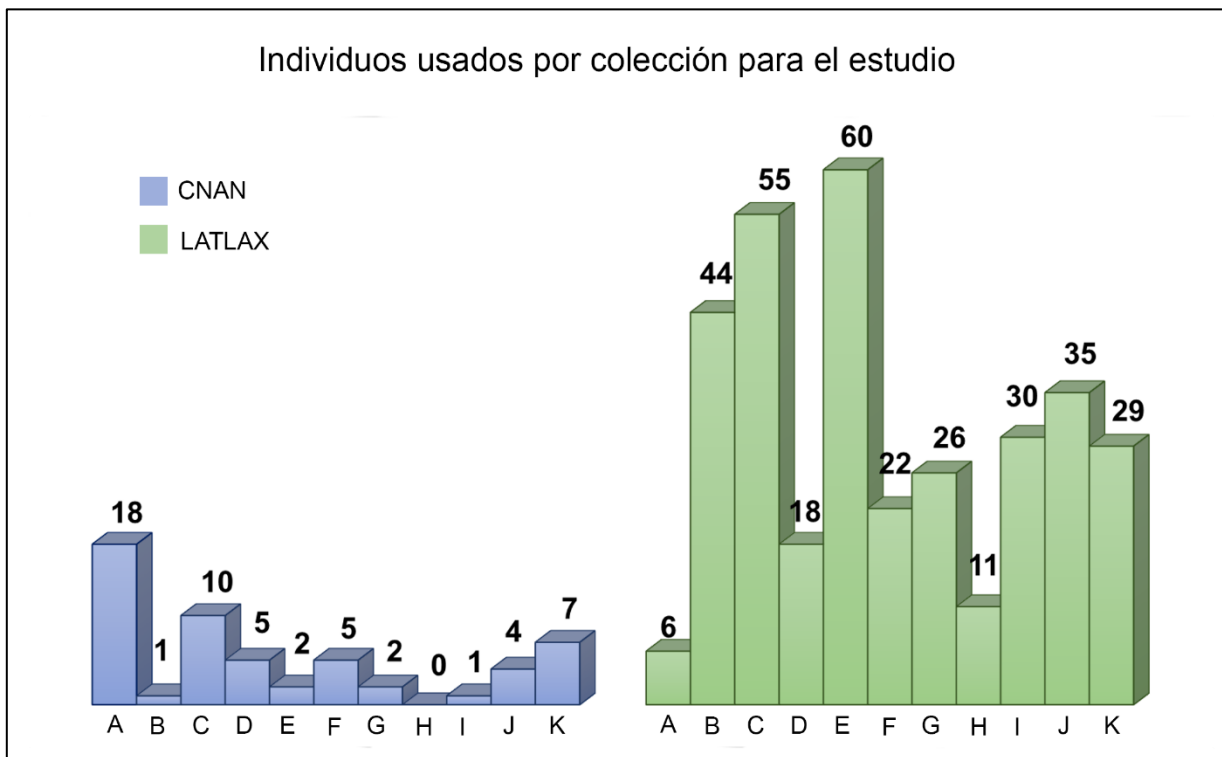


Figura 57. Total, de individuos de *Loxosceles* utilizados para este estudio, separados por colección biológica. CNAN= Colección Nacional de Arácnidos del Instituto de Biología, UNAM. LATLAX= Laboratorio de Aracnología, Instituto de Biología, UNAM sede en Tlaxcala. **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L. morfo* “costa”, **F.** *L. morfo* “quechultenango”, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L. sp. nov.*, **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.

7.3 Morfometría Geométrica (MG)

7.3.1 Análisis de las tibias de los pedipalpos de los machos (vista retrolateral)

El análisis del componente I y II mostró que la dirección de la máxima variación por individuo, la cual se concentra en su mayoría del -0.05-0.1 (PCA1 78%) y de -0.25-0.15 (PCA2 5.4%) (Figura 58). En el componente principal I es donde se concentra la mayor variación de la forma de las tibias, las cuales son más anchas y cortas (Figura 58). 10 de las 11 especies analizadas se concentran en el componente principal I en comparación con el componente principal II, donde solo se encuentra *L. malintzi*, cuya forma de la tibia es considerablemente diferente, caracterizándose por ser mucho más delgada y larga en comparación con el resto de las especies estudiadas (Figuras 22-46). Esto nos da un indicio de que hay una tendencia de que las tibias de los pedipalpos de los machos más alargadas serán más delgadas y las tibias cortas serán más anchas (Figuras 58).

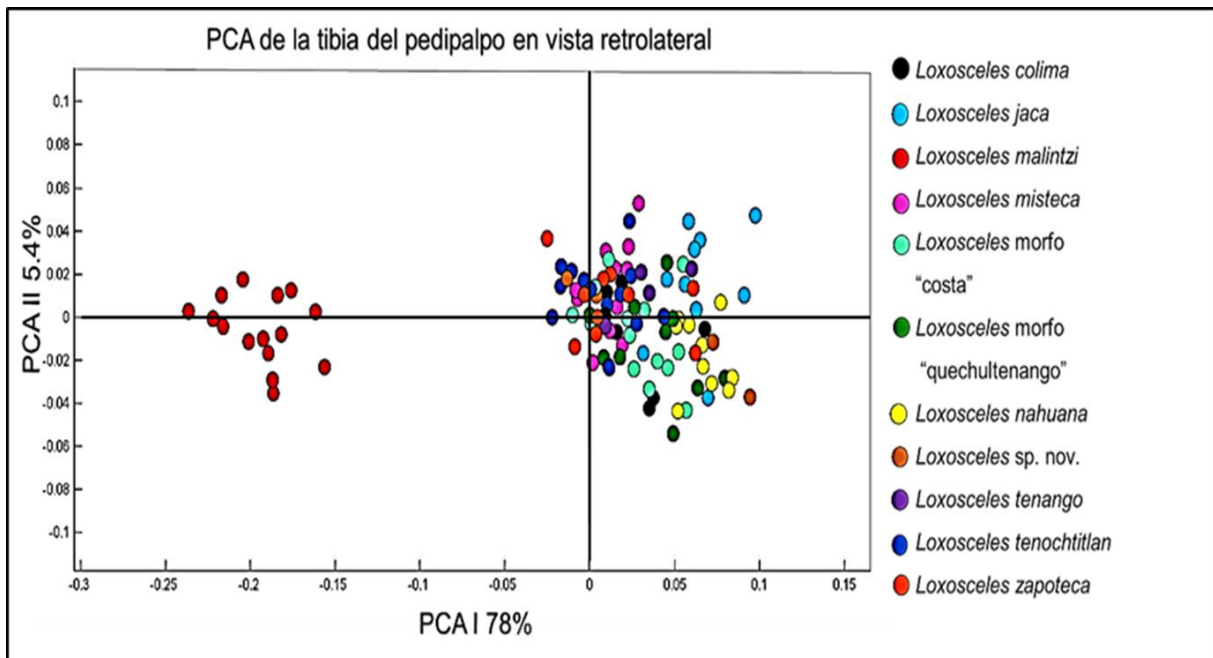


Figura 58. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) comparación de las tibias de los pedipalpos de los machos, en vista retrolateral de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.

El análisis de variables canónicas CVA mostró tres variables canónicas estadísticamente significativas: $\Lambda_1 = 0.0000$, $X^2 = 1016.6986$, $gl = 500$, $p = < 2.22045E-16$; $\Lambda_2 = 0.0004$, $X^2 = 605.9200$, $gl = 441$, $p = 2.82107E-07$; $\Lambda_3 = 0.0021$, $X^2 = 471.9823$, $gl = 3841$, $p = 0.00142275$. Esto indica que se tienen cuatro grupos con diferente forma de la tibia en vista retrolateral, lo que sugiere que existen cuatro morfotipos distintos (Figuras 59-60).

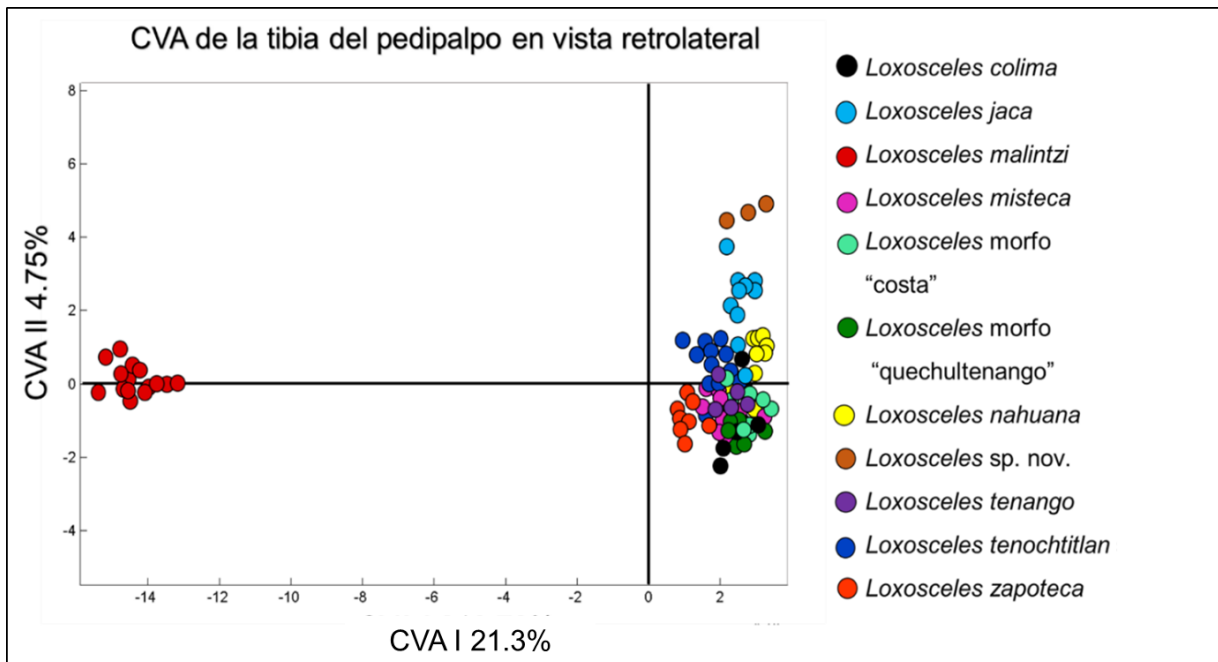


Figura 59. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación a la forma de la tibia de los pedipalpos de los machos en vista retrolateral. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente, en su eje respectivo y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.

En el análisis de agrupamiento fenético (Figura 60), se pueden identificar cuatro grupos; el grupo A corresponde a *L. misteca*, *L. tenochtitlan* y *L. zapoteca*; las cuales presentaron tibias más largas que anchas (Figura 60). Además, podemos apreciar que los vectores de deformación indicaron un ensanchamiento hacia la parte dorsal y ventral, y un acortamiento en la parte basal inferior y en la parte apical (Figura 61). El grupo B corresponde a *L. morfo* “costa”, *L. colima*, *L. morfo* “quechultenango”, *L. tenango*, las cuales presentaron la tibia del pedipalpo igual de larga que ancha (Figura 60). Además, en estas especies se observó un ensanchamiento hacia la parte dorsal y retromarginal, así como un acortamiento en la parte basal inferior y en la parte apical (Figura 62). El grupo C corresponde a *L. nahuana*, *L. sp. nov.* y *L. jaca* las cuales se caracterizaron por tener la tibia del pedipalpo corta y ancha, de aspecto casi circular. Los vectores de deformación indicaron un ensanchamiento hacia la parte dorsal y retromarginal, así como un acortamiento prolongado en la parte basal inferior y apical (Figura 63). El grupo D corresponde a *L. malintzi* cuya forma de la tibia difiere considerablemente del resto de las especies analizadas con una tibia larga y delgada (Figura 64). Para esta especie, podemos observar que los vectores nos indicaron un acortamiento hacia la parte ventral y en la parte basal inferior un alargamiento en la parte superior y un pequeño acortamiento en la parte inferior (Figura 64). En la parte apical es donde podemos observar la mayor deformación. Lo que nos indica, que es en esa parte donde se presenta el cambio con relación a la forma. De igual manera los vectores nos indicaron alargamiento de esta estructura (Figura 64).

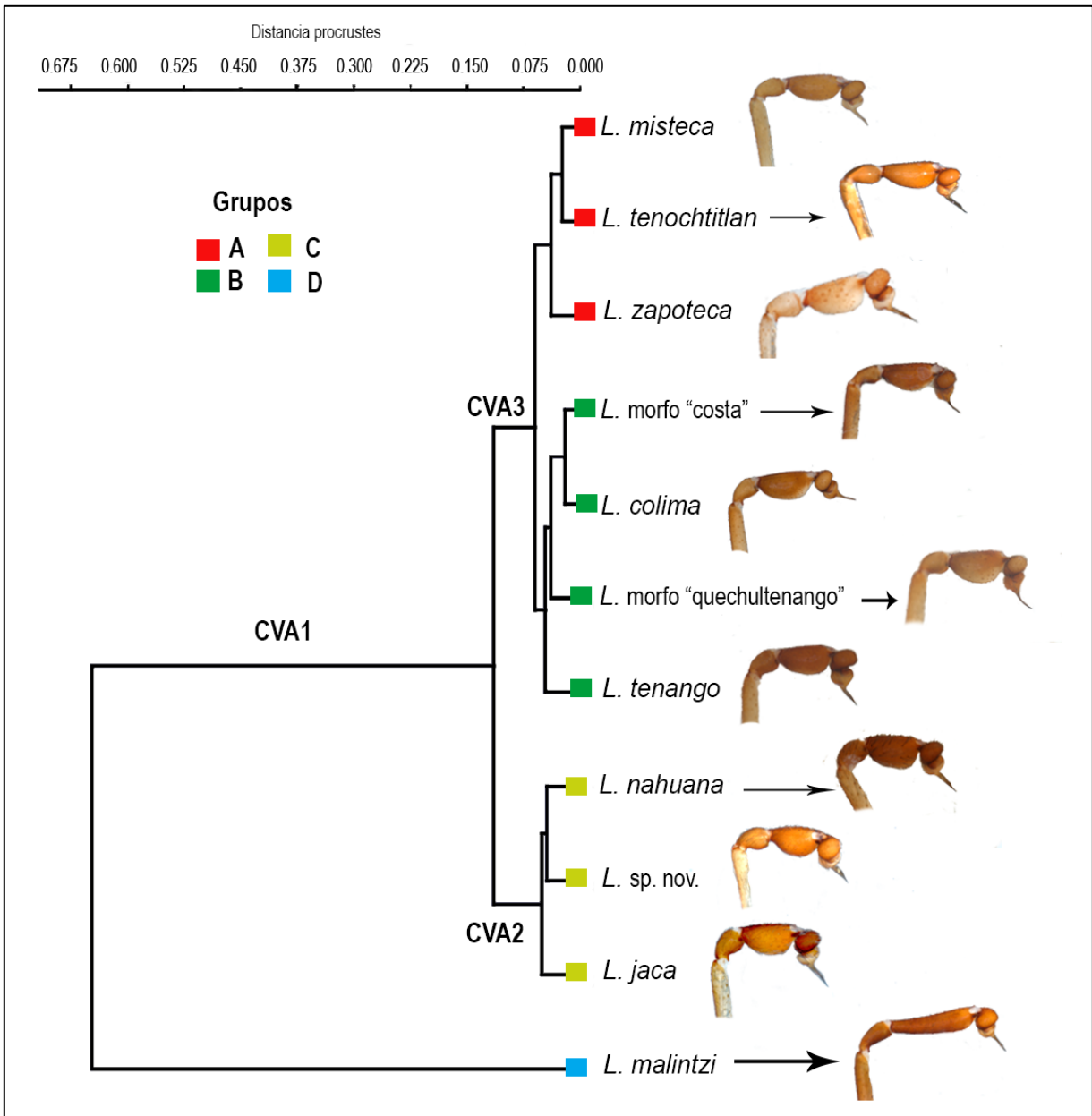


Figura 60. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, de los 108 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo) y grupo D (azul).

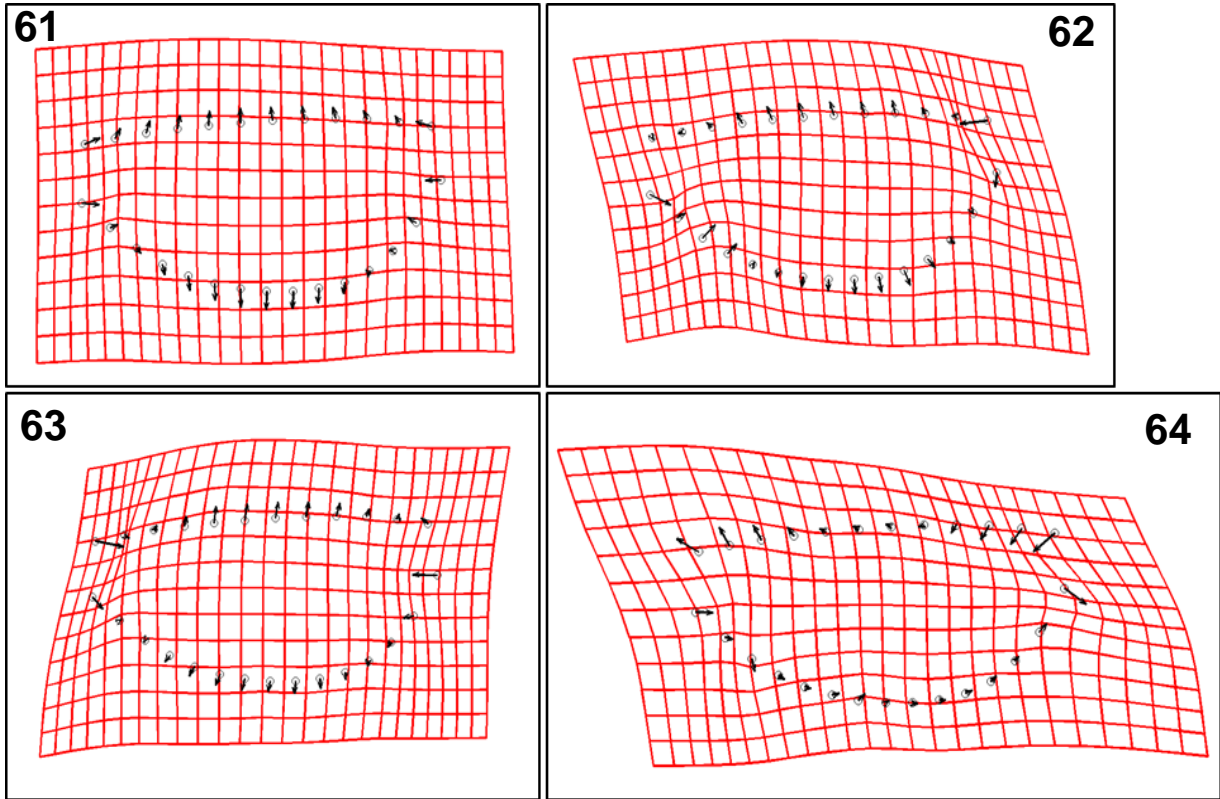
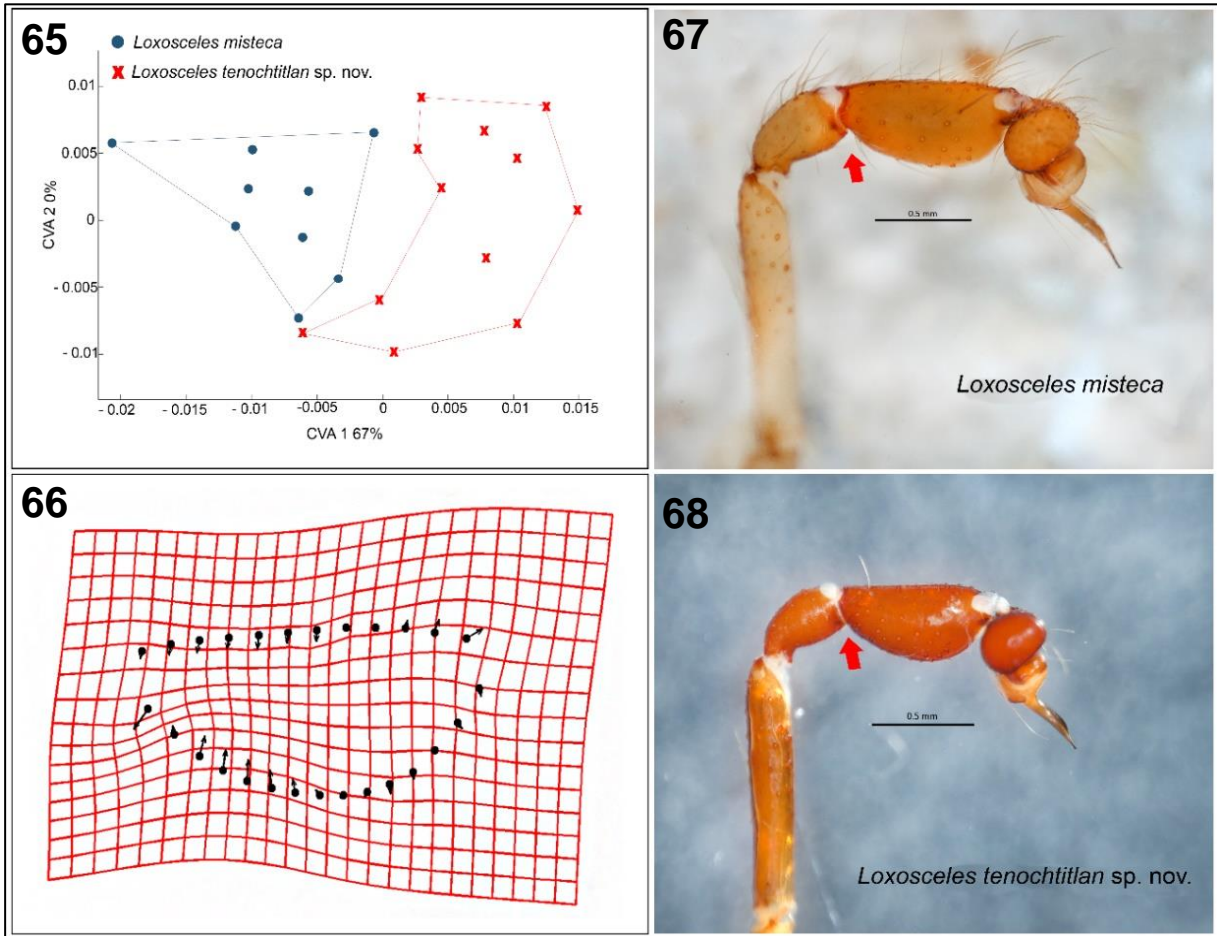


Figura 61-64. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **61.** Grupo A: *L. misteca*, *L. tenochtitlan*, *L. zapoteca*. **62.** Grupo B: *L. morfo* “costa”, *L. colima*, *L. morfo* “quechultenango”, *L. tenango*. **63.** Grupo C: *L. nahuana*, *L. sp. nov.*, *L. jaca*. **64.** Grupo D: *L. malintzi*. Los vectores, nos indican la dirección del cambio en la forma de la tibia del pedipalpo de los machos en vista retrolateral; respecto a la forma promedio de los 108 especímenes de 11 especies analizadas.

Para la descripción de la especie nueva *Loxosceles tenochtitlan* Valdez-Mondragón y Navarro-Rodríguez, 2019, se realizó un análisis de variables canónicas CVA, dónde se comparó la tibia del pedipalpo de los machos en vista retrolateral de *L. tenochtitlan* (Figura 67) con *L. misteca* (Figura 66), especies morfológicamente parecidas. El análisis demostró una diferencia significativa entre ambas especies ($X^2= 10.2555$, $gl= 2$, $p= 0.00593003$, $\Lambda 1= 0.5988$) (Figura 64). Estas diferencias se pueden observar de manera marcada principalmente en la parte basal inferior, así como en la parte apical de las tibias de los pedipalpos, siendo las tibias de *L. tenochtitlan* más delgadas en la parte basal inferior y con una curvatura marcada en la parte apical y en el caso de *L. misteca* la parte basal inferior es más ancha y ligeramente menos curvada en la parte apical (Figura 65) (Valdez-Mondragón y cols. 2019).



Figuras 65-68. Morfometría geométrica de *L. tenochtitlan* y *L. misteca*. **65.** Grafica de CVA donde se observa una diferencia significativa ($X^2= 10.2555$, $gl= 2$, $p= 0.00593003$, $\Lambda_1= 0.5988$) entre ambas especies con relación a la forma de la tibia del pedipalpo. **66.** Gradilla de deformación, los vectores nos indican la dirección de cambio en la forma de la tibia en vista retrolateral del pedipalpo de los machos con respecto a la forma promedio de los 21 individuos analizados de ambas especies. **67.** Tibia del pedipalpo del macho de *L. misteca* en vista retrolateral. **68.** Tibia del pedipalpo del macho de *L. tenochtitlan* en vista retrolateral. Las flechas rojas indican el sitio donde se observa el cambio en la forma de las dos especies analizadas. (Valdez-Mondragón y cols. 2019).

La prueba indicó una Pendiente de 0.9514, un $R^2 = 0.5724$, y una $p < 0.01$ ($\alpha = 0.05$), este resultado nos indica que existe alometría positiva en la tibia del pedipalpo de los machos (Figura 69). Es decir, entre más largas sean las tibias de los pedipalpos la forma de estas será mucho más delgada, y entre más cortas sean las tibias serán más anchas, principalmente en la parte retrolateral y prolateral y en la parte basal inferior y en la parte apical (Figura 70).

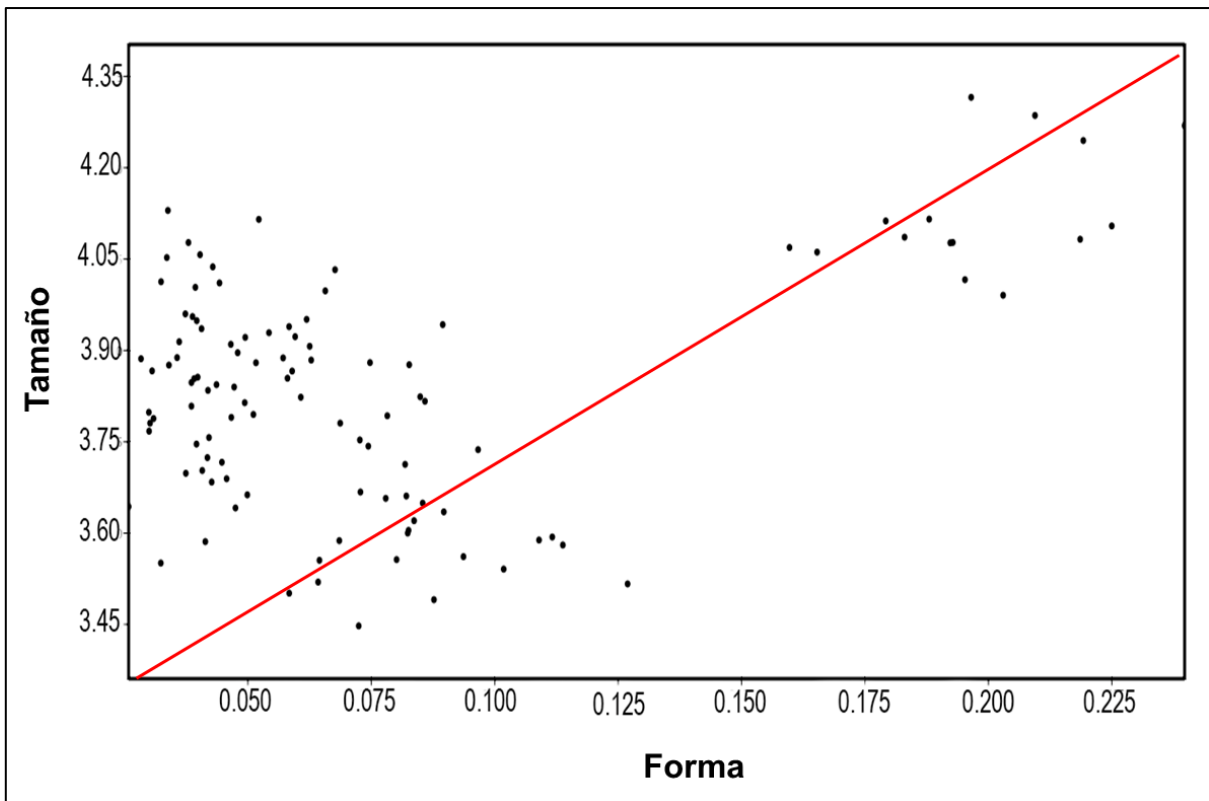


Figura 69. Regresión líneal indicando si existe una relación entre la forma y el tamaño de las tibias de los pedipalpos de los machos en vista retrolateral de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles* del Centro-Occidente de México. Puntos negros indican los individuos analizados, la línea roja es la recta de la regresión.

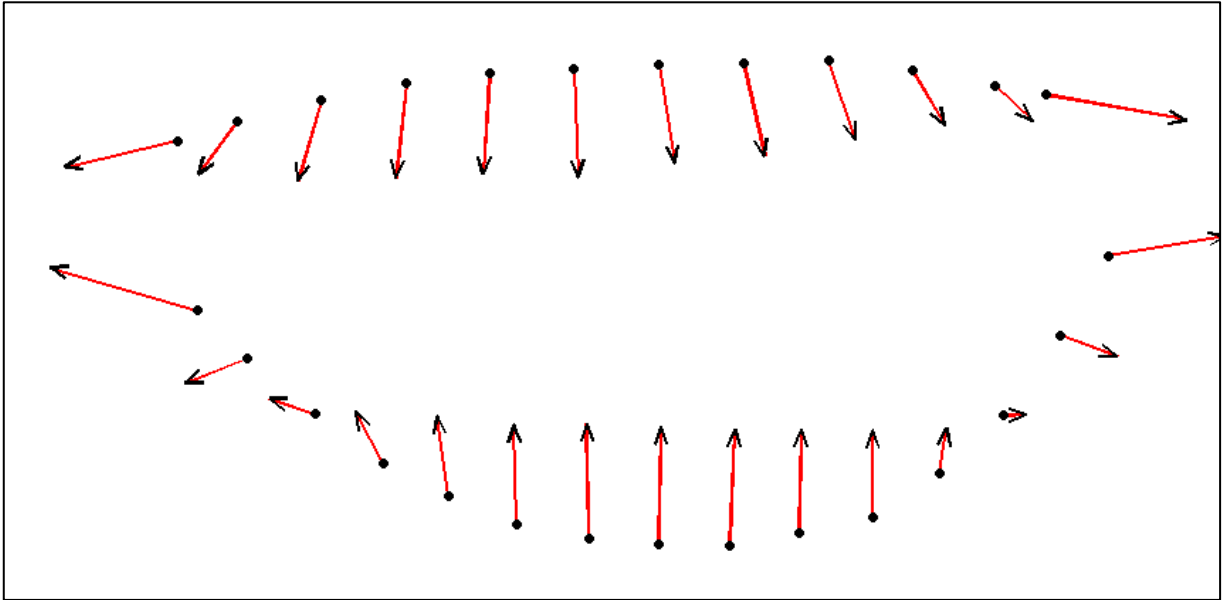
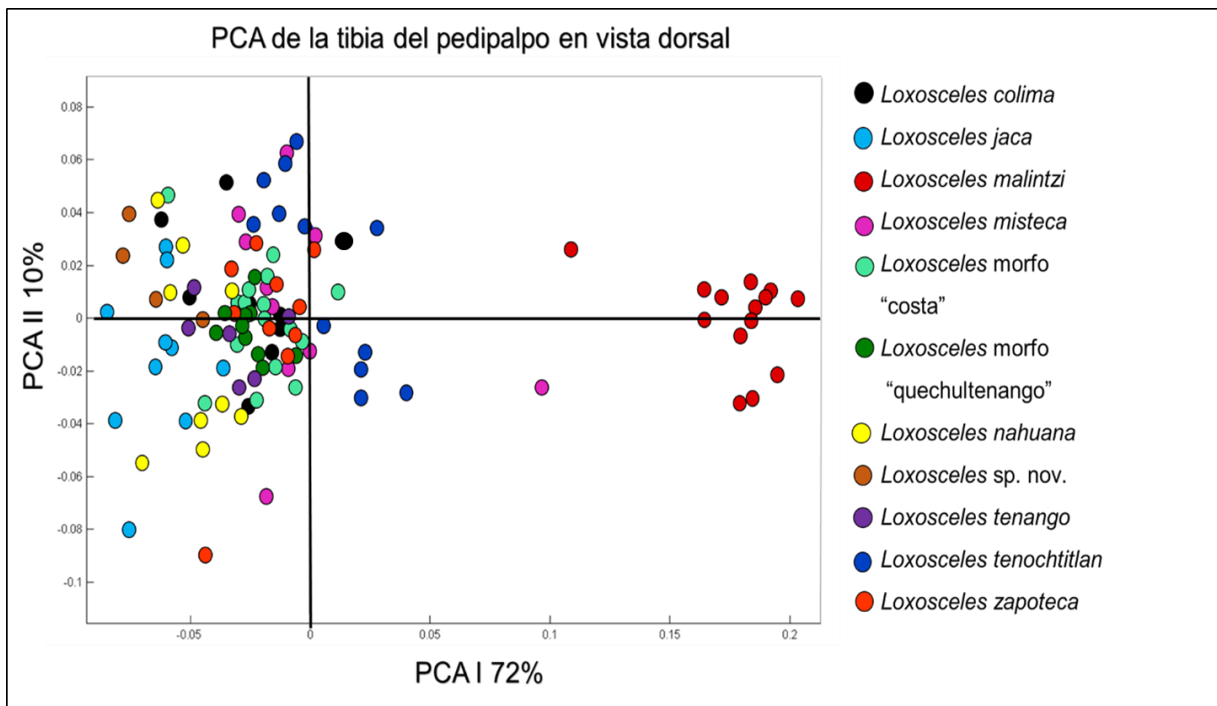


Figura 70. Gráfica de deformación. Los vectores de deformación (flechas) indican la dirección en la que se da el cambio en la forma con respecto al tamaño de la tibia del pedipalpo en vista retrolateral de 108 machos de 11 especies de arañas *Loxosceles* del Centro-Occidente de México. Las tibias largas serán más delgadas y las tibias cortas serán más anchas.

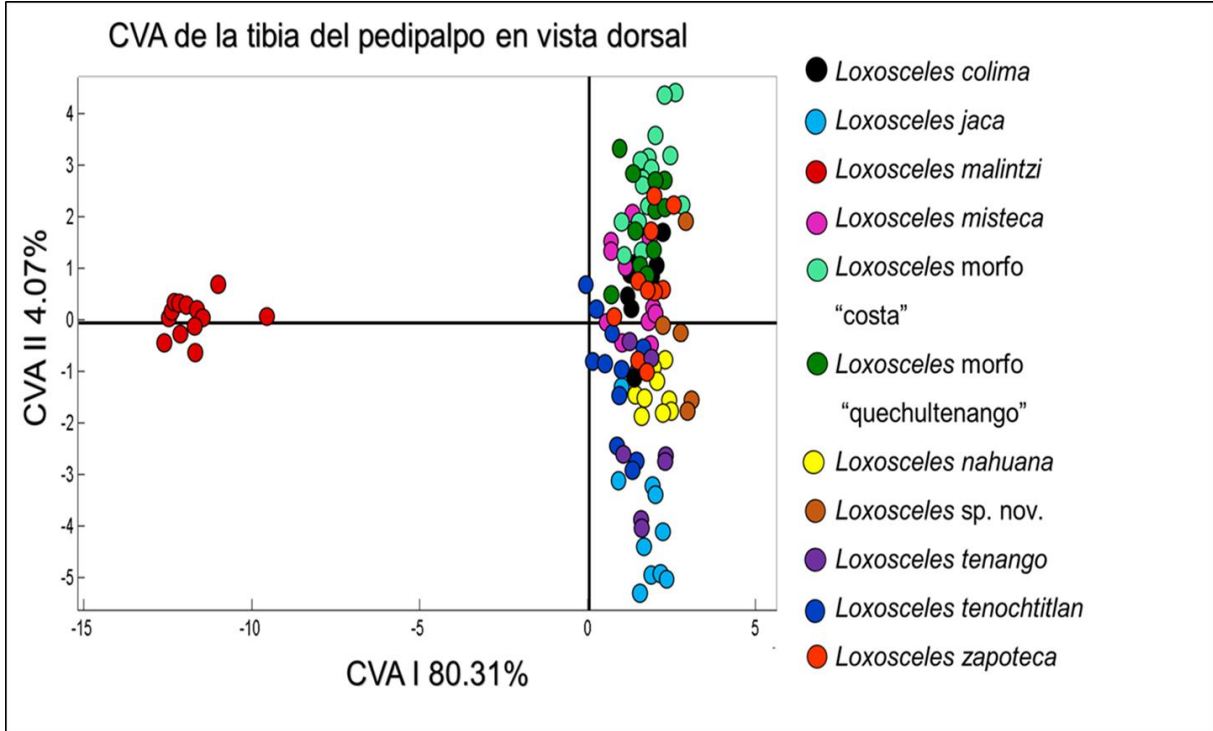
7.3.2 Análisis de las tibias de los pedipalpos de los machos en vista dorsal

El análisis de componente I y II nos muestra la dirección de la máxima variación por individuo, la cual se concentra en su mayoría del 0.1 a 0.2 (PCAI 72%) y de -0.05 a 0.05 (PCAI 10%) (Figura 71). En el componente principal I es donde se concentra la mayor variación de la forma de las tibias con 10 especies de las 11 analizadas, en comparación con el componente principal I donde solo se concentra *L. malintzi* cuya forma de la tibia en vista dorsal se caracteriza por ser mucho más delgada y larga (Figuras 32-47).



Figuras 71. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y), comparación de las tibias de los pedipalpos de los machos en vista dorsal, de 111 individuos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.

El análisis de variables canónicas CVA mostró tres variables canónicas estadísticamente significativas: $\Lambda_1= 0.0000$, $X^2= 894.6784$, $gl=440$, $p= < 2.22045E-16$; $\Lambda_2= 0.0016$, $X^2= 531.8130$, $gl= 387$, $p= 1.35163E-06$; $\Lambda_3= 0.0080$, $X^2= 397.8723$, $gl 336$, $p=0.011316$, este resultado nos indica que se tienen cuatro grupos con diferente forma de la tibia en vista retrolateral, lo que nos indica cuatro morfotipos distintos (Figura 72).



Figuras 72. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 111 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación a la forma de la tibia de los pedipalpos de los machos en vista dorsal. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente, en su eje respectivo y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.

En el análisis de agrupamiento fenético (Figura 73), se pueden identificar cuatro grupos; el grupo A corresponde a *L. misteca*, *Loxosceles tenochtitlan*, las cuales presentan tibias más largas que anchas (Figura 74). Los vectores de deformación indican un alargamiento en la parte basal inferior y apical y un acortamiento hacia la parte prolatral (Figura 75). El grupo B corresponde a *L. morfo* “costa”, *L. zapoteca*, *L. morfo* “quechultenango”, *L. colima* y *L. tenango* las cuales presentan la tibia del pedipalpo igual de larga que ancha (Figura 76). Los vectores de deformación indican un ensanchamiento hacia la parte prolatral, así como un alargamiento en la parte basal inferior y en la parte apical (Figura 77). El grupo C corresponde a *L. nahuana*, *L. sp. nov.* y *L. jaca* las cuales se caracteriza por tener la tibia del pedipalpo corta y ancha. Los vectores de deformación nos indican un ensanchamiento hacia la parte prolatral, así como un acortamiento en la parte basal inferior y apical. El grupo D corresponde solamente a una especie *L. malintzi* que presenta una tibia larga y delgada (Figura 78). Además, podemos observar que los vectores de deformación nos indican un acortamiento hacia la parte retrolateral y en la parte basal inferior y un alargamiento en la parte inferior (Figura 79).

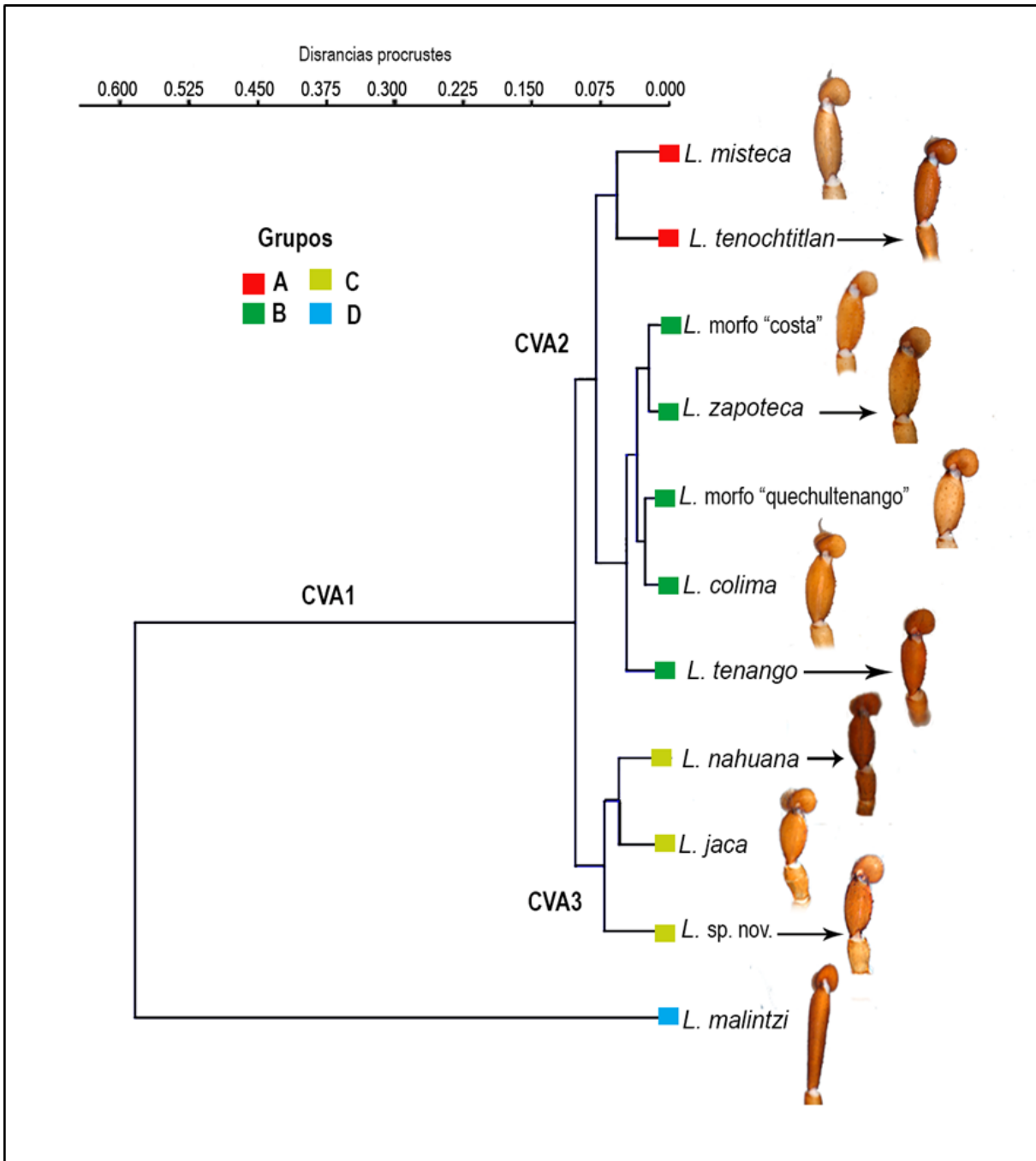


Figura 73. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, de los 111 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo) y grupo D (azul).

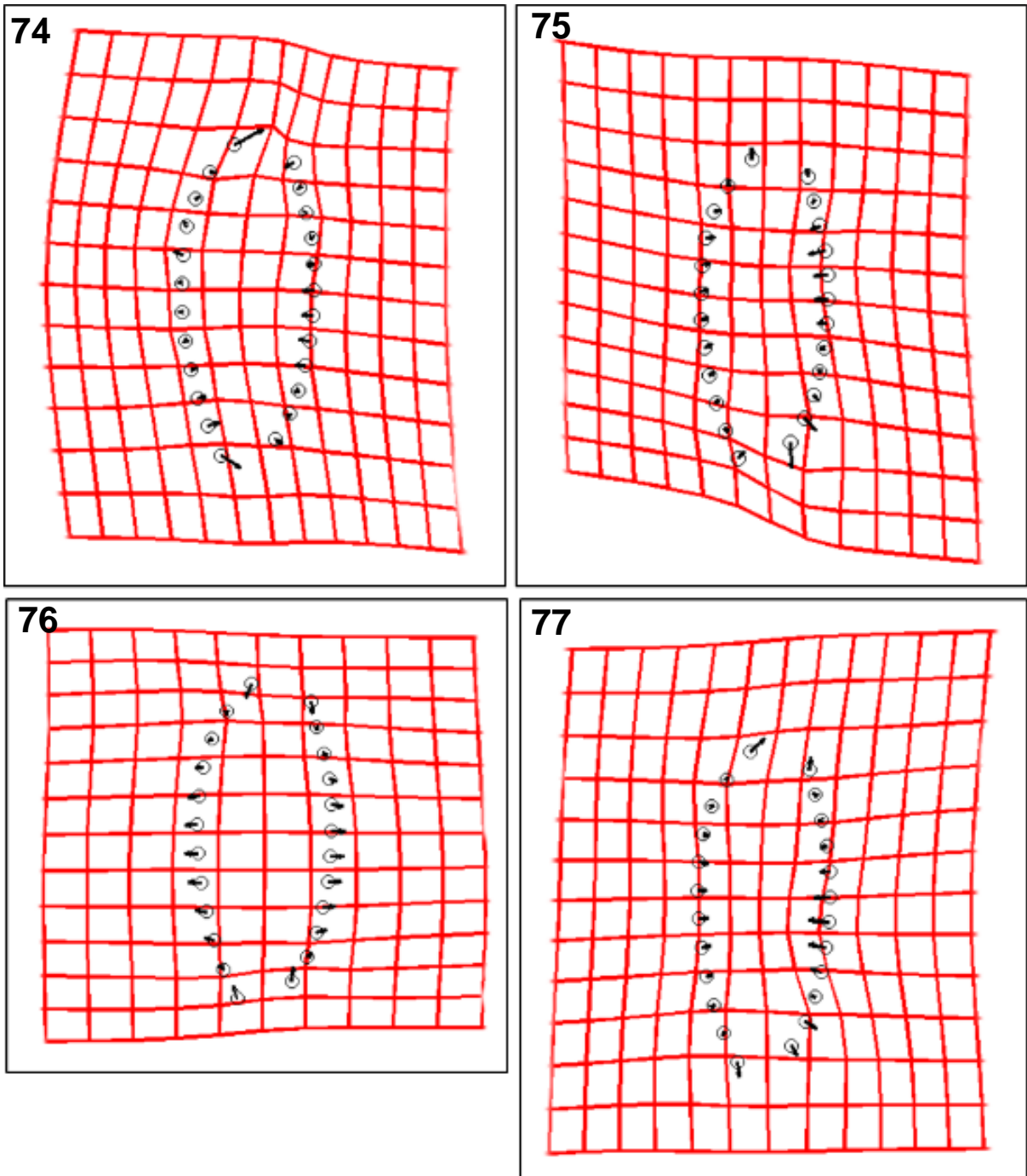


Figura 74-77. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **74.** Grupo A: *L. misteca*, *Loxosceles tenochtitlan*, **75.** Grupo B: *L. morfo* “costa”, *L. zapoteca*, *L. morfo* “quechultenango”, *L. colima*, *L. tenango*. **76.** Grupo C: *L. nahuana*, *L. sp. nov.*, *L. jaca*. **77.** Grupo D: *L. malintzi*. Los vectores, nos indican la dirección de cambio en la forma de la tibia en vista dorsal del pedipalpo de los machos; respecto a la forma promedio, esto para los 111 especímenes de las 11 especies analizadas de *Loxosceles*.

El resultado de la prueba de alometría indicó una Pendiente de 0.8193, un R^2 0.6878, y una $p = <0.010000$ ($\alpha=0.05$) por lo que podemos decir que también existe alometría positiva en la tibia en vista dorsal (Figura 78). Es decir, que entre más largas sean las tibias de los pedipalpos las tibias serán mucho más delgadas y entre más cortas serán más anchas (Figura 79) (Figuras 32-46).

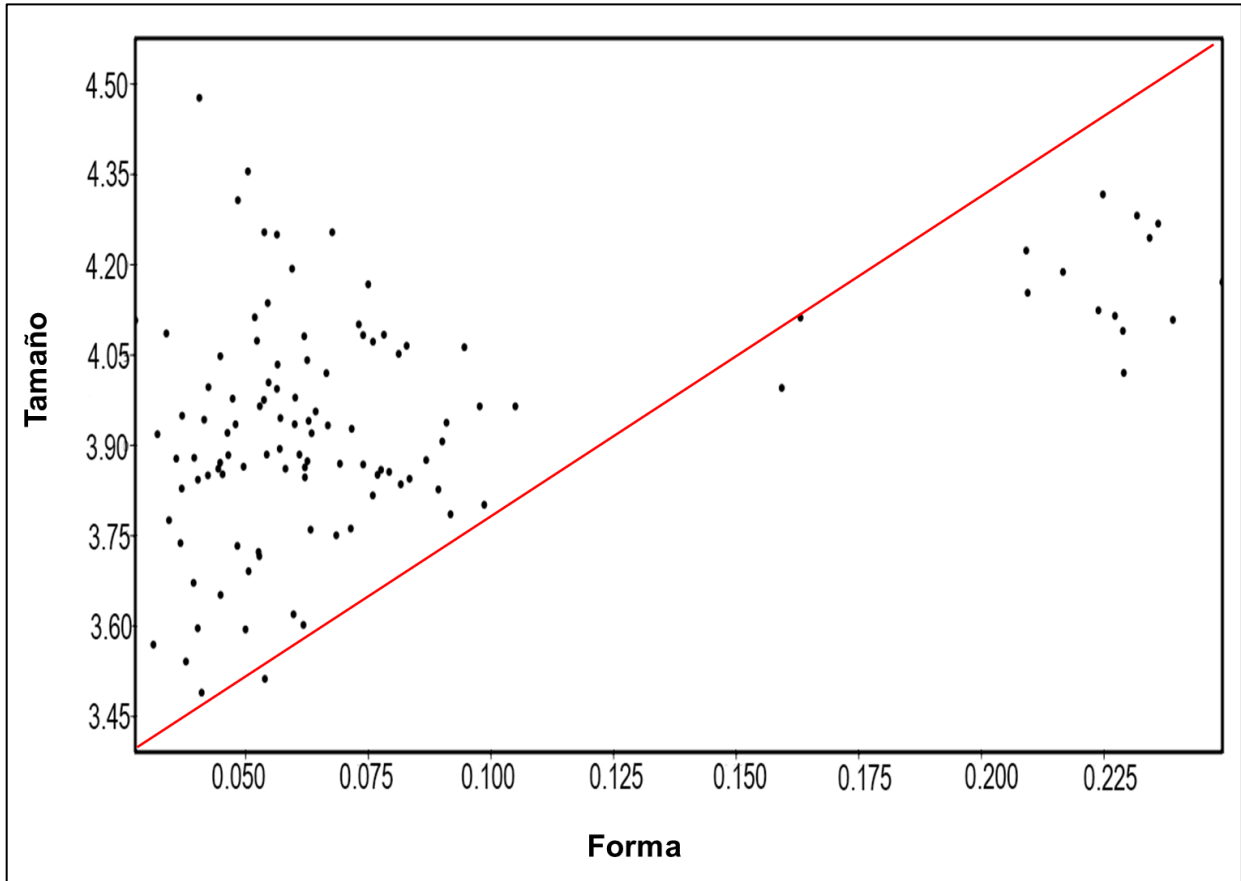
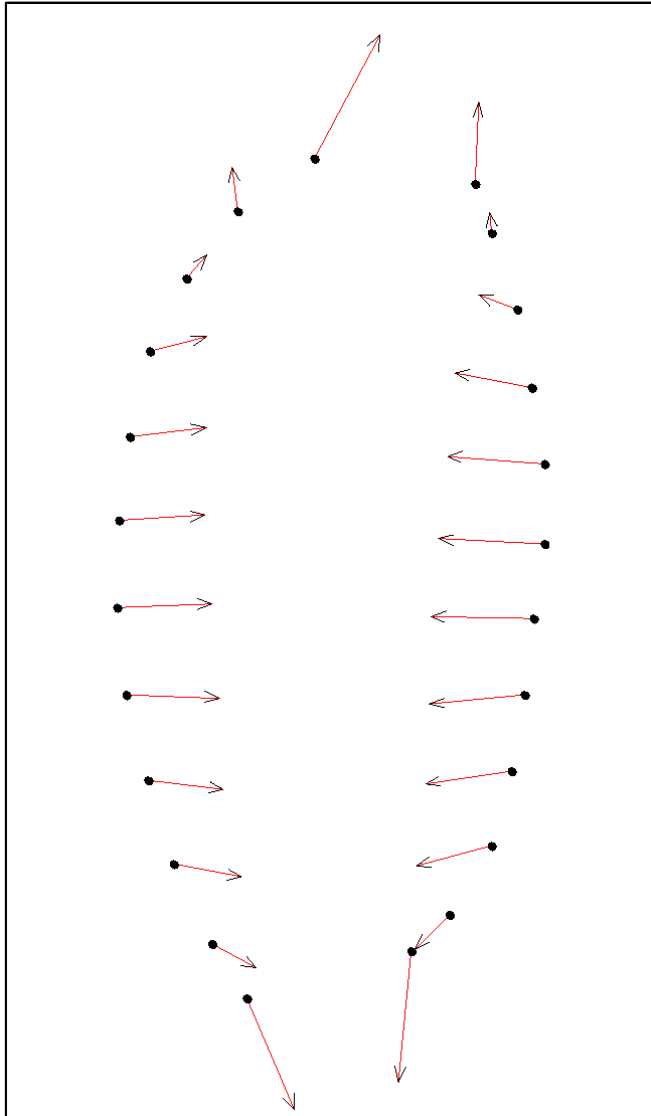


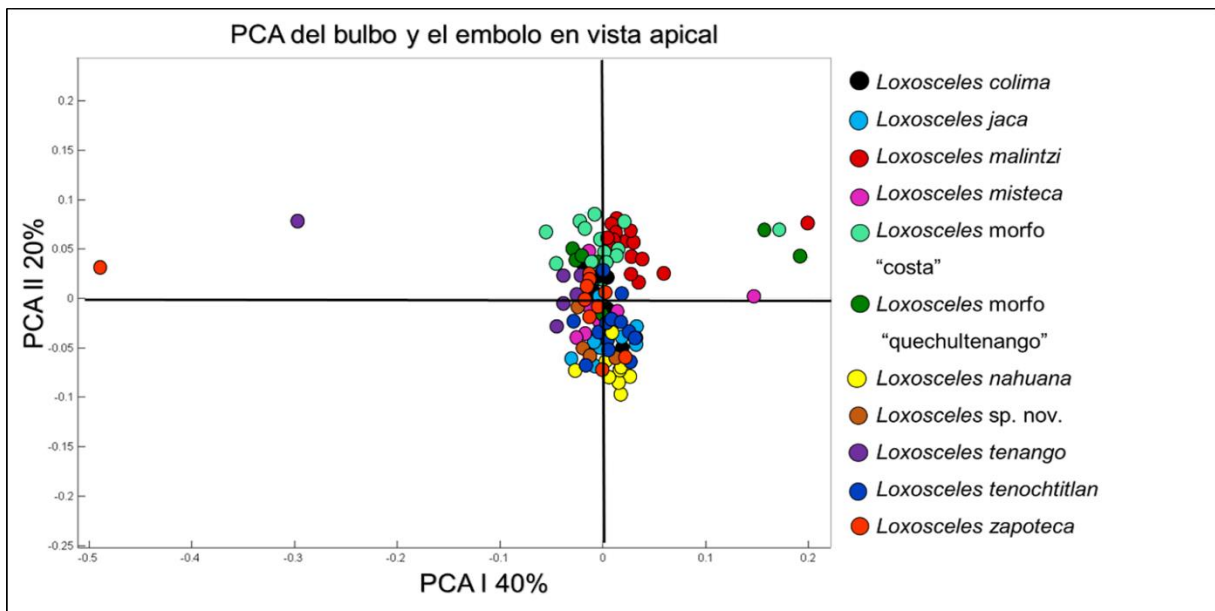
Figura 78. Regresión líneal indicando si existe una relación entre la forma y el tamaño de las tibias de los pedipalpos de los machos en dorsal de 111 individuos de 11 especies de *Loxosceles* del Centro-Occidente de México. Puntos negros indican los individuos analizados, la línea roja es la recta de la regresión.



Figuras 79. Gráfica de alometría realizada en el programa Regress8. Los vectores de deformación (flechas rojas), indican la dirección en la que se da el cambio en la forma; respecto al tamaño de la tibia del pedipalpo de 111 machos de 11 especies de arañas *Loxosceles* del Centro-Occidente de México. Las tibias largas serán más delgadas y las tibias cortas serán más anchas.

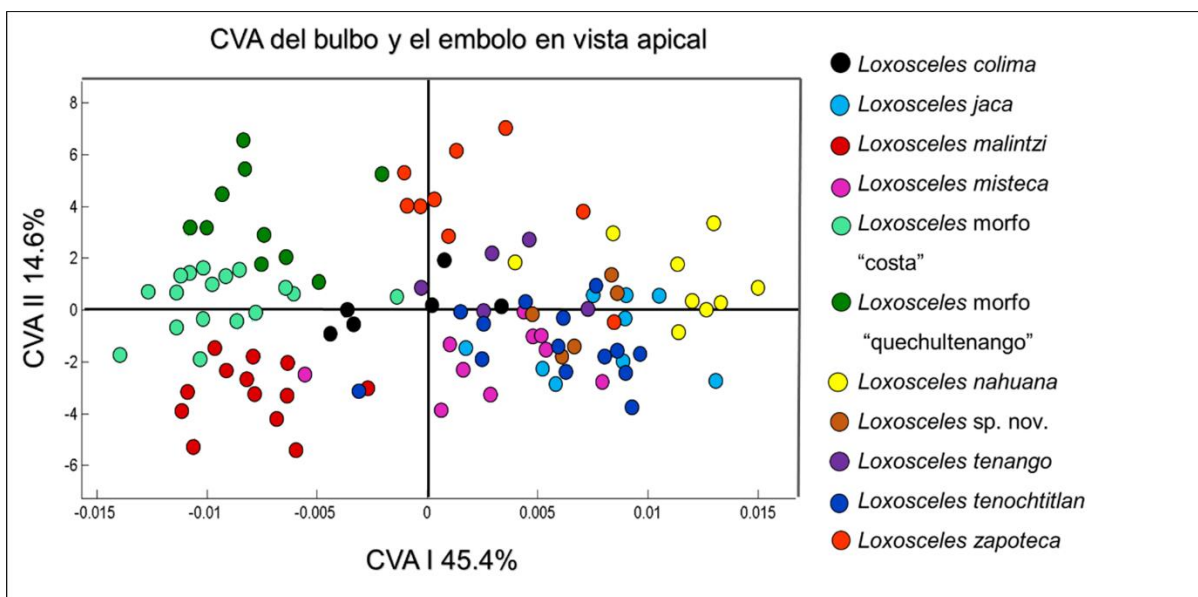
7.3.3 Análisis del bulbo y el émbolo de los pedipalpos de los machos en vista apical.

En el análisis de componentes principales, se obtuvo que el componente principal I explica el 40% de la varianza, seguido del componente principal II con el 20% y los componentes del III al XLIV en conjunto explican el 40% restante (Figura 80). El análisis de componentes I y II nos muestra la dirección de la máxima variación por individuo, la cual se concentra en su mayoría en el PCAI del -0.01 al 0.2 (Figura 81).



Figuras 80. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) resultantes de la comparación del bulbo y embolo en vista apical, de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.

El análisis de variables canónicas CVA mostró cuatro variables canónicas estadísticamente significativas: $\Lambda_1= 0.0021$, $X^2= 549.8571$, $gl= 240$, $p= < 2.22045E-16$; $\Lambda_2= 0.0152$, $X^2= 374.9063$, $gl= 207$, $p= 8.14133E-12$; $\Lambda_3= 0.0531$, $X^2= 262.7942$, $gl= 176$, $p= 2.41284E-05$; $\Lambda_4= 0.1155$, $X^2= 193.1883$, $gl= 147$, $p= 0.00634844$, esto nos indica la formación de cinco grupos, cada uno con un morfotipo distinto (Figura 81).



Figuras 81. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación a la forma del bulbo y el embolo en vista apical. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente, en su eje respectivo y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.

En el análisis de agrupamiento fenético (Figura 82) podemos apreciar de manera más clara la separación de los cinco grupos, el grupo A dónde se encuentra *L. nahuana*, esta especie presenta un bulbo largo y ancho, el embolo es corto y recto, ligeramente más achó en la base (Figura 83). El cambio se da principalmente en la parte prolateral dorsal y ventral y es en la parte de la base del embolo, dónde los vectores de deformación indican un ensanchamiento (Figura 83). En el grupo B se encuentran *L. jaca*, *L. tenochtitlan*, *L. sp. nov.* y *L. misteca*, estas especies presentan el bulbo largo y ancho, el embolo es recto y largo (Figura 82). Para este grupo, el cambio en la forma se presenta principalmente en la parte prolateral dorsal (Figura 84). Los vectores de deformación nos indican un ligero alargamiento, tanto en el bulbo en la

parte prolateral dorsal, como en la punta del émbolo (Figura 84). En el grupo C se encuentra *L. colima*, esta especie presenta un bulbo ancho y largo, el émbolo es corto y curvo en la punta (Figura 82). La mayor deformación se puede apreciar en la parte prolateral dorsal y en la ventral (Figura 85). En el grupo D se encuentran *L. tenango*, *L. zapoteca* presentan el bulbo ancho y largo, el émbolo es largo y ligeramente curvo y ancho en la parte de la base (Figura 82). Se puede observar que el cambio en la forma se da principalmente, en la parte dorsal del émbolo y ligeramente en la parte superior del bulbo (Figura 86). En el grupo E se encuentran *L. malintzi*, *L. morfo* “costa” y *L. morfo* “quechultenango”, estas especies presentan un bulbo ancho y largo, el émbolo es largo y en forma de gancho parecido a un garfio (Figura 82). Se puede observar que la mayor deformación en la forma se presenta en la parte prolateral dorsal del émbolo (Figura 87).

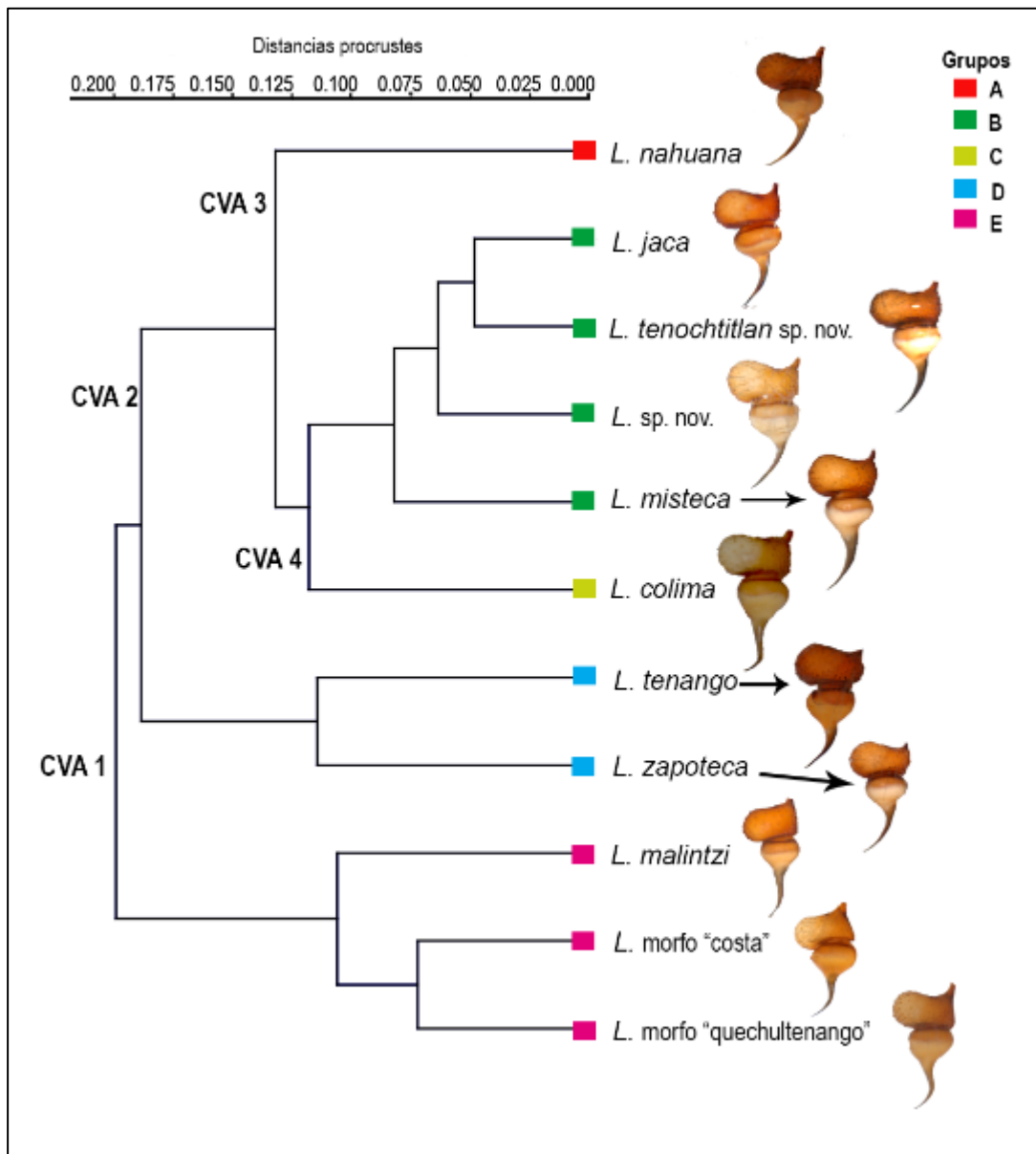


Figura 82. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, de los 108 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo) y grupo D (azul), grupo E (rosa).

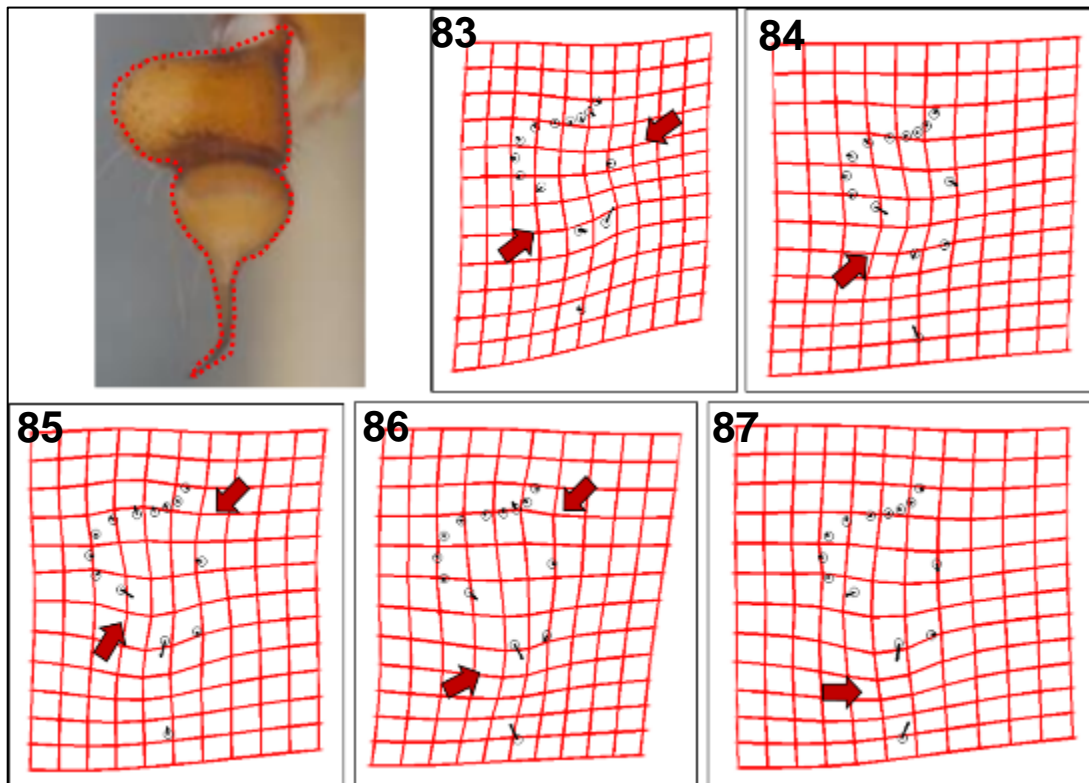
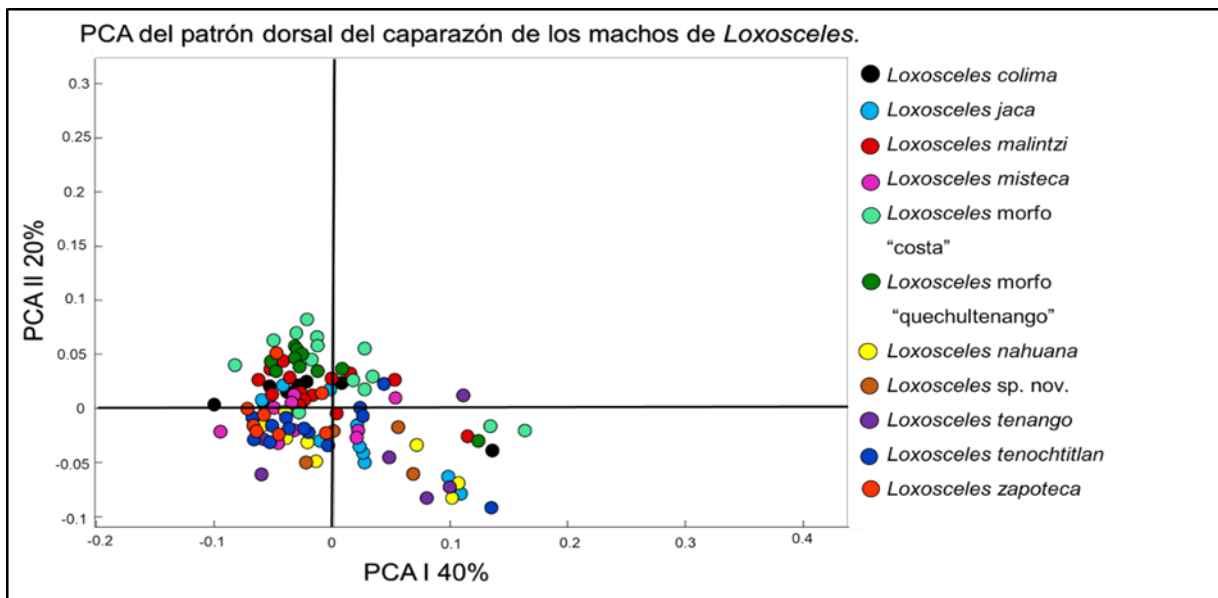


Figura 83-87. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **83.** Grupo A: *L. nahuana*. **84.** Grupo B: *L. jaca*, *L. tenochtitlan*, *L. sp. nov.*, *L. misteca*, **85.** Grupo C: *L. colima*, **86.** Grupo D: *L. tenango*, *L. zapoteca*, **87.** Grupo E: *L. malintzi*, *L. morfo “costa”*, *L. morfo “quechultenango”*. Los vectores, nos indican la dirección de cambio en la forma de la tibia en vista retrolateral del pedipalpo de los machos; con respecto a la forma promedio, esto para los 108 especímenes de las 11 especies analizadas de *Loxosceles*. Las flechas rojas indican el sitio donde se presenta la deformación.

7.3.4 Análisis del patrón dorsal del caparazón en forma de “violín”

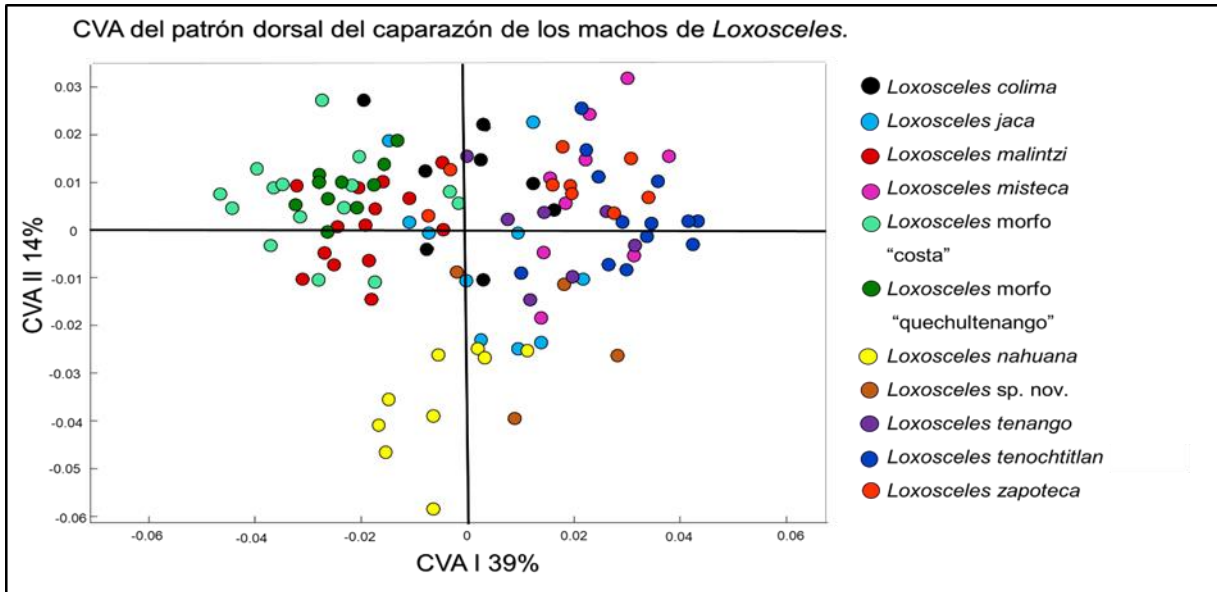
7.3.4.1 Patrón dorsal en machos

En el análisis de componentes principales, se obtuvo que el componente principal I explica el 40% de la varianza, seguido del componente principal II con el 20%, el componente III con el 19% y los componentes IV- VXI en conjunto explican el 21% (Figura 88). El análisis de componentes I y II nos muestra la dirección de la máxima variación por individuo, la cual se concentra en su mayoría del -0.1 a 0.2 (PCAI) y de -0.1 a 0.1 (PCAI) (Figura 88). En el componente principal I es donde se concentra la mayor variación de la forma del patrón dorsal del caparazón.



Figuras 88. Análisis de Componentes Principales (PCA). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) comparación del patrón dorsal en forma de “violín”, de 108 machos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, y su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.

El análisis de variables canónicas CVA mostró cuatro variables canónicas estadísticamente significativas: $\Lambda_1 = 0.0109$, $X^2 = 422.1675$, $gl = 160$, $p = < 2.22045E-16$; $\Lambda_2 = 0.0543$, $X^2 = 272.3323$, $gl = 135$, $p = 2.61053E-11$; $\Lambda_3 = 0.1344$, $X^2 = 187.6693$, $gl = 112$, $p = 9.85264E-06$; $\Lambda_4 = 0.2520$, $X^2 = 128.8839$, $gl = 91$, $p = 0.00554059$, esto nos indica la formación de cinco grupos, cada uno con un morfotipo distinto (Figura 89).



Figuras 89. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 108 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación al patrón dorsal en forma de “violín” en los machos. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente en su eje respectivo, su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje.

En el análisis de agrupamiento fenético (Figura 90), se pueden identificar cuatro grupos; en el grupo A se encuentra *L. nahuana*, donde el patrón dorsal se ensancha en la parte cercana a la fóvea hacia los costados (Figura 90). Los vectores de deformación nos indican un adelgazamiento hacia la zona de la fóvea, y un ensanchamiento en la zona anterior a la fóvea (Figura 91). En el grupo B se encuentran *L. tenango*, *L. jaca*, *L. sp. nov.* donde el patrón dorsal está ensanchado en la parte cercana a la zona ocular, y se adelgaza hacia la parte de la fóvea (Figura 92). En el grupo C, se encuentran *L. misteca*, *L. tenochtitlan* y *L. zapoteca*, en estas, el patrón dorsal se reduce considerablemente en la parte medía entre la zona ocular y la fóvea, y

se ensancha ligeramente arriba de la zona ocular (Figura 93). En el grupo D se encuentran *L. colima* y *L. malintzi*, donde el patrón dorsal se ensancha en la zona ocular, y se reduce de la parte media hacia la fóvea (Figura 94). En el grupo E se encuentran *L. morfo* “costa” y *L. morfo* “quechultenango”, se puede apreciar un patrón dorsal mucho más ancho hacia la parte ocular y es en esa zona la que nos indica una mayor deformación (Figura 95).

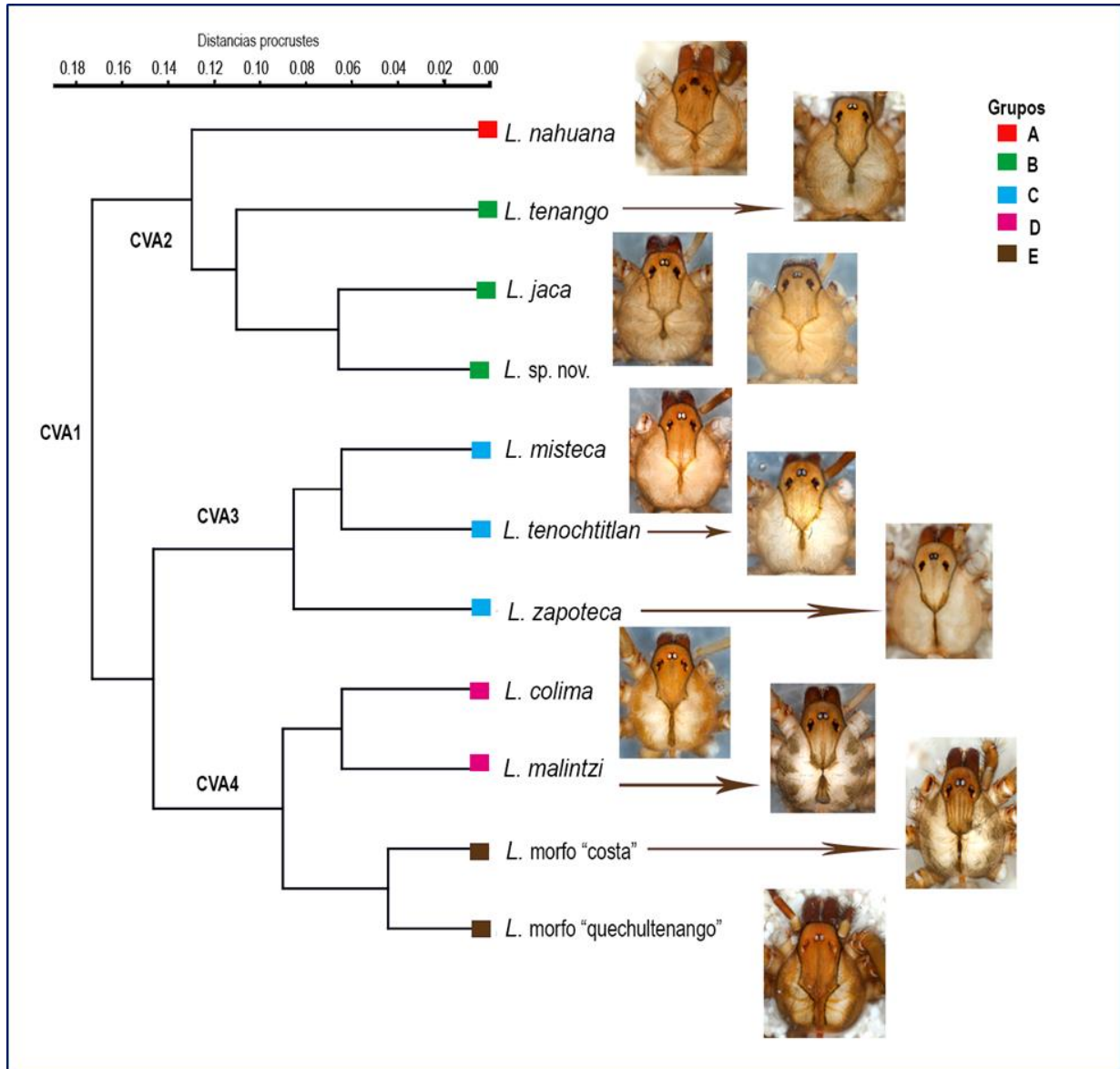


Figura 90. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas del patrón dorsal del caparazón de los machos en forma de “violín”, de los 108 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (azul) y grupo D (rosa), grupo E (café).

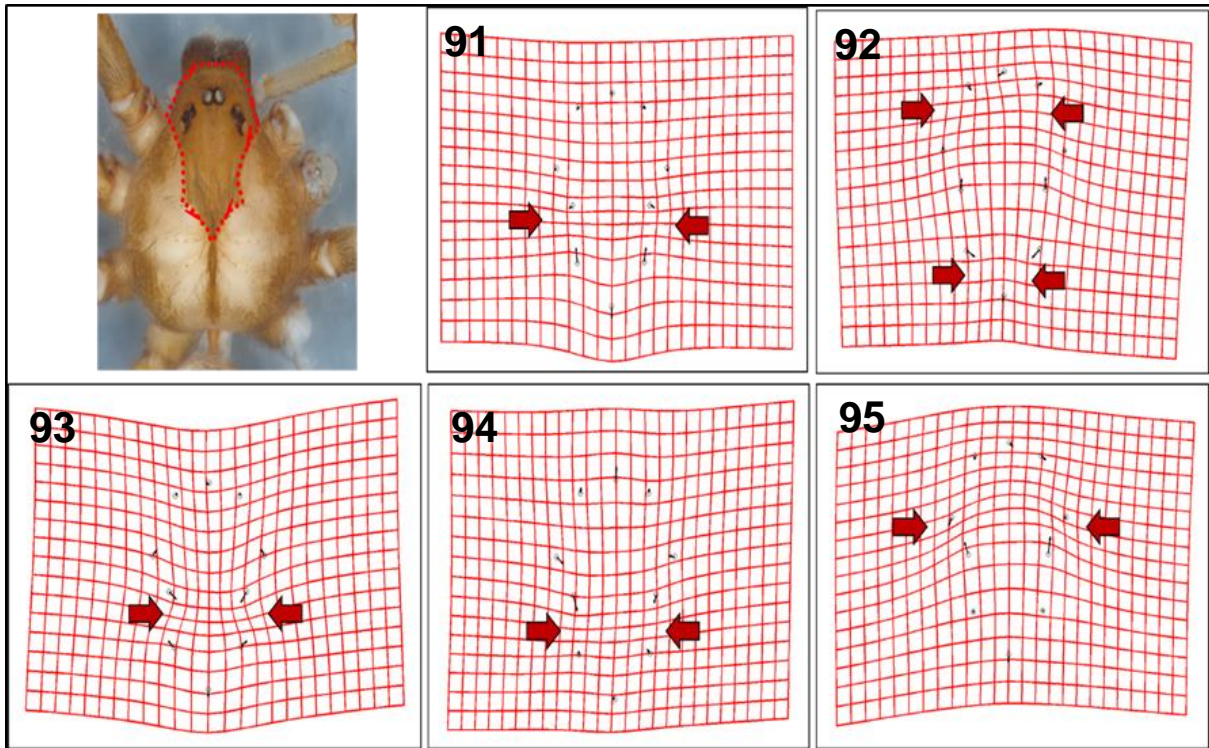
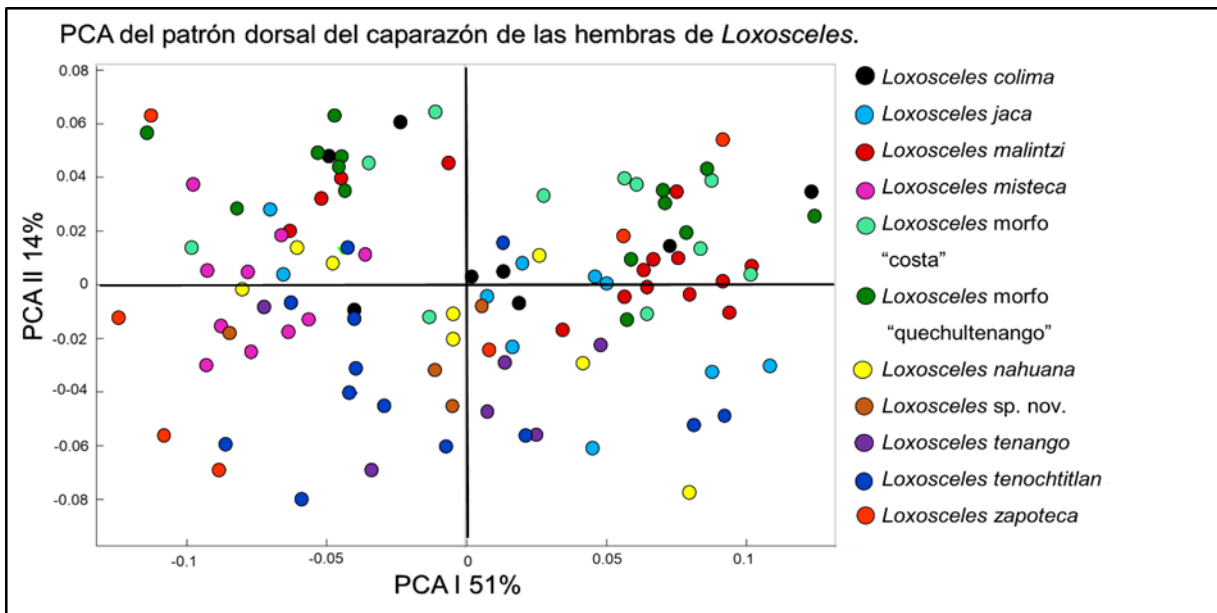


Figura 91-95. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **91.** Grupo A: *L. nahuana*. **92.** Grupo B: *L. tenango*, *L. jaca*, *L. sp. nov.* **93.** Grupo C: *L. misteca*, *L. tenochtitlan*, *L. zapoteca*. **94.** Grupo D: *L. colima*, *L. malintzi*. **95.** Grupo D: *L. morfo* “costa”, *L. morfo* “quechultenango”. Los vectores, nos indican la dirección de cambio en la forma del patrón dorsal en forma de “violín” de los machos; con respecto a la forma promedio, esto para los 108 especímenes de las 11 especies analizadas de *Loxosceles*. Las flechas rojas indican el sitio donde se presenta la deformación.

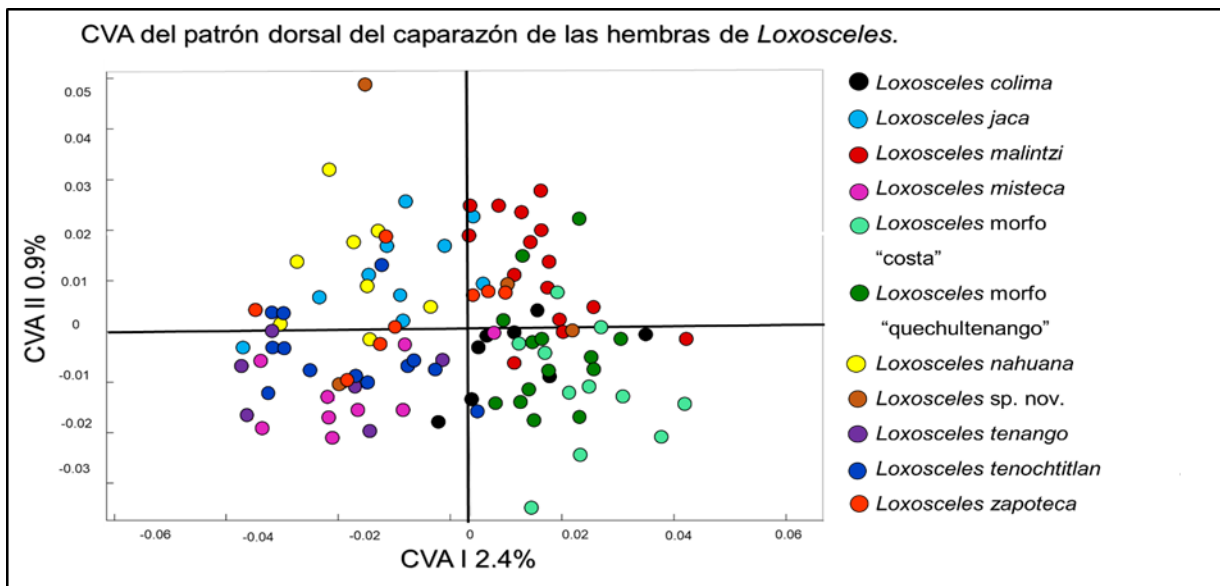
7.3.4.2 Patrón dorsal en hembras

En el análisis de componentes principales, se obtuvo que el componente principal I explica el 51% de la varianza, seguido del componente principal II con él 14%, el componente III con el 10% y los componentes III- VXI en conjunto explican el 25% (Figura96). El análisis de componentes I y II nos muestra la dirección de la máxima variación por individuo, la cual se concentra en su mayoría del -0.1 a 0.1 (PCAI) y de -0.08 a 0.08 (PCAI) (Figura 96). La variación de la forma del patrón dorsal del caparazón se concentra principalmente en el componente I (Figura 96).



Figuras 96. Análisis de Componentes Principales (PCA en inglés). Morfoespacio de los componentes principales PCI (eje x) y PCII (eje y) de la forma del patrón dorsal del caparazón de las hembras en forma de “violín”, entre 107 individuos de 11 especies de *Loxosceles*. Rangos de puntuación de cada componente están en su eje respectivo, su contribución relativa a la variabilidad total expresada en porcentaje.

El análisis de variables canónicas CVA mostró seis variables canónicas estadísticamente significativas: $\Lambda_1 = 0.0171$, $X^2 = 376.5933$, $gl = 160$, $p = < 2.22045E-16$; $\Lambda_2 = 0.0586$, $X^2 = 62.4879$, $gl = 135$, $p = 3.20684E-10$; $\Lambda_3 = 0.1142$, $X^2 = 200.7233$, $gl = 112$, $p = 5.37511E-07$; $\Lambda_4 = 0.1985$, $X^2 = 149.5838$, $gl = 91$, $p = 0.00010698$; $\Lambda_5 = 0.2912$, $X^2 = 114.1114$, $gl = 72$, $p = 0.00116058$; $\Lambda_6 = 0.4157$, $X^2 = 81.1921$, $gl = 55$, $p = 0.0123665$. Estos resultados nos indican la formación de seis grupos con un morfotipo distinto (Figura 97).



Figuras 97. Análisis de Variables Canónicas (CVA). Separación de 107 individuos de 11 especies de *Loxosceles*, con relación a la forma del patrón dorsal del caparazón de las hembras en forma de “violín”. Se muestran las dos primeras variables canónicas y sus valores de puntuación de cada componente en su eje respectivo, y su contribución relativa de la variabilidad total expresada en porcentaje

En el análisis de agrupamiento fenético (Figura 98), se pueden identificar los siete grupos, el grupo A con *L. morfo* “costa”, la cual presenta un patrón más ancho en la zona ocular, y tiende a adelgazarse en la zona media entre la zona ocular y la fóvea (Figura 98). Posteriormente se enancha hasta adelgazarse nuevamente justo cerca a la fóvea (Figura 99). En el grupo B se encuentran *L. morfo* “quechultenango”, *L. colima* y *L. malintzi*, las cuales presentan un patrón dorsal que tiende a ensancharse en la parte media hacia la zona ocular, es en esta zona dónde se puede apreciar la mayor deformación (Figura 99). Además de que en la zona ocular se puede apreciar un aspecto más cuadrado (Figura 99). En el grupo C se encuentra *L. malintzi*, la cual presenta un patrón dorsal redondeado en la zona ocular y tiende a ensancharse (Figura 100). Se aprecia un adelgazamiento no tan marcado en la parte media del patrón entre los ojos y la fóvea (Figura 100). Cabe señalar que esta especie presenta un patrón dorsal muy marcado por su coloración en comparación con las demás especies analizadas. En el grupo D, se encuentran *L. nahuana* y *L. jaca*, las cuales presentan un adelgazamiento considerable en la parte media entre la zona ocular, y la fóvea (Figura 101). El patrón dorsal es ligeramente más pequeño en comparación con las demás especies analizadas (Figura 102). En el grupo E, se encuentran *L. tenochtitlan* y *L. tenango*, en las cuales el patrón dorsal es redondeado en la parte ocular, hacia la parte cercana a la fóvea se puede observar un ligero ensanchamiento (Figura 103). En el grupo F se encuentran las especies *L. sp. nov.* y *L. zapoteca*, el patrón dorsal es un poco más curvo a los costados de la zona ocular, y tiende a no ensancharse hacia la parte media (Figura 104). La marca en estas especies no es tan definida como en las demás especies analizadas. En el grupo G, se encuentra *L. misteca*, en esta especie el patrón dorsal tiende a adelgazarse cerca de la zona ocular, es en esa zona donde se aprecia la mayor deformación de la forma (Figura 105).

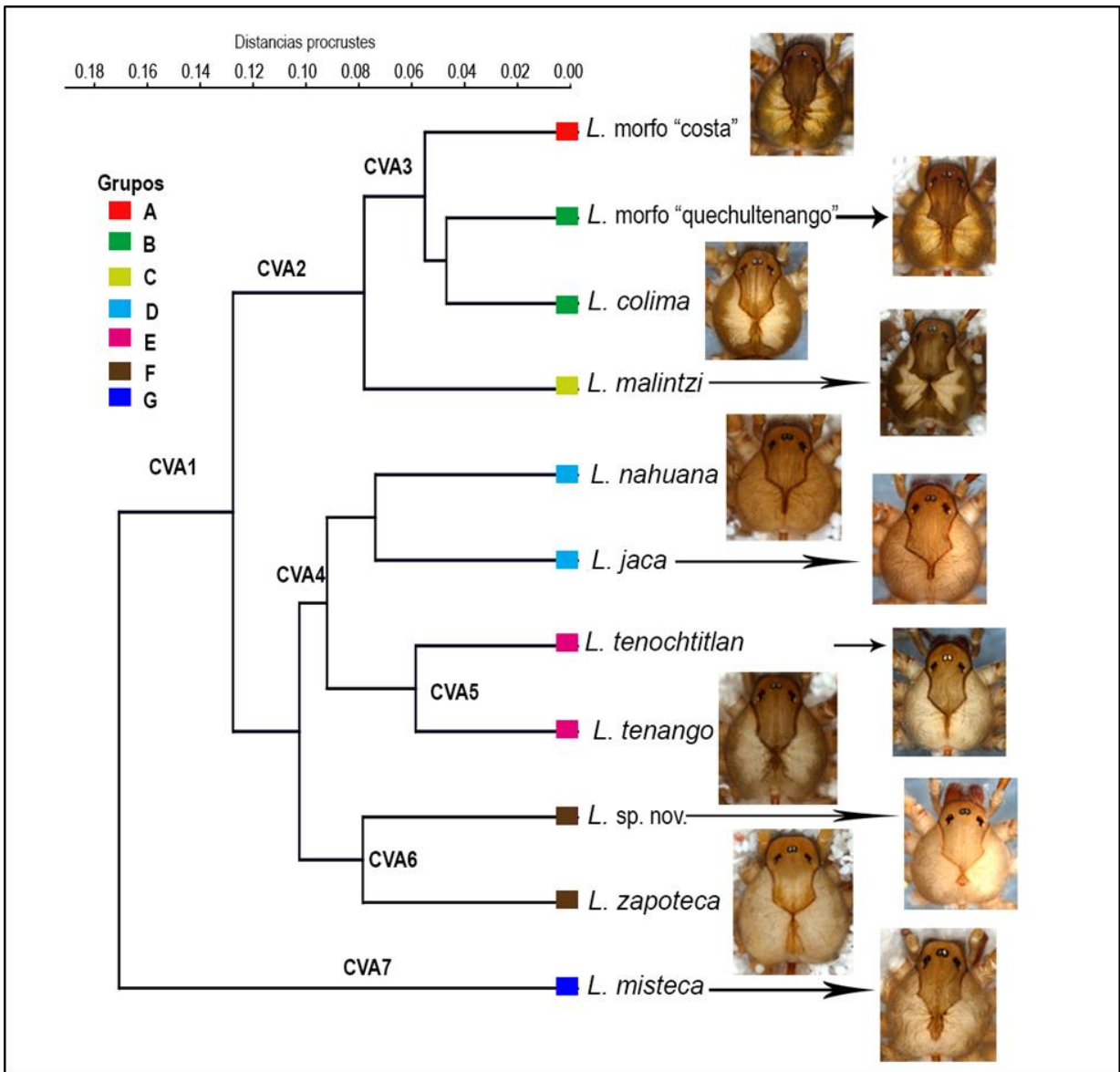


Figura 98. Fenograma de UPGMA, realizado con las distancias procrustes obtenidas en el análisis de variables canónicas, del patrón dorsal del caparazón de los machos en forma de “violín”, de los 107 individuos de las 11 especies analizadas. Los grupos que se forman se indican con un color y una letra. Grupo A (rojo), grupo B (verde), grupo C (amarillo), grupo D (azul), grupo E (rosa), grupo F (café) y grupo G (azul rey).

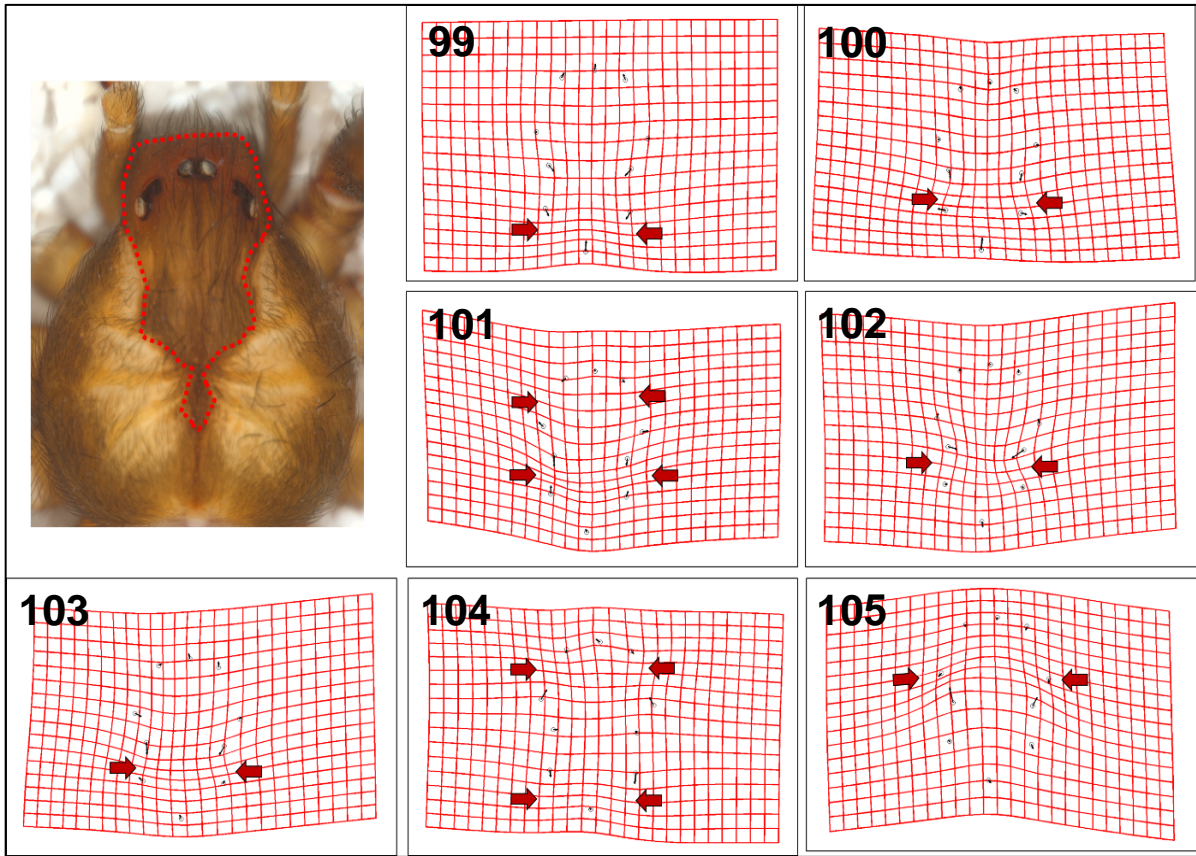


Figura 99-105. Gradillas de deformación obtenida con el programa CVAGen8. **99.** Grupo A: *L. morfo* “costa”. **100.** Grupo B: *L. morfo* “quechultenango”, *L. colima*, **101.** Grupo C: *L. malintzi*. **102.** Grupo D: *L. nahuana*, *L. jaca*, **103.** Grupo E: *L. tenochtitlan*, *L. tenango*. **104.** Grupo F: *L. sp. nov.*, *L. zapoteca*. **105.** Grupo G: *L. misteca*. Los vectores nos indican la dirección de cambio en la forma del patrón dorsal en forma de “violín” de las hembras con respecto a la forma promedio, esto para los 107 especímenes de las 11 especies analizadas de *Loxosceles*. Las flechas rojas indican el sitio donde se presenta la deformación.

7.3.5 Dimorfismo Sexual aplicando MG

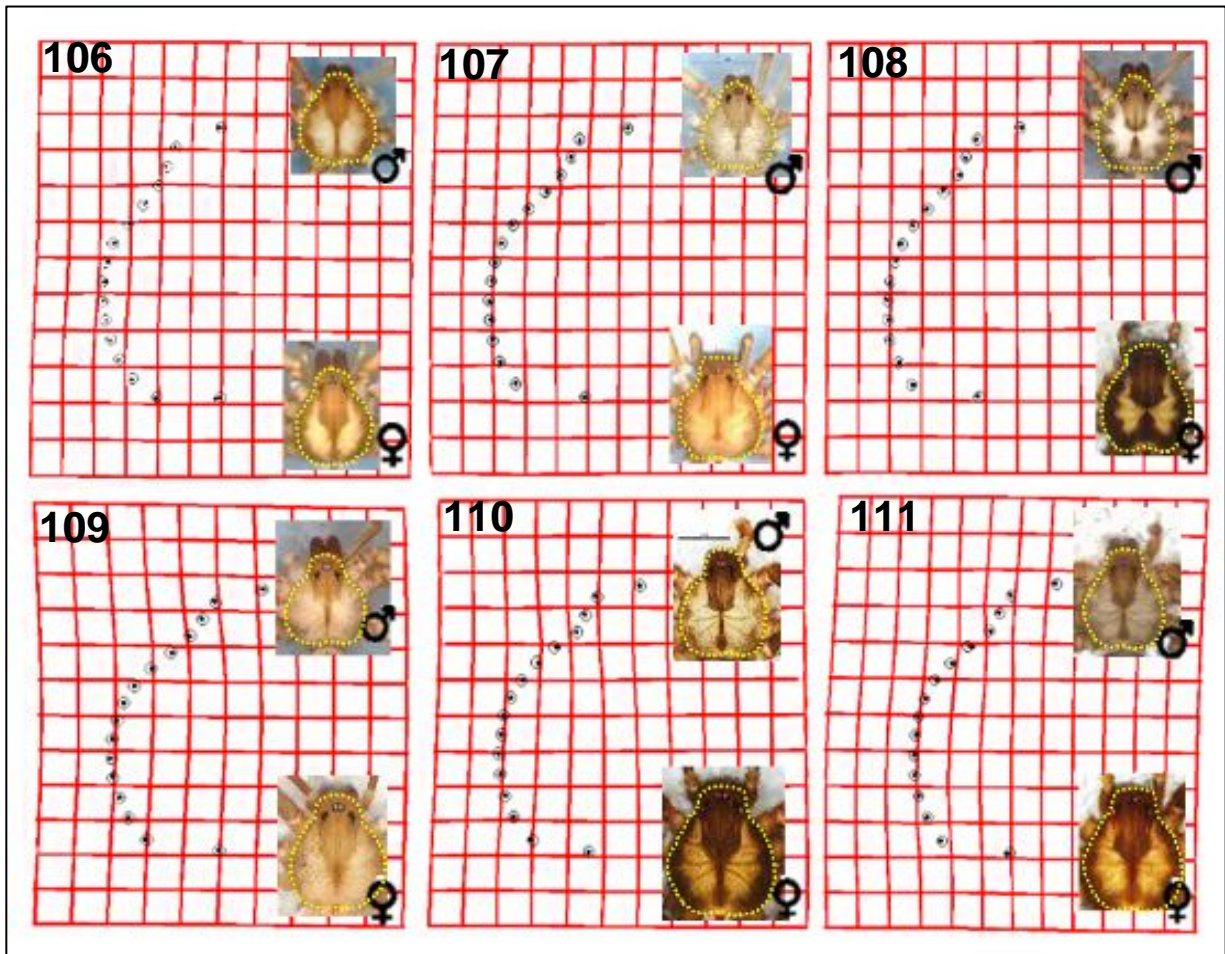
El análisis de dimorfismo sexual de la forma del caparazón, para cada una de las especies mostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las hembras y machos de las siguientes especies: *L. colima*, *L. misteca*, *Loxosceles* morfo “costa”, *L. morfo* “quechultenango”, *L. nahuana*, *L. tenochtitlan*, *L. tenango* y *L. zapoteca* (Cuadro 5).

Para el caso de *L. colima*, *L. misteca*, *L. morfo* “costa”, *L. morfo* “quechultenango”, *L. nahuana*, *L. tenochtitlan*, *L. tenango* y *L. zapoteca*, se puede apreciar una deformación sutil, principalmente en la parte de la zona ocular del caparazón, siendo los machos los que tienen el caparazón un poco más angosto, en comparación con el de las hembras (Figuras 106-115). Para el caso de *L. jaca* y *L. malintzi*, el análisis no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), entre la forma del caparazón las hembras y los machos (Cuadro 5) (Figuras 106-115).

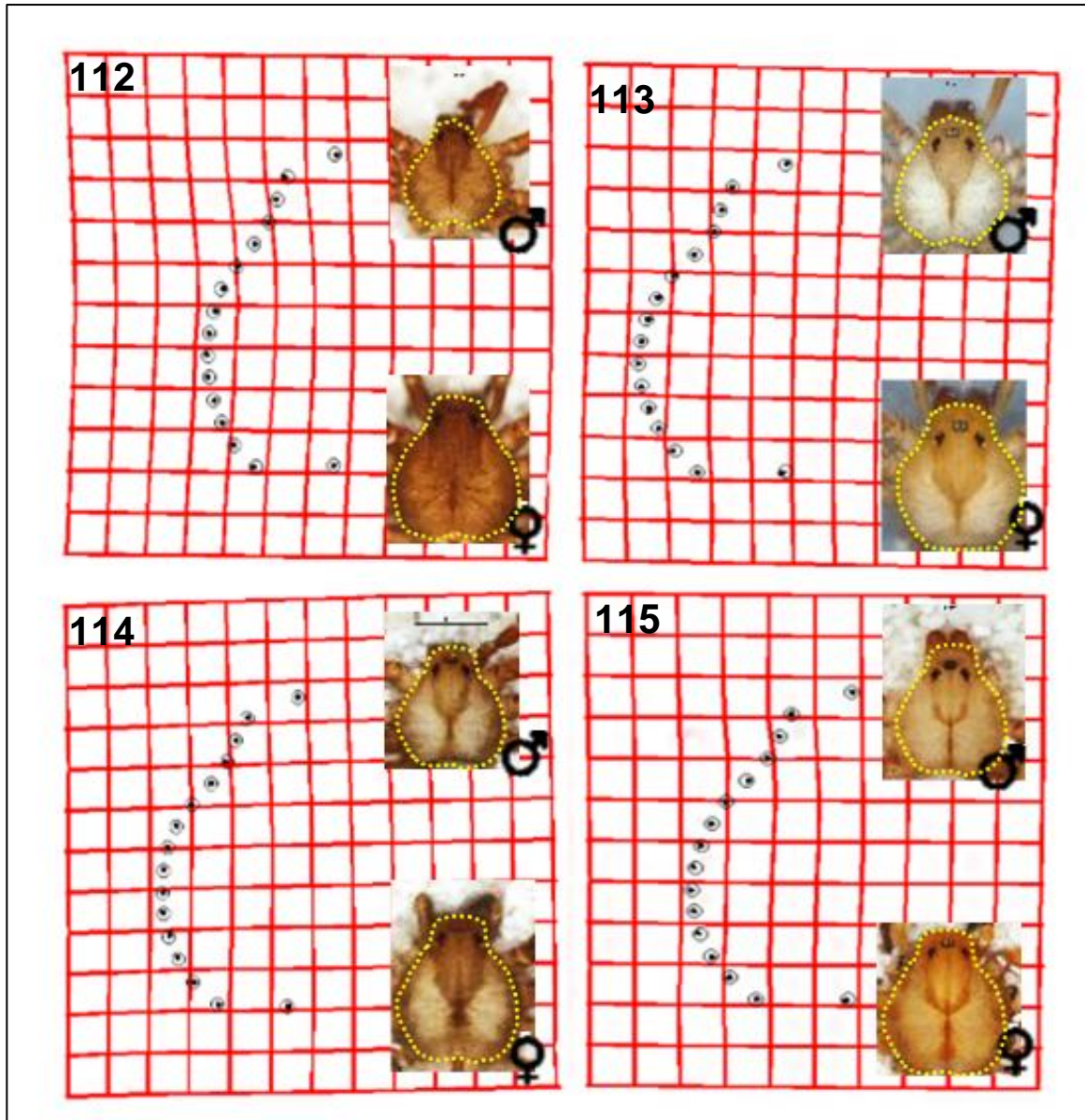
Cuadro 5. Valores de la prueba estadística F de Godall’s, para conocer si hay diferencias estadísticamente significativas, entre la forma del caparazón de hembras y machos, de 10 especies de arañas *Loxosceles*. N=No. de individuos. ♀=Hembras. ♂=Machos. Valor de F de tablas y P-valor de la prueba de F de Godall’s.*=Significancia.

Especies	N		Valor de F	p- valor (α 0.05)
	♀	♂		
1. <i>Loxosceles colima</i>	8	8	5.72	1.1102E-16*
2. <i>Loxosceles jaca</i>	9	9	1.32	0.12849
3. <i>Loxosceles malintzi</i>	15	15	0.49	0.98889
4. <i>Loxosceles misteca</i>	10	10	5.67	1.1102E-16*
5. <i>Loxosceles</i> morfo “costa”	15	15	10.31	0.0011*
6. <i>Loxosceles</i> morfo “quechultenango”	10	10	6.40	0.0011*
7. <i>Loxosceles nahuana</i>	9	9	6.03	0.0011 *

8. <i>Loxosceles tenango</i>	13	13	3.53	2.1366E-08*
9. <i>Loxosceles tenochtitlan</i>	7	7	1.87	0.0044989*
10. <i>Loxosceles zapoteca</i>	10	10	3.46	1.8993E-08*



Figuras 106-111. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **106.** *L. colima* *. **107.** *L. jaca*. **108.** *L. malintzi*. **109.** *L. misteca* *. **110.** *L. morfo* “costa” *. **111.** *L. morfo* “quechultenango” *. *= Significancia ($p < 0.05$).



Figuras 112-115. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **112.** *L. nahuana**. **113.** *L. tenochtitlan** **114.** *L. tenango**. **115.** *L. zapoteca**. *= Significancia ($p < 0.05$).

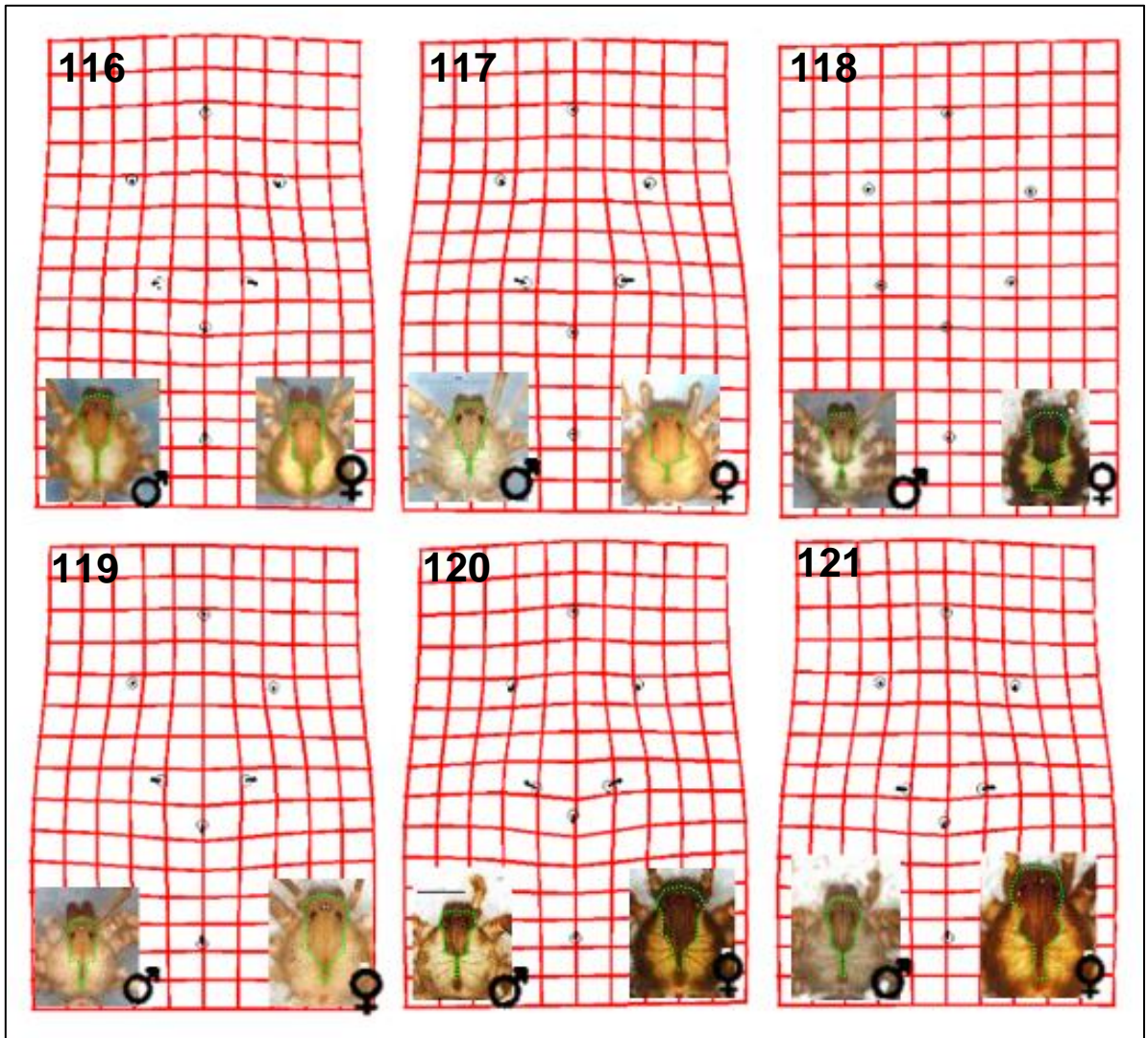
El análisis de dimorfismo sexual del patrón dorsal del caparazón en forma de “violín” para cada una de las especies, mostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las hembras y machos de las siguientes especies: *L. colima*, *L. jaca*, *L. misteca*, *Loxosceles* morfo “costa”, *L. morfo* “quechultenango”, *L. nahuana*, *L. tenochtitlan* y *L. zapoteca* (Cuadro 6) (Figuras 116-125).

Para el caso de *L. colima*, *L. jaca*, *L. misteca*, *L. morfo* “costa”, *L. morfo* “quechultenango”, *L. nahuana*, *L. tenochtitlan* y *L. zapoteca*, se puede apreciar que los vectores de deformación nos indican que el cambio en la forma se da principalmente, en la parte media del patrón dorsal entre la zona ocular y la fóvea (Figuras 116-125). Para el caso de *L. malintzi* y *L. tenango*, el análisis no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), entre la forma del patrón dorsal del caparazón en forma de “violín” de las hembras y los machos (Cuadro 6) (Figuras 116-125).

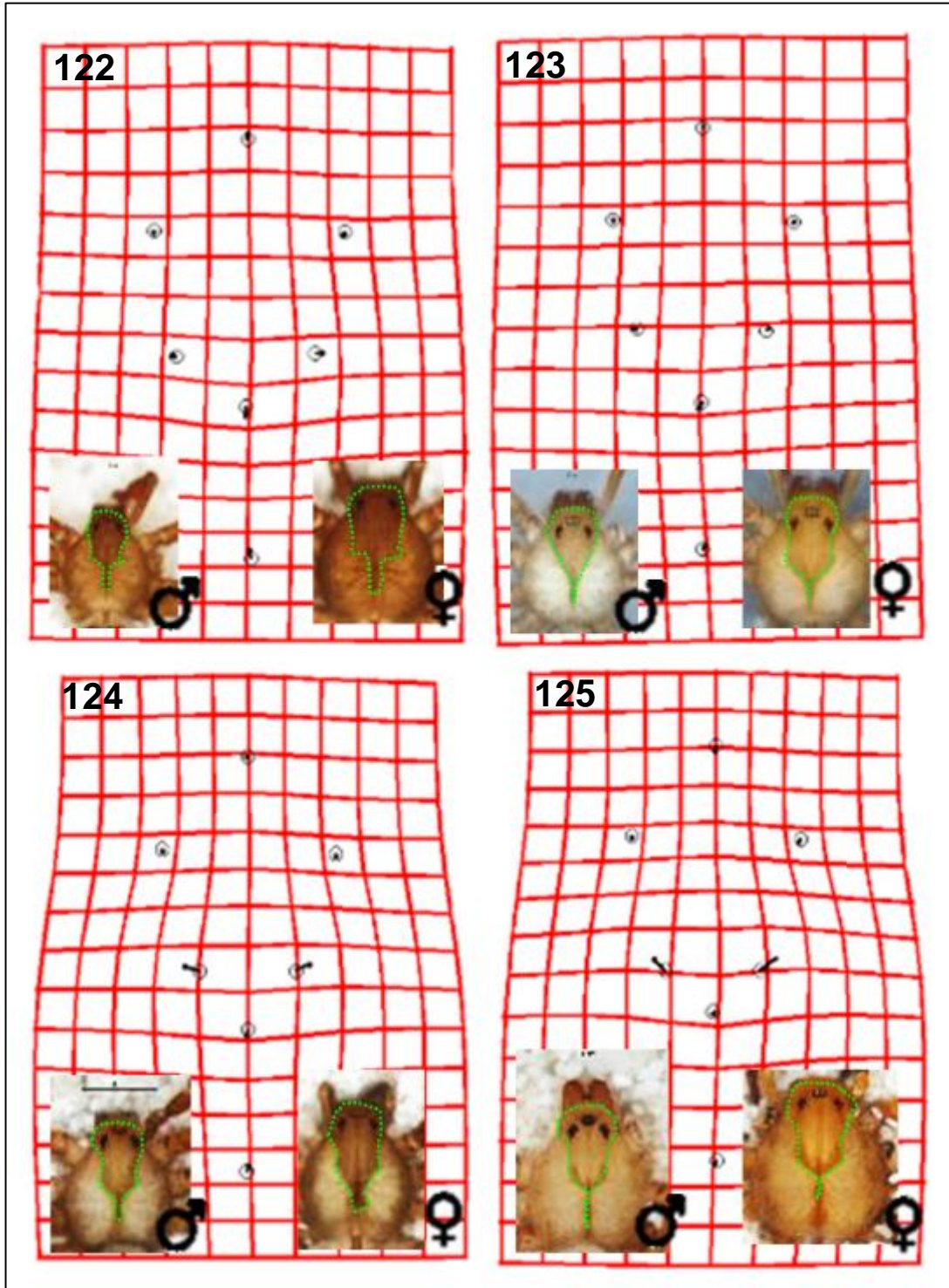
Cuadro 6. Valores de la prueba estadística F de Godall’s, para conocer si hay diferencias estadísticamente significativas, entre la forma del patrón dorsal del caparazón de hembras y machos de 10 especies de arañas *Loxosceles*. N=No. de individuos. ♀=Hembras. ♂=Machos. Valor de F de tablas y P-valor de la prueba de F de Godall’s. *=Significancia.

Especies	N		Valor de F	p- valor (α 0.05)
	♀	♂		
1. <i>Loxosceles colima</i>	8	8	4.33	2.7577E-05*
2. <i>Loxosceles jaca</i>	9	9	6.25	3.402E-08*
3. <i>Loxosceles malintzi</i>	15	15	0.31	0.97734
4. <i>Loxosceles misteca</i>	10	10	4.92	3.361E-06*
5. <i>Loxosceles</i> morfo “costa”	15	15	21.46	0.0011*
6. <i>Loxosceles</i> morfo “quechultenango”	10	10	9.08	4.531E-12*

7. <i>Loxosceles nahuana</i>	9	9	4.10	4.9072E-05*
8. <i>Loxosceles tenango</i>	13	13	0.88	0.54979
9. <i>Loxosceles tenochtitlan</i>	7	7	8.26	1.7179E-11*
10. <i>Loxosceles zapoteca</i>	10	10	11.27	1.1213E-14*



Figuras 116-121. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **116.** *L. colima**. **117.** *L. jaca**. **118.** *L. malintzi*. **119.** *L. misteca**. **120.** *L. morfo* “costa” *. **121.** *L. morfo* “quechultenango” *. *= Significancia ($p < 0.05$).



Figuras 122-125. Gradillas de deformación del análisis de dimorfismo sexual, obtenidas con el programa Two Group8. **122.** *L. nahuana**, **123.** *L. tenochtitlan**. **124.** *L. tenango*. **125.** *L. zapoteca**. *= Significancia ($p < 0.05$).

7.4 Morfometría Líneal (ML)

7.4.1 Dimorfismo sexual y variación interespecífica líneal

Para conocer si existen diferencias significativas en estructuras somáticas como caparazón y patas entre hembras y machos de las especies de *Loxosceles* del Centro-Occidente de México, se tomaron medidas lineales del largo de la pata 1, y el largo y ancho del caparazón (Figuras 126-128) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Medidas lineales promedio de 11 especies de *Loxosceles* consideradas en este estudio para analizar dimorfismo sexual y variación interespecífica. N=No. de individuos. LP1= longitud de la pata uno. LC= longitud del caparazón. AC = ancho del caparazón. ♂=hembras. ♀=machos. Números entre paréntesis representan medidas mínimas y máximas.

Especies	N	LP1	LC	AC
1. <i>Loxosceles colima</i>	♀ 15	17.96 (13.7-22.5)	2.93 (3.0-4.1)	1.79 (3.6-2.5)
	♂ 8	22.36 (17.7-26.5)	2.94 (1.8-3.9)	2.71 (2.2-3.1)
2. <i>Loxosceles jaca</i>	♀ 26	13.5 (11.1-24.4)	2.9 (2.5-3.5)	2.5 (2.1-3.2)
	♂ 18	16.6 (14.5-23.0)	2.5 (2.2-2.9)	2.3 (2.0-2.7)
3. <i>Loxosceles malintzi</i>	♀ 34	19.84 (13.0-26.1)	3.94 (2.6-5.5)	3.48 (2.3-5.5)
	♂ 27	24.37 (17.3-30.7)	3.28 (2.0-4.2)	2.96 (1.9-3.7)
4. <i>Loxosceles misteca</i>	♀ 11	18.47 (14.1-18.9)	3.08 (2.5-3.3)	2.67 (2.3-3.0)
	♂ 11	23.75 (18-31.9)	3.05 (2.5-3.4)	2.73 (2.5-3.0)
5. <i>Loxosceles morfo</i> “costa”	♀ 27	18.08 (14.5-3.3)	3.64 (3.0-4.3)	3.11 (2.5-3.6)
	♂ 19	25.27 (20.9-0.2)	3.69 (3.0-4.2)	3.21 (2.0-3.9)
6. <i>Loxosceles morfo</i> “quechultenango”	♀ 16	17.76 (14.2-22.0)	3.54 (2.7-4.4)	3.15 (2.5-4.0)
	♂ 10	24.44 (21.0-31.5)	3.41 (3.0-4.0)	3.0 (1.7-3.5)

7. <i>Loxosceles nahuana</i>	♀ 19	12.58 (10.8-16.6)	2.83 (2.2-4.2)	2.56 (2.1-3.6)
	♂ 9	13.97 (10.1-15.8)	2.24 (2.0-2.5)	2.17 (2.1-2.3)
8. <i>Loxosceles</i> sp. nov.	♀ 6	15.32 (14.0-6.9)	2.42 (2.3-2.6)	2.10 (2.0-2.3)
	♂ 4	11.43 (10.4-2.5)	2.60 (2.0-2.7)	2.20 (2.0-2.4)
9. <i>Loxosceles tenango</i>	♀ 27	18.66 (14.1-4.7)	3.32 (2.5-4.5)	2.87 (2.2-4.2)
	♂ 7	21.82 (17.5-5.8)	3.02 (2.5-3.6)	2.74 (2.4-3.4)
10. <i>Loxosceles tenochtitlan</i>	♀ 24	18.10 (13.8-21.3)	3.00 (2.2-4.2)	2.70 (2.2-3.2)
	♂ 16	22.36 (17.7-26.5)	2.94 (1.8-3.9)	2.71 (2.2-3.1)
11. <i>Loxosceles zapoteca</i>	♀ 22	22.9 (15-29.9)	3.6 (2.3-3.9)	3.2 (2.3-3.9)
	♂ 11	26.0 (18.4-32.8)	3.1 (2.5-3.9)	2.8 (2-3.5)

Se realizó una prueba de U de Mann-Witney (Shapiro-Wilk <0.05), para conocer la diferencia de la longitud de la pata 1 y el largo y ancho del caparazón entre hembras y machos de las especies analizadas. El análisis de la longitud de la pata uno mostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las hembras y machos de *L. colima* ($p = 0.0038$), *L. jaca* ($p = 0.0001$), *L. malintzi* ($p = 0.0001$), *L. morfo* “costa” ($p = 0.0001$), *L. morfo* “quechultenango” ($p = 0.0001$) y *L. sp. nov* ($p = 0.0001$), *L. zapoteca* ($p = 0,021$).; siendo los machos con patas más largas que las hembras. De manera contraria, pese a revisar los especímenes y compararlos frente al microscopio se pudo observar que los machos en *L. nahuana* ($p = 0.0216$), *L. tenango* (0.0297), *L. tenochtitlan* (0.0686), tienen las patas ligeramente más largas que las hembras. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre la longitud de la pata 1 de hembras y machos para estas especies (Figura 126).

En cuanto al análisis del largo y ancho del caparazón mostró que en *L. jaca* ($p = 0.0001$), *L. malintzi* ($p = 0.0001$), *L. misteca* (0.0001), *L. morfo* “costa” ($p = 0.0001$) y *L. nahuana* ($p = 0.004$), existe diferencias significativas ($p < 0.05$) en el ancho y largo del caparazón, siendo las hembras las que presentan un mayor tamaño del caparazón en comparación con los machos (Figuras 127-128). De manera contraria, en *L. colima* ($p = 0.0796$), *L. misteca* ($p = 0.8879$), *L.*

morfo “quechultenango” ($p=0.5413$), *L. sp. nov.* ($p=0.1445$), *L. tenochtitlan* ($p=0.1387$), *L. tenango* ($p=0.3412$) y *L. zapoteca* ($p=0.0841$) no hubo diferencias significativas ($p>0.05$), entre el largo y ancho del caparazón de hembras y machos (Figuras 127-128). Con estos resultados podemos decir que en *L. jaca*, *L. malintzi*, *L. morfo “costa”*, si existe un dimorfismo sexual en cuanto al largo y ancho del caparazón, entre hembras y machos, siendo los machos más pequeños, pero de patas más largas en comparación con las hembras, que presentan el caparazón más largo y ancho.

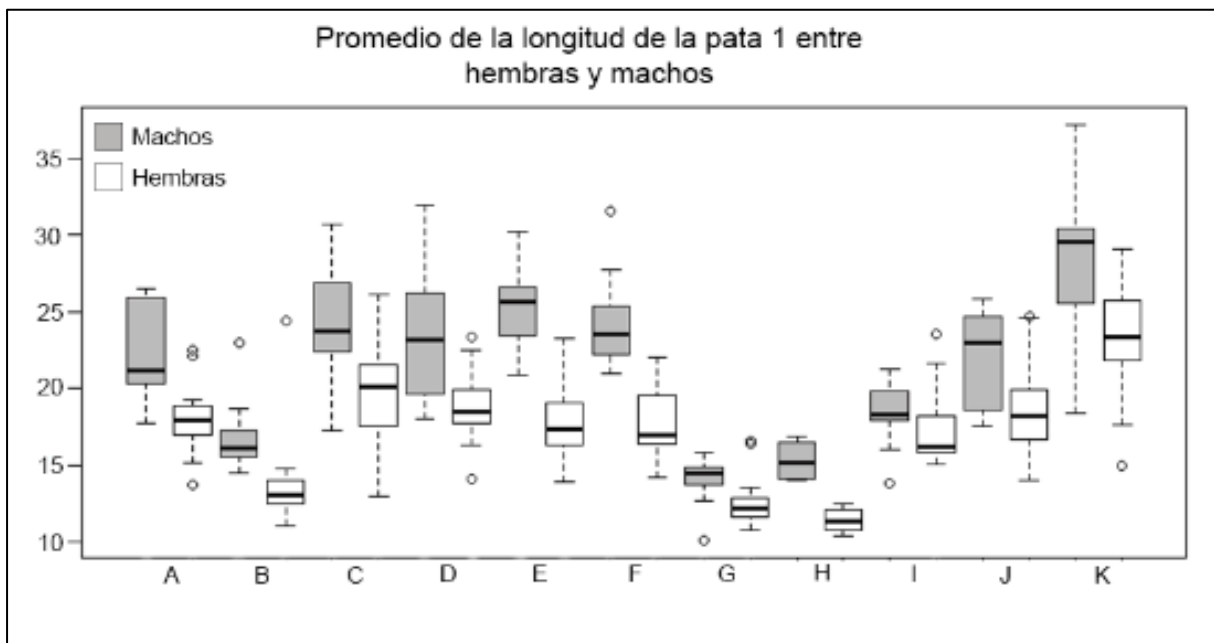
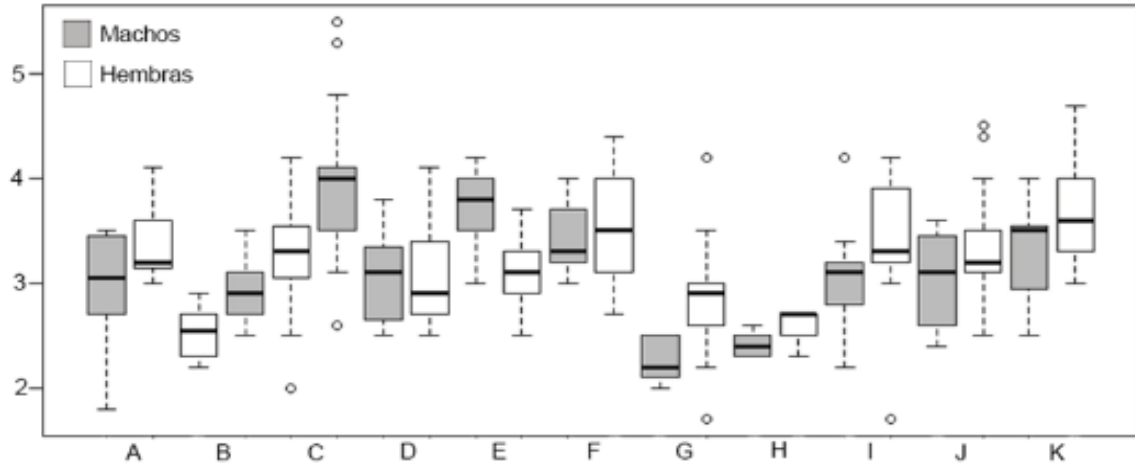


Figura 126. Mediana de las medidas lineales de hembras y machos del largo de la pata 1 (líneas dentro de la caja). Las líneas fuera de la caja representan los valores mínimos y máximos de las medidas, los valores atípicos están representados mediante círculos. Letras representan especies: **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L. morfo “costa”*, **F.** *L. morfo “quechultenango”*, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L. sp. nov.*, **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.

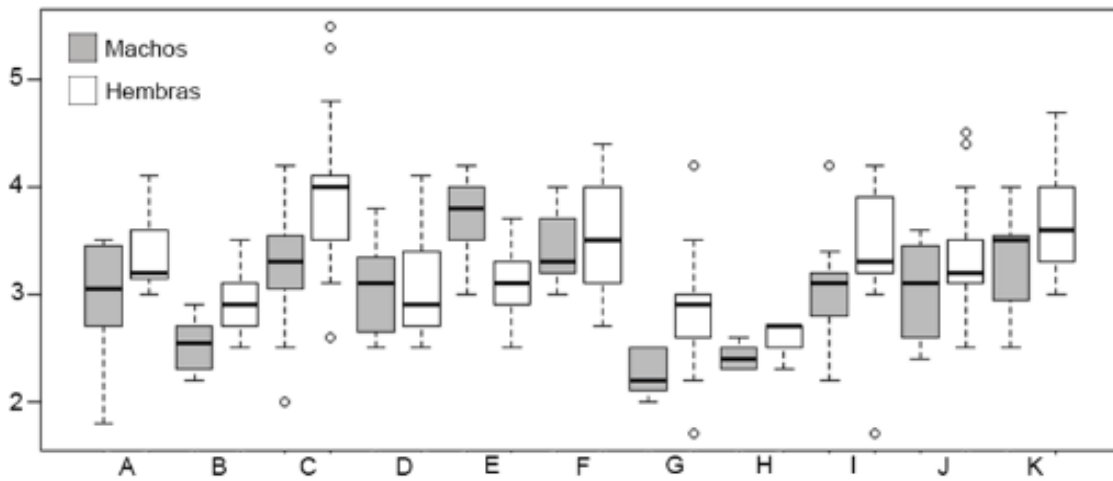
127

Promedio del largo del caparazón entre hembras y machos



128

Promedio del ancho del caparazón entre hembras y machos



Figuras 127-128. Mediana de las medidas lineales de hembras y machos, del largo y ancho del caparazón (líneas dentro de la caja). Las líneas que salen de la caja representan los valores mínimos y máximos de las medidas, los valores atípicos están representados mediante círculos. Letras representan especies: **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L. morfo* “costa”, **F.** *L. morfo* “quechultenango”, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L. sp. nov.*, **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.

Mediante un análisis de Kruskal-Wallis, se analizó la diferencia entre la longitud de la pata 1 entre *L. colima*, *L. jaca*, *L. malintzi*, *L. misteca*, *L. morfo* “costa”, *L. morfo* “quechultenango”, *L. nahuana*, *L. sp. nov.*, *L. tenochtitlan*, *L. tenango*, *L. zapoteca* (Cuadro 7, Figuras 126-128). Se encontró una diferencia significativa ($X^2=250.6$, $p=8.447E-42$, $\alpha=0.05$) entre la longitud de la pata uno de las 11 especies analizadas, siendo *L. zapoteca* la especie con las patas más largas, seguida de *L. morfo* “costa”, *L. malintzi*, *L. morfo* “quechultenango”, *L. misteca* y *L. tenango* (Figura 126). Estas variaciones en la longitud de las patas podrían deberse al microhábitat donde se encuentran estas arañas, algo que ha sido demostrado con otras familias de arañas.

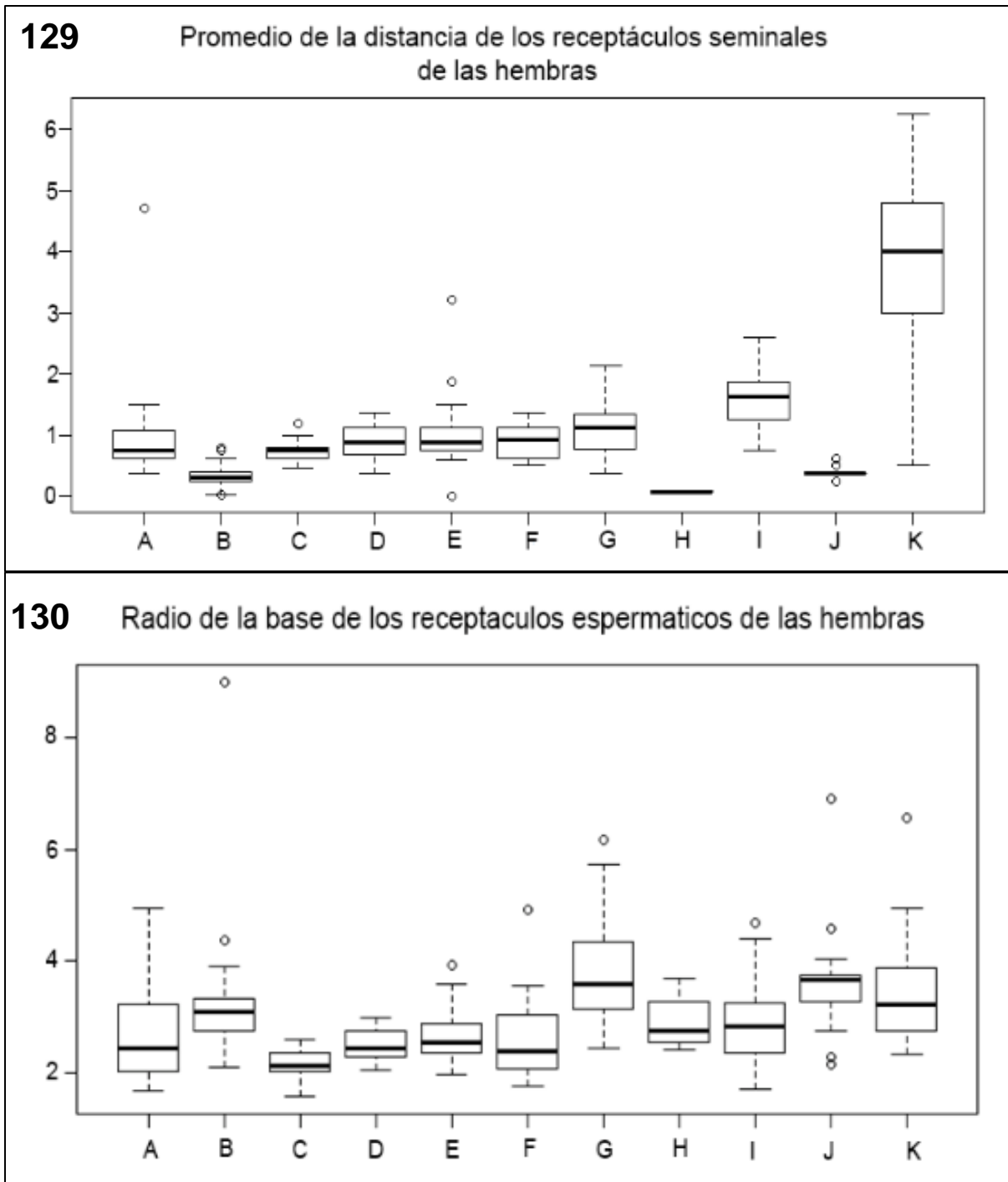
7.4.2 Análisis de los receptáculos seminales de las hembras

Con la finalidad de conocer si los receptáculos seminales de las hembras aportan evidencia estadística útil para la identificación de las especies de *Loxosceles* del Centro-Occidente de México, se llevó a cabo la medición de la distancia entre los receptáculos seminales y se sacó el radio de la base de dichos receptáculos (Figuras 129-130) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Medidas lineales promedio de 11 especies de *Loxosceles* consideradas en este estudio para analizar la distancia entre los receptáculos seminales y el radio de la base de los receptáculos seminales de las hembras. N= No. de individuos. D= Distancia entre los receptáculos de las hembras. R= Radio de la base de los receptáculos seminales de las hembras. Los números en paréntesis son las medidas mínimas y máximas. P-valor de la prueba de T *student*. *= Significancia ($p < 0.05$).

Especies	N	D	p- valor (α 0.05)	R	p- valor (α 0.05)
1. <i>Loxosceles colima</i>	15	1.083 (0.37-4.7)	0.00132 *	2.72 (1.69-4.95)	1.323E-08*
2. <i>Loxosceles jaca</i>	25	0.3278 (0.02-0.79)	8.345E-08 *	3.26 (2.11-9.00)	5.124E-12*
3. <i>Loxosceles malintzi</i>	26	0.7492 (0.47-1.2)	5.158E-34 *	2.18 (1.58-2.60)	1.588E-25*
4. <i>Loxosceles misteca</i>	12	0.375 (0.375-1.375)	4.289E-07 *	2.52 (2.06-2.99)	8.934E-12*
5. <i>Loxosceles</i> morfo "costa"	38	0.9546 (0.623.20)	1.592E-15*	2.67 (1.98-3.94)	1.336E-31*
6. <i>Loxosceles</i> morfo "quechultenango"	16	0.925 (0.5-1.375)	3.21E-09 *	2.65 (1.78-4.92)	8.588E-10*
7. <i>Loxosceles nahuana</i>	19	1.122 (0.375.2.125)	5.329E-09*	3.48 (2.45-6.17)	1.163E-12*
8. <i>Loxosceles</i> sp. nov.	4	0.077 (0.05-0.1)	0.004876 *	2.92 (2.42-3.70)	0.0001825*
9. <i>Loxosceles tenango</i>	25	0.385 (0.25-0.625)	2.291E-15*	3.62 (2.15-690)	9.42E-17*
10. <i>Loxosceles tenochtitlan</i>	13	0.850 (0.75-2.6)	2.622E-07*	2.93 (1.71-4.70)	2.993E-08*
11. <i>Loxosceles zapoteca</i>	25	3.627 (0.5.6.25)	6.636E-11*	3.51 (2.33-6.57)	2.497E-15*

Se realizó una prueba de *T student* (Shapiro-Wilk >0.05), para conocer la diferencia estadística de la distancia de los receptáculos seminales y las diferencias entre el radio de la base de los receptáculos espermáticos entre las hembras de la misma especie. Los resultados arrojaron que si existen diferencias significativas ($p < 0.05$) intraespecíficas en las distancias entre los receptáculos seminales de: *L. colima*, *L. jaca*, *L. malintzi*, *L. misteca*, *L. morfo* “costa”, *L. morfo* “quechultenango”, *L. nahuana*, *L. sp. nov.*, *L. tenango*, *L. tenochtitlan*, *L. zapoteca*. Es decir, que dentro de cada especie se presenta una amplia variación en las distancias de los receptáculos seminales (Figura 129) (Cuadro 8). El análisis del radio de la base de los receptáculos seminales, arrojó como resultado una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el radio de la base de los receptáculos espermáticos de las hembras de una misma especie (Figura 130).



Figuras 129-130. **129.** Promedios de las medidas lineales de los receptáculos seminales de las hembras (líneas dentro de la caja). **130.** Promedios del radio de la base de los receptáculos seminales de las hembras (líneas dentro de la caja), las líneas que salen de la caja representan los valores mínimos y máximos de las medidas, los valores atípicos están representados mediante círculos. Letras representan especies **A.** *L. colima*, **B.** *L. jaca*, **C.** *L. malintzi*, **D.** *L. misteca*, **E.** *L. morfo* “costa”, **F.** *L. morfo* “quechultenango”, **G.** *L. nahuana*, **H.** *L. sp. nov.*, **I.** *L. tenochtitlan*, **J.** *L. tenango*, **K.** *L. zapoteca*.

También se realizó una prueba de ANOVA para saber si existían diferencias estadísticamente significativas de las distancias entre los receptáculos seminales y el radio de la base de los receptáculos seminales, entre las especies (variación interespecífica): *L. colima*, *L. jaca*, *L. malintzi*, *L. misteca*, *L. morfo* “costa”, *Loxosceles morfo* “quechultenango”, *L. nahuana*, *L. sp. nov.*, *L. tenango*, *L. tenochtitlan* y *L. zapoteca* (Cuadro 8, Figuras 129-130). El análisis de ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las especies, con respecto a la distancia de los receptáculos seminales de las hembras. De igual forma el análisis del radio de la base de los receptáculos seminales indicó, que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$), entre las especies del género *Loxosceles* del Centro-Occidente de México (Cuadro 8, Figuras 129-130).

7.5 Taxonomía

Se realizó la descripción de una nueva especie del género *Loxosceles* para México después de 35 años (Anexo 1). El nombre de la especie es *L. malintzi* Valdez-Mondragón, Cortez-Roldán, Juárez-Sánchez y Solís-Catalán 2018, y fue localizada en los estados de Puebla, Morelos y Guerrero, la descripción se basó en imágenes morfológicas y en ultra-morfológicas (Anexo 1). Para la descripción de esta especie fue utilizado el siguiente material tipo: un ejemplar macho (holotipo) además de dos machos y dos hembras más (paratipos), todos de 1.5 km NE de Panteón de San Pablo Anicano, Municipio San Pablo Anicano, Puebla localidad tipo de la especie. Además, se revisó material adicional de otras localidades Puebla (14 machos, 16 hembras y 135 inmaduros), Morelos (cuatro machos y dos inmaduros) y Guerrero (un macho, ocho hembras y cuatro inmaduros). También se incluyeron mapas de distribución de las 39 especies que se tienen reportadas para México y se hace el primer registro bien documentado de *L. rufescens* (Dufour, 1820) en México, en el estado de Chihuahua, donde se presentan fotografías de dos especímenes (una hembra y un macho). En la sección de publicaciones se encuentra el artículo completo y el link de descarga.

Se contribuyó en la descripción de la especie *L. tenochtitlan* Valdez-Mondragón y Navarro-Rodríguez 2019 (Anexo 2). Esta especie se localiza en el estado de México (CDMX) y el estado de Tlaxcala, e inicialmente se le considero como *L. misteca* Gertsch 1958 y se le consideraba como especie introducida en los lugares antes mencionados. Sin embargo, con ayuda de la taxonomía integradora se pudo realizar esta descripción utilizando análisis moleculares, morfometría lineal y morfométrica, modelaje de nicho e imágenes de barrido. Para la descripción de esta especie fue utilizado el siguiente material tipo: un ejemplar macho (holotipo) además de un macho y cinco hembras más (paratipos), todos de calle Cruz Verde, No. 132, Tlalpan, CDMX. En la sección de publicaciones se encuentra el artículo completo y el link de descarga.

8. DISCUSIÓN

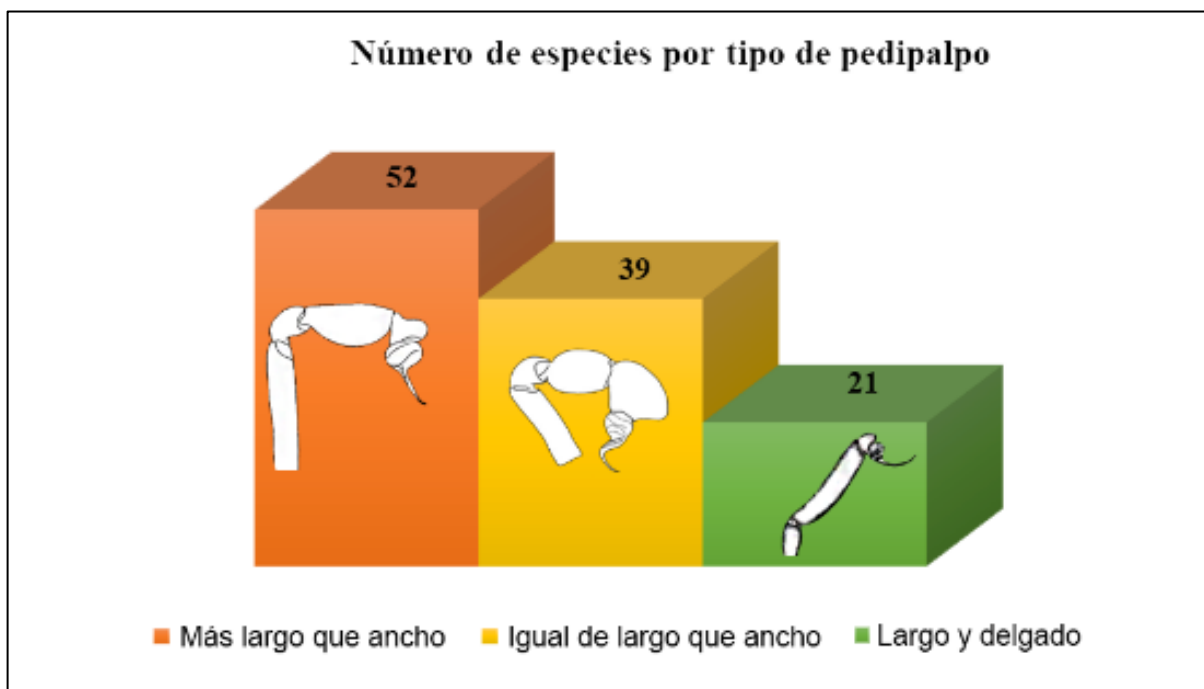
8.1 Morfometría Geométrica (MG)

La Morfometría Geométrica (MG) mostró que las tibias de los pedipalpos de los machos de *Loxosceles* del Centro-Occidente de México, se pueden agrupar en cuatro morfotipos: A) largas y anchas, B) igual de largas que anchas, C) cortas y anchas (casi circulares) y D) largas y delgadas. Con respecto al patrón que presentó *Loxosceles malintzi* (única especie presente en el grupo D) (Figura 60,73), se requeriría analizar otras especies mexicanas que aparentemente presentan este mismo patrón de tibias largas y delgadas; como es el caso de *Loxosceles coyote* (Gertsch y Ennik 1983: figs 173-176), *Loxosceles huasteca* (Gertsch y Ennik 1983: figs. 200-203), *Loxosceles teresa* (Gertsch y Ennik 1983: figs. 150-153), esto con la finalidad de saber si este patrón de tibias largas y cortas se mantiene.

Este mismo patrón de pedipalpos largos y delgados se puede observar en otras especies del género, por ejemplo: *Loxosceles laeta* (Nicolet 1849), *Loxosceles panama* Gertsch 1958, *Loxosceles surca* Gertsch 1958, *Loxosceles weyrauchi* Gertsch 1967 y *Loxosceles guajira* Calarique, Gutiérrez-Estrada y Flórez 2015, entre otras. Al analizar en la literatura la forma de las tibias de los pedipalpos de los machos de las 140 especies del género *Loxosceles* que se distribuyen a nivel mundial, podemos observar una tendencia a la formación de tres grupos con relación a la forma de las tibias, por lo que podríamos considerar que dentro del género se presentan estos morfotipos (Figura 131). No existen trabajos que expliquen cuál pudo haber sido la forma ancestral del pedipalpo en los machos del género *Loxosceles*, y/o si hay alguna ventaja evolutiva en cuestiones de cortejo y cópula con las hembras, sin embargo, podemos hipotetizar que los machos del género *Loxosceles* forman tres grupos con respecto al tamaño y la forma de sus pedipalpos: 1) Machos con pedipalpos igual de largo que ancho (Figura 131), 2) Machos con pedipalpos anchos y cortos (Figura 131) y 3) machos con pedipalpos largos y delgados (Figura 131).

Para poder comprobar esto y conocer cuál fue la primera forma ancestral se requiere de un análisis filogenético morfológico, incluyendo reconstrucción de estados ancestrales donde se incluyan el total de las especies del género descritas hasta ahora. Además, es necesario poner a

prueba la monofilia de los siete grupos de especies del género, ya que, de acuerdo con el tamaño y la forma de sus pedipalpos, podrían tratarse no solamente de grupos de especies diferentes, sino quizá de posibles géneros nuevos.



Figuras 131. Clasificación de los tipos de pedipalpos de los machos de las 139 especies de arañas *Loxosceles*, el gráfico muestra 112 especies, las 27 especies restantes no cuentan con la descripción del macho (World Catalog Spider, 2019).

En cuanto al análisis del bulbo y el émbolo del pedipalpo de los machos, se encontró que de acuerdo con la forma principalmente del émbolo se pueden agrupar en cinco morfotipos: 1) bulbo largo y ancho, émbolo corto y recto, ligeramente más ancho en la base, 2) bulbo largo y ancho, émbolo recto y largo, 3) bulbo ancho y largo, émbolo corto y curvo en la punta, 3) bulbo ancho y largo, émbolo largo y ligeramente curvo y ancho en la parte de la base, 4) bulbo ancho y largo, émbolo largo y en forma de gancho parecido a un garfio (Figuras 84-88). Este cambio se da principalmente en la parte prolateral dorsal del émbolo, mientras que en el bulbo los cambios son mínimos. Gertsch y Ennik (1983) solo analizan la morfología de un macho de las especies que ellos describen, por lo que no presentaron observaciones sobre la variación intraespecífica del bulbo y el émbolo. En el presente trabajo se realizó la observación y el

análisis de más de un macho por especie por lo que se encontró que dentro de la misma especie se llega a presentar una variación en la longitud del émbolo, aunque la forma se mantiene constante (Figura 84-88). Sin embargo, esta variación que presentan los machos es mínima comparada con la amplia variación intraespecífica que presentan los receptáculos seminales de las hembras. Por lo que los machos facilitarían una mejor identificación de las especies en comparación con las hembras.

En cuanto al patrón dorsal del caparazón en forma de “violín”, tanto en hembras como en machos, pese a que la forma particular de “violín” se mantiene en todas las especies analizadas, no en todas se puede apreciar de una forma muy marcada y clara, esto se debe principalmente a la coloración de cada una de las especies e individuos. Para el caso de los machos, se pueden presentar cinco morfotipos diferentes con relación a este patrón. Por ejemplo, en algunas especies se puede observar que, en la parte cercana a la zona ocular, este patrón se hace más ancho y en otras se adelgaza y/o se acorta, y en la parte cercana a la fóvea este patrón se adelgaza (Figuras 91-95). En otras especies, este patrón se adelgaza en la zona ocular y se ensancha hacia la parte media entre los ojos y la fóvea (Figuras 91-95).

En el caso de las hembras, el análisis arrojó que se pueden presentar siete morfotipos diferentes con relación a este patrón. Por ejemplo, en algunas especies el patrón dorsal es más delgado en la zona ocular, hasta la parte media y llegando a la fóvea más ancho (Figuras 99-105). En otras, el patrón dorsal tiende a ensancharse en la parte media y la zona ocular (Figura 99-105). Otro morfotipo es el patrón dorsal redondeado en la zona ocular, tiende a ensancharse y se aprecia un adelgazamiento no tan marcado en la parte media del patrón entre los ojos y la fóvea (Figura 99-105). Las especies analizadas cuyo patrón dorsal está más marcado tanto en hembras como en machos fueron *L. malintzi*, *L. morfo* “costa” y *L. morfo* “quechultenango”. Esta variación, en cuanto a la forma y tamaño del patrón dorsal podría deberse principalmente al tamaño de la especie, en las especies pequeñas esta marca no se distingue tan detalladamente. De igual forma en la coloración, ya que hay especies de colores más claros en las que es difícil distinguir esta marca, a menos de que se les observe de manera muy detallada. Otro de los factores que podría influir en que se marque o no el patrón dorsal, es el estadio que presenta el individuo. Para esto último se tendría que hacer un análisis utilizando individuos de diferentes estadios, para ver si la forma va cambiando conforme el individuo va alcanzando la madurez.

En cuanto al análisis de dimorfismo sexual con relación a la forma del caparazón, y al patrón dorsal del caparazón en forma de “violín, la mayoría de las especies analizadas presentaron dimorfismo sexual (Figuras 106-125). Las hembras fueron las que presentaron la forma del caparazón y el patrón dorsal más ancha, en comparación con los machos, principalmente en la zona ocular. Estos resultados se relacionan con los obtenidos en el análisis de morfometría líneal, donde las hembras son más grandes del caparazón en comparación a los machos, por lo tanto, al ser más grandes, la forma del caparazón y el patrón dorsal de las hebras será más ancha. En otras familias de arañas, también se ha encontrado dimorfismo sexual entre hembras y machos con relación a la forma del caparazón. Kallal y cols. (2019), encuentran que en arañas de la familia Araneidae, son los machos los que presentan formas del caparazón, más piriformes y robustas en comparación con las hembras, ellos consideran que estas diferencias en la forma se deben a la mayor movilidad de los machos, ya que un caparazón más ancho puede soportar patas más robustas.

8.2 Morfometría Líneal (ML)

El análisis de morfometría líneal (ML), mostró que existe dimorfismo sexual en las especies de *Loxosceles* del Centro-Occidente de México (Figuras 126-128). Estos resultados son similares a lo reportado por Planas y Rivera (2015), donde la longitud de las patas de los machos de *L. mahan*, *L. bentejui*, *L. tazarte*, *L. guayota*, *L. tibicena*, *L. hupalupa*, son estadísticamente más largas en comparación con el de las hembras. De igual manera, Canals y cols. (2016) registra que los machos de *L. laeta* presentan las patas más largas en comparación con las hembras. Con los resultados obtenidos en este trabajo y en Planas y Rivera (2015) y Canals y cols. (2016), podemos considerar que en el género *Loxosceles* existe de manera general, dimorfismo sexual secundario en la longitud de las patas, siendo los machos con una mayor longitud de las patas en comparación con las hembras. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales con otras especies para corroborar lo anterior.

Esto ha sido demostrado con otros grupos de arañas, Huber (2015) menciona algunas especies arañas donde el macho es corporalmente más pequeño con respecto al tamaño de las

hembras, presenta una longitud mayor de las patas. Algunas de las hipótesis a esta característica en los machos se relacionan con el canibalismo sexual, es decir que los machos al tener las patas más largas y ser corporalmente más pequeños son más rápidos y ligeros y tendrán la capacidad de alejarse rápidamente de la hembra después de la cópula para evitar ser depredados por ellas (Elgar y cols. 1990, Huber, 2005). Otra de estas explicaciones se relaciona con la conducta más activa de los machos al llegar a la etapa de reproducción, ya que son estos los que tienen que desplazarse fuera de sus refugios en busca de las hembras y las patas más largas les proporcionarían un movimiento más rápido (Thornhill y Alcock 1983, Gasnier y cols. 2002, Canals y cols. 2016).

De las 11 especies analizadas en este trabajo se encontró que *L. zapoteca* es la especie con las patas más largas, seguida de *Loxosceles* morfo “costa”, *L. malintzi*, *Loxosceles* morfo “quechultenango”, *L. misteca* y *L. tenango*, estas variaciones en la longitud de las patas podrían deberse al microhábitat donde se encuentran estas arañas, algo que ha sido demostrado con otras familias de arañas (Figura 124). Eberle y cols. (2018) encontraron que en las arañas de la familia Pholcidae, se presenta una variación morfológica (tamaño del cuerpo, proporción de las patas y el color) asociada al microhábitat en el que habitan, agrupándolas en tres tipos de microhábitats, 1) las que viven entre rocas, 2) las que viven en hojarasca, y 3) las que viven en la vegetación arbustiva debajo de las hojas. Ellos concluyen en que la diversificación del grupo pudo haberse dado a partir de las especies que habitan entre rocas y los que viven en la vegetación arbustiva debajo de las hojas, cuya característica principal es que tienen las patas largas y su coloración va de color blanco pálido a verde, en comparación con aquellas especies que habitan en el suelo y entre la hojarasca las cuales presentan patas muy cortas, su coloración tiende a ser en colores marrones, además son de menor tamaño. Algunos de los factores que podrían estar asociados al hábitat entre rocas y entre la vegetación y que los diferencia del que habitan en el suelo, son: la disponibilidad de presas, protección contra depredadores.

Respecto al microhábitat para el caso de las especies analizadas en el presente estudio; *L. zapoteca* se encuentra en las entradas de las cuevas, *L.* morfo “costa” se encuentra entre troncos secos y bajo cortes de tierra, *L. malintzi* se encuentra bajo rocas principalmente, *L.* morfo “quechultenango” se encuentra entre troncos secos y bajo rocas, *L. misteca* se encuentran principalmente dentro de cuevas, mientras que *L. tenango* se encuentra dentro de grutas y cuevas

(Cuadro 9). Planas y Rivera (2015) realizan una observación de la relación del microhabitat con la longitud de las patas en *L. guayota* Planas y Ribera 2015, ellos observaron que esta especie tiene una longitud corporal mayor, con un ancho de caparazón significativamente mayor al de las otras especies descritas en su trabajo y presenta un alargamiento pronunciado de las patas, por lo que asumen que este alargamiento de las patas podría estar relacionado con un proceso de troglomorfo. También mencionan que las arañas de este género se pueden considerar troglomórficas ya que la mayoría de las especies pueden ser encontradas en cuevas, hábitat preferido por muchas especies del género.

Souza y Ferreira (2018) realizan una comparación del tamaño de las patas de machos y hembras de *L. troglobia* con otras especies del grupo *gaucho*, encontrando que esta especie tiene las patas más largas en comparación con las especies del mismo grupo. Hasta el momento, para el género *Loxosceles* no se tiene información sobre si existe una relación entre la variación morfológica y el microhábitat, por lo que se necesita realizar un estudio más detallado entre la morfología y el microhabitat de cada especie. Esto para conocer, si hay una relación entre el tamaño corporal y el hábitat o incluso si el hábitat es un factor importante para la diversificación del grupo, como Eberle y cols. (2018) lo analizaron con la familia de arañas Pholcidae.

Pese a esa gran cantidad de cuevas que existen en México (> 13,000) (Peter Sprouse *com. pers.*), hasta el momento no se ha registrado ninguna especie del género *Loxosceles* con hábitos troglobios. Sin embargo, en el presente estudio se registraron tres especies troglófilas *L. misteca*, *L. tenango* y *L. zapoteca* (Cuadro 9), estas tres especies han sido recolectadas principalmente dentro de cuevas, aunque para el caso de *L. misteca* y *L. zapoteca* también han sido colectadas bajo rocas en las entradas de las cuevas, las cuales presentan un alargamiento de las patas mayor en comparación con el resto de las especies analizadas, por lo que este alargamiento podría responder a un proceso de troglomorfo. Además de las especies troglófilas, en el Cuadro 9 podemos observar que se registraron especies epigeas, las cuales fueron encontradas en el suelo bajo y entre las rocas y entre troncos secos. Especies como *L. colima*, *Loxosceles* morfo “costa y *L. morfo* “quechultenango” además de ser encontradas en zonas silvestres, fueron recolectadas en zonas urbanas por lo que podemos considerarlas también sinantrópicas.

Cuadro 9. Descripción del microhábitat donde fueron recolectados los especímenes de arañas *Loxosceles* del Centro-Occidente de México, utilizados para este trabajo.

Clasificación por microhábitat.	Microhábitat	Especies
Troglófilas	En las entradas de cuevas y zona de penumbra, bajo y entre rocas y en las grietas de las paredes que se encuentran dentro de la cueva. En las entradas de las grutas en las partes altas y entre las grietas de las paredes de estas.	<i>Loxosceles tenango</i>
Epigeas	Entre las pencas de agaves, opuntias y saguaros secos, bajo y entre rocas.	<i>Loxosceles jaca</i> <i>Loxosceles malintzi</i> <i>Loxosceles nahuana</i> <i>Loxosceles</i> sp. nov.
Epigeas/Troglófilas	En las entradas de cuevas y zona de penumbra, bajo y entre rocas y en las grietas de las paredes que se encuentran dentro de la cueva.	<i>Loxosceles misteca</i> <i>Loxosceles zapoteca</i>
Epigeas/Sinantrópicas	Entre corteza de árboles y sobre los árboles, bajo y entre rocas, entre basura y entre troncos secos. En ambientes antropizados; bajo mesas de madera y cemento, entre las grietas de las paredes.	<i>Loxosceles colima</i> <i>Loxosceles</i> morfo “costa” <i>Loxosceles</i> morfo “quechultenango”
Sinantrópica	En ambientes antropizados; dentro de las casas, detrás de cuadros, muebles y objetos almacenados.	<i>Loxosceles tenochtitlan</i>

En cuanto al análisis de los receptáculos seminales de las hembras, Gertsch y Ennik (1983) en la última revisión taxonómica, mostraron que existe una gran variación intraespecífica entre la forma de los receptáculos seminales de las hembras de las especies de *Loxosceles* (ej. *Loxosceles tenango* (Gertsch y Ennik 1983: figs 252-255), *Loxosceles misteca* (Gertsch y Ennik 1983: figs 260-263)). Con los datos obtenidos en este trabajo vemos que esa variación intraespecífica observada por Gertsch y Ennik (1983), también se presenta en la morfometría lineal. Siendo las distancias de los receptáculos seminales y la proporción entre el alto y el ancho de los receptáculos seminales diferentes significativamente, dentro de la misma especie (Cuadro 8) (Figura.129-130). Debido a esta variación, es que se complica la identificación de las especies de *Loxosceles* con ejemplares hembras, sin embargo, durante el desarrollo de este trabajo se pudo apreciar que no en todas las especies se observa esta amplia variación en los receptáculos seminales. Hay especies que mantiene un patrón constante, y la variación que se puede encontrar es muy sutil como en el caso de: *Loxosceles zapoteca* (Gertsch y Ennik 1983: figs. 48-51), *Loxosceles baja* (Gertsch y Ennik 1983: figs. 160-161), *Loxosceles chinatca* (Gertsch y Ennik 1983: figs. 248-251), *Loxosceles tehuana* (Gertsch y Ennik 1983: figs. 288-290), por citar algunos ejemplos.

Hasta el momento se desconoce por qué se presenta esta variación intraespecífica en los receptáculos seminales de las hembras del género *Loxosceles*, ya que no se tiene reporte de algún estudio donde analicen la variación intraespecífica presente en los receptáculos seminales de las hembras hasta ahora. Debido a esto, se proponen las siguientes hipótesis que pudieran abordarse en futuros trabajos relacionados a la variación intraespecífica los receptáculos seminales de las hembras del género *Loxosceles*: 1) Variación ontogenética de las hembras, 2) Madures sexual; si son hembras vírgenes o no vírgenes, 3) Número de cópulas; si han pasado por una o más cópulas, 4) Número de puestas; si ya tuvieron un primer ovisaco o más de uno, y 5) Tamaño del macho con el cual ha copulado.

9. CONCLUSIONES

- El pedipalpo de los machos es una estructura con variación intraespecífica mínima, en comparación con la amplia variación intraespecífica que presentan los receptáculos seminales de las hembras, por lo que las estructuras sexuales de los machos presentan caracteres fijos y robustos taxonómicamente para la identificación de las especies del género *Loxosceles*.
- Las tibias de los pedipalpos de los machos del género *Loxosceles*, presentan alometría positiva, por lo que su forma estará relacionada con el tamaño.
- Hay dimorfismo sexual secundario en la forma del caparazón y el patrón dorsal en forma de “violín”, entre hembras y machos de arañas *Loxosceles*, siendo las hembras las que presentan el caparazón y el patrón dorsal en forma de “violín” más ancho en comparación con los machos.
- Hay dimorfismo sexual secundario entre hembras y machos de arañas *Loxosceles* con respecto a la longitud de las patas, siendo los machos los que tienen las patas de mayor longitud en comparación a las hembras.

10. PERSPECTIVAS

- Es necesario aumentar el número de machos para las especies que presentaron pocos ejemplares, como es el caso de *Loxosceles colima* y *Loxosceles* sp. nov.
- Se recomienda realizar un muestreo, donde se incluyan a las 29 especies de *Loxosceles* restantes de la República mexicana.
- Para futuros estudios se sugiere:
 - Realizar un estudio de la forma del receptáculo seminal de las hembras, analizando los distintos estadios de las hembras.
 - Realizar un estudio, dónde se analice el tipo de microhabitat con relación a la longitud de las patas, para saber si existe una correlación entre ambas variables.

11. REFERENCIAS

- Adams DC, Rohlf FJ y Slice DE. 2004. Geometric Morphometrics: Ten Years of Progress Following the “Revolution”. *Ital J Zoo* 71:5-16.
- Bechara WY y Liria J. 2012. Morfometría geométrica en cinco especies de Buthidae y Scorpionidae (Arachnida: Scorpiones) de Venezuela. *Rev Mex Biodiv* 83: 421-431.
- Baldazo-Monsivaiz JG, Ponce-Saavedra J y Flores-Moreno M. 2013. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* de importancia médica (Scorpiones: Buthidae) del estado de Guerrero, México. *Rev Mex Biodiv* 84:1 100-116.
- Ballesteros JA, Sharma PP. 2019. A Critical Appraisal of the Placement of Xiphosura (Chelicerata) with Account of Known Sources of Phylogenetic Error. *Syst Biol.*68 (6): 896-917.
- Bertani RS, Von DM, Gallão JE y Bichuette ME. 2018. Four new troglophilic species of *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832: contributions to the knowledge of recluse spiders from Brazilian caves (Araneae, Sicariidae). *ZooKey* 806: 47-72.
- Binford GJ, Callahan MS, Bodner MR, Rynerson MR, Berea PN, Ellison CE, Duncan PR. 2008. Phylogenetic relationships of *Loxosceles* and *Sicarius* spiders are consistent with Western Gondwanan vicariance. *Mol Phylogenet Evol* 49: 538–553.
- Bond JE y Beamara AD. 2006. A morphometric analysis of mygalomorph spider carapace shape and its efficacy as a phylogenetic character (Araneae). *Invertebr Syst* 20:1-7.
- Bonnet MS, BSC, MB, CHB, DRCOG. 1996. The *Loxosceles* Spider. *Br Hom J.* 85: 205-213.
- Brescovit AD, Taucare-Ríos A, Magalhaes ILF y Santos AJ. 2017. On Chilean *Loxosceles* (Araneae: Sicariidae): first description of the males of *L. surca* and *L. coquimbo*, new records of *L. laeta* and three remarkable new species from coastal deserts. *Eur J Taxon* 388: 1–20.
- Canals M, Tacuare-Rios A, Solis R, Moreno L. 2016. Dimorfismo sexual y morfología funcional de las extremidades de *Loxosceles laeta* (Nicolet, 1849). *Gayana* 80 (2): 161-168.
- Carvalho SL, Candiani FD, Bonaldo LS y Silva RP. 2010. A new species of the sun-spider genus *Mummucia* (Arachnida: Solifugae: Mummucidae) from Piauí, northeastern Brazil. *Zootaxa* 2690: 19–31.
- Chamberlin RV y Ivie W. 1938. Araneida from Yucatan. *Publ Carnegie Inst* 491: 123-136.

- Coddington JA y Colwell RK. 2001. Arachnids. En: Encyclopedia of Biodiversity. Levin SA. Editorial. Academic Press. San Diego, California. 1: 199-218.
- Cortez-Roldan MR. 2018. Arañas de importancia médica: Distribución y Modelaje de Nicho Ecológico de las especies de arañas violinistas del género *Loxosceles* Heineken y Lowe, 1832 (Araneae, Sicariidae) de México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Costa-Schmidt y Mellender DAA. 2010. Genitalic variation and taxonomic discrimination in the semi-aquatic spider genus *Paratrechalea* (Araneae: Trechaleidae). *J Arachnol* 38: 242–249.
- Crews SC. 2009. Assessment of rampant genitalic variation in the spider genus *Homalonychus* (Araneae, Homalonychidae). *Inv Biol* 128(2): 107–125.
- Duncan RP, Rynerson MR, Ribera C, Binford GJ. 2010. Diversity of *Loxosceles* spiders in Northwestern Africa and molecular support for cryptic species in the *Loxosceles rufescens* lineage. *Mol Phylogenet Evol* 55: 234- 248.
- Durán-Barrón CG. 2004. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a viviendas de la ciudad de México (Área metropolitana). Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de México. México. D. F.
- Eberle J, Dimitrov D, Valdez-Mondragón A, Bernhard HA. 2018. Microhabitat change drives diversification in pholcid spiders. *BMC Evol Biol*.18:141.
- Fernandes de Azevedo GH. 2012. Sistemática E Evolução de Aranhas-Armadeiras (Ctenidae: Phoneutria) A Partir de Evidências Moleculares, Morfológicas E Ecológicas. Tesis de Maestria. Programade Pós-Graduação Em Ecología. Universidad Federal De Minas Gerais.
- Foelix RF. 2011. Biology of spiders. Editorial Oxford University. New York, Oxford.
- Francke OF. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Rev Mex Biodiv*. 85: 408-418.
- Fukushima CS, Andrade RMG, Bertani R. 2017. Two new Brazilian species of *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832 with remarks on *amazonica* and *rufescens* groups (Araneae, Sicariidae). *ZooKeys* 667: 67–94.
- Gertsch WJ. 1958. The spider genus *Loxosceles* in North America, Central America, and the West Indies. *Am Mus Novit* 1907: 1-46.

- Gertsch WJ. 1973. A report on cave spiders from Mexico and Central America. *AMCS* 5: 141–163.
- Gertsch WJ Ennik F. 1983. The spider genus *Loxosceles* in North America, Central America, and the West Indies (Araneae, Loxoscelidae). *Bull Am Mus Nat.* 175 (3): 264-360.
- Huber BA. 2005. Sexual selection research on spiders: progress and biases. *Biol. Rev.* 80: 363-385.
- Huber BA. 2014. Progress and prospects in taxonomy: what is our goal and we ever going to reach it. *J Arachnol* 42:142-147.
- Jiménez ML. y Llinas GJ. 2005. Description of male *Loxosceles mulege* Gertsch y Ennik (Araneae: Sicariidae) of Baja California. *J Med Entomol.* 42: 1082-1084.
- Kallal JR, Moore JA, Hormiga G. 2019. The shape of weaver; investigating shape disparity in Orb-Weaving Spiders (Araneae, Araneidae) using Geometric Morphometrics. *BMC Evol Biol.* 46:(4) 317-331.
- Lotz LN. 2017. An update on the spider genus *Loxosceles* (Araneae: Sicariidae) in the Afrotropical region, with description of seven new species. *Zootaxa* 4341 (4): 475–494.
- Magalhaes I, LF, Brescovit AD, Santos AJ. 2017. Phylogeny of Sicariidae spiders (Araneae: Haplogynae), With a monograph on Neotropical Sicarius. *Zool J Linn Soc.* 179:767–864.
- Ojeda M, Montiel-Parra G, Pérez M.T. (2015). *Ento Mex.* 2: 40-46.
- Planas E y Ribera C. 2014. Uncovering overlooked island diversity: colonization and diversification of the medically important spider genus *Loxosceles* (Arachnida: Sicariidae) on the Canary Islands. *J Biogeogr.* 41: 1255–1266.
- Planas, E y Ribera C. 2015. Description of six new species of *Loxosceles* (Araneae: Sicariidae) endemic to the Canary Islands and the utility of DNA barcoding for their fast and accurate identification. *Zool J Linn Soc.* 174: 47–73.
- Ponce-Saavedra J, Francke OF, Cano-Camacho H, y Hernández-Calderón E. 2009. Evidencias morfológicas y moleculares que validan como especie a *Centruroides tecomanus* (Scorpiones, Buthidae). *Rev Mex Biod.* 80(1), 71-84.
- Ribera C y Planas E. 2009. A new species of *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) from Tunisia. *ZooKeys*, 16, 217-225.

- Rohlf FJ. 2015. The tps series of software. *Hystrix*. 26(1): 9-12.
- Rohlf FJ. 1990. Morphometrics. *Annu Rev Ecol Evol Syst*. 21:299-316.
- Salazar OCA. 2018. Biología, Distribución y Relaciones Sinantrópicas de *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae), del área central de Tamaulipas, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León., México, Nuevo León.
- Sandidge, JS. 2003. Scavenging in Brown recluse spiders. *Nature* 426:30.
- Sandidge JS, Hopwood JL. 2005. Brown recluse spiders: A review of biology, life history and pest management. *Trans Kans Acad Sci*. 108 (3/4): 99-108.
- Sheets HD y ML Zelditch. 2014. IMP: TMorphGen8 compiled 3/5/14. Traditional Morphometrics Data Set Generator. In: *CoordGen8*, 6/3/2014. Dept. of Physics, Canisius College and Dept. of Geology, SUNY at Buffalo, Buffalo NY. 2014.
- Shultz JW. 1990. Evolutionary morphology and phylogeny of Arachnida. *Cladistics* 6(1): 1-38.
- Shultz JW. 2007. A phylogenetic analysis of the arachnid orders based on morphological characters. *Zool J Linn Soc*. 150(2): 121-265.
- Souza MFVR y Ferreira RL. 2018. A new highly troglomorphic *Loxosceles* (Araneae: Sicariidae) from Brazil. *Zootaxa* 4438(3): 575–587.
- Tahami MS, Zamani A, Sadeghi S, RC. 2017. *Zootaxa* 4318 (2): 377–387.
- Toro IMV, Manríquez SG, Suazo GI. 2010. *Int. J. Morphol.*,28(4):977-990.
- Ubick D, Paquin P, Cushing PE y Roth V. 2017. *Spiders of North America: an identification manual*. AAS. 377.
- Valdez-Mondragón A, Cortez-Roldán MR, Juárez-Sánchez AR, Solís-Catalán KP, Navarro-Rodríguez CI. 2018. Arañas de Importancia Médica: Arañas violinistas del género *Loxosceles* en México, ¿qué sabemos acerca de su distribución y biología hasta ahora? *Boletín AMXSA* 2(1): 14–24.
- Valdez-Mondragón A, Cortez-Roldán MR, Juárez-Sánchez AR, Solís-Catalán KP. 2018. 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, Navarro-Rodríguez CI, Solís-Catalán KP, Cortez-Roldán MR, Juárez-Sánchez AR. 2019. Under an integrative taxonomic approach: the description of a new species of the genus *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) from Mexico City. *ZooKeys* 892: 93-133.
- Vitter RS. 2008. Spiders of the genus *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae): a review of biological, medical and psychological aspects regarding envenomations. *J Arachnol.* 36:150–163.
- Vetter RS. 2015. *The Brown Recluse Spider*. Cornell University Press, Ithaca and London, Comstock Publishing Associates, London.
- Vetter RS, Cushing PE, Crawford LR y Royce LA. 2003. Diagnoses of brown recluse spider bites (loxoscelism) greatly outnumber actual verifications of the spider in four western American states. *Toxicon*, 42: 413–418.
- Wang B, Dunlop JA, Selden AP, Garwood RJ, Shear WA, Müller P y Lei X. 2018. Cretaceous arachnid *Chimerarachne yingi* gen. et sp. nov. illuminates spider origins. *Nat Ecol y Evol* 2:614–622.
- Wheeler WC, Coddington JA, Crowley LM, Dimitrov D, Goloboff PA, Griswold CE, Hormiga G, Prendini L, Ramírez MJ, Sierwald P, Almeida-Silva L, Alvarez-Padilla F, Arnedok MA, Benavides SLR, Benjamin SP, Bond JE, Grismado CJ, Hasan E, Hedin M, Izquierdo MA, Labarque FM, Ledford J, Lara L, Maddison WP, Miller JA, Piacentini LN, Platnick NI, Polotowi D, Silva-Davila D, Scharff N, Tamas S, Ubick D, Vink CJ, Wood HM, Zhang J. 2016. The spider tree of life: phylogeny of Araneae based on target-gene analyses from an extensive taxon sampling. *Cladistic* 10.1111/cla.12182, 1-43.
- World Spider Catalog (2019). <https://wsc.nmbe.ch/>
- Xu X, Liu F, Chen J, Ono H, Li D, y Kuntner M. 2015. A genus-level taxonomic review of primitively segmented spiders (Mesothelae, Liphistiidae). *ZooKeys*. 488: 121.
- Zelditch ML, Swiderski H, Sheets D y Fink WL. (2004). *Geometric Morphometrics for Biologists: A primer*. Elsevier Academic Press.

12. PUBLICACIONES

Arañas de Importancia Médica: Arañas violinistas del género *Loxosceles* en México, ¿qué sabemos acerca de su distribución y biología hasta ahora?

<https://amxsa.org/wp-content/uploads/2019/12/boletin-amxsa-21-2018.pdf>

Boletín de la AMXSA

Arañas de Importancia Médica: Arañas violinistas del género *Loxosceles* en México, ¿qué sabemos acerca de su distribución y biología hasta ahora?

Por ***ALEJANDRO VALDEZ-MONDRAGÓN^{1,2}, MAYRA R. CORTEZ-ROLDÁN², ALMA R. JUÁREZ-SÁNCHEZ², KAREN P. SOLÍS-CATALÁN² Y CLAUDIA I. NAVARRO-RODRÍGUEZ²**

¹CONACYT Research Fellow. Laboratorio de Aracnología (LATLAX), Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sede Tlaxcala, Ex-Fábrica San Manuel, San Miguel Contla, 90640 Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, México

²Laboratorio de Aracnología (LATLAX), Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sede Tlaxcala, Ex-Fábrica San Manuel, San Miguel Contla, 90640 Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, México

³Colección Nacional de Arácnidos (CNAN), Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, Apartado Postal 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México
lat_mactans@yahoo.com.mx*

1 **Introducción.**
El orden Araneae está conformado a nivel mundial por 117 familias, 4,088 géneros y 47,517 especies (World Spider Catalog, 2018). De esta gran diversidad, solamente alrededor del 0.4% de las especies representan un problema de salud pública seria para el humano debido a su mordedura venenosa. El género de arañas *Loxosceles* Heineken y Lowe, 1832 (Sicariidae), conocidas comúnmente como arañas "violinistas", "arañas del rincón", "arañas par-

das", "arañas del cuadro", o "arañas reclusas pardas", o en inglés conocidas como "brown recluse spiders", representan uno de los seis géneros a nivel mundial responsables de serios problemas médicos para el ser humano debido a su mordedura (Vetter, 2008; Vetter et al., 2003). Otros géneros de importancia médica en el mundo son *Phoneutria* Perty, 1833 (familia Ctenidae); *Sicarius* Walckenaer, 1847 y *Hexophthalma* Karsch, 1879 (familia Sicariidae); *Latrodectus* Walckenaer, 1805 (familia Theridiidae); y *Atrax*

O. Pickard-Cambridge, 1877 (familia Atracidae) (World Spider Catalog, 2018) (Figs. 1-6). Otras especies de la familia Ctenidae distribuidas en los trópicos probablemente también sean causantes de mordeduras serias, así como especies de por lo menos otros 20 géneros de arañas que pueden ser responsables de mordeduras que requieren algún tipo de atención médica (Conddington y Levi, 1991; World Spider Catalog, 2018).

De las 4,086 especies de arañas re-



Figuras 1-6. Ejemplos de arañas de importancia médica a nivel mundial. 1. *Atrax robustus* O. Pickard-Cambridge, 1872 (Foto tomada de la web), 2. *Hexophthalma* sp. (Foto tomada de la web), 3. *Phoneutria nigriventer* Keyserling, 1891 (Foto tomada de la web), 4. *Sicarius* sp. (Foto tomada de la web), 5. *Latrodectus mactans* Fabricius, 1775; especie distribuida en México (Foto por J. Lacayo), 6. *Loxosceles aurea* Gertsch, 1973; especie distribuida en México (Foto por A. Valdez-Mondragón).

“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)”

<https://zookeys.pensoft.net/article/28445/>

ZooKeys 802: 39–66 (2018)
doi: 10.3897/zookeys.802.28445
<http://zookeys.pensoft.net>

RESEARCH ARTICLE

A peer-reviewed open access journal
ZooKeys
Launched in association with biodiversity research

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)

Alejandro Valdez-Mondragón^{1,2}, Mayra R. Cortez-Roldán³,
Alma R. Juárez-Sánchez³, Karen P. Solís-Catalán³

1 CONACYT Research Fellow, Laboratory of Arachnology (LATLAX), Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sede Tlaxcala, Ex-Fábrica San Manuel, San Miguel Contla, 90640 Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico **2** Colección Nacional de Arácnidos (CNAN), Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, Apartado Postal 04510, Coyoacán, Mexico City, Mexico **3** Laboratory of Arachnology (LATLAX), Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sede Tlaxcala, Ex-Fábrica San Manuel, San Miguel Contla, 90640 Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico

Corresponding author: Alejandro Valdez-Mondragón (lat_mactans@yahoo.com.mx)

Academic editor: Cristina Rheims | Received 18 July 2018 | Accepted 5 October 2018 | Published 4 December 2018

<http://zoobank.org/2F0B0C94-83D8-47DF-AF57-1854420D8B70>

Citation: Valdez-Mondragón A, Cortez-Roldán MR, Juárez-Sánchez AR, Solís-Catalán KP (2018) 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. <https://doi.org/10.3897/zookeys.802.28445>

Abstract

A new species of the spider genus *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832, *Loxosceles malintzi* sp. n., is described from the states of Puebla, Morelos and Guerrero, in the central region of Mexico. The description is based on adult males and females with morphological and ultra-morphological images. Updated distribution maps are provided for the 39 species recorded from the Mexican territory (including the new species). The states with the greatest diversity are Baja California Sur, Baja California and Sonora, with five species each. A total of 441 records for the 39 species, based on arachnological collections, data bases and literature, were used to update the distribution maps. *Loxosceles boneti* Gertsch, 1958 is the species with the

“Under an integrative taxonomic approach: the description of a new species of the genus *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) from Mexico City”.

<https://zookeys.pensoft.net/article/39558/>

ZooKeys 892: 93–133 (2019)
doi: 10.3897/zookeys.892.39558
<http://zookeys.pensoft.net>

RESEARCH ARTICLE



Under an integrative taxonomic approach: the description of a new species of the genus *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) from Mexico City

Alejandro Valdez-Mondragón^{1,3}, Claudia I. Navarro-Rodríguez^{2,4},
Karen P. Solís-Catalán^{2,4}, Mayra R. Cortez-Roldán², Alma R. Juárez-Sánchez²

1 CONACYT Research Fellow, Laboratory of Arachnology (LATLAX), Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sede Tlaxcala, Ex-Fábrica San Manuel, San Miguel Conila, C. P. 90640 Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico **2** Laboratory of Arachnology (LATLAX), Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales (LBCTV), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sede Tlaxcala, Mexico **3** Colección Nacional de Arácnidos (CNAN), Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), Ciudad Universitaria, Apartado Postal 04510, Coyoacán, Mexico City, Mexico **4** Posgrado en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC), Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), Carretera Federal Tlaxcala-Puebla, Km. 1.5, C. P. 90062, Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico

Corresponding author: Alejandro Valdez-Mondragón (lat_mactans@yahoo.com.mx)

Academic editor: A. Pérez-González | Received 30 August 2019 | Accepted 4 October 2019 | Published 27 November 2019

<http://zoobank.org/E176337C-6F78-4462-8FD0-ACB727C043E4>

Citation: Valdez-Mondragón A, Navarro-Rodríguez CI, Solís-Catalán KP, Cortez-Roldán MR, Juárez-Sánchez AR (2019) Under an integrative taxonomic approach: the description of a new species of the genus *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) from Mexico City. ZooKeys 892: 93–133. <https://doi.org/10.3897/zookeys.892.39558>

Abstract

A new species of the spider genus *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832, *Loxosceles tenochtitlan* Valdez-Mondragón & Navarro-Rodríguez, **sp. nov.**, is described based on adult male and female specimens from the states of Mexico City, Estado de Mexico and Tlaxcala. Integrative taxonomy including traditional morphology, geometric and lineal morphology, and molecules (DNA barcodes of cytochrome *c* oxidase subunit 1 (CO1) and internal transcribed spacer 2 (ITS2)), were used as evidence to delimit the new species. Four methods were used for molecular analyses and species delimitation: 1) corrected *p*-distances under neighbor joining (NJ), 2) automatic barcode gap discovery (ABGD), 3) general mixed yule coalescent model (GMYC), and 4) poisson tree processes (PTP). All molecular methods, traditional geometric and