

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

Biología Reproductiva del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) (Marx 1889) durante la época seca 2021 en la Hacienda Ranatoro, Los Limones, Alanje, Provincia de Chiriquí, República de Panamá

ESTUDIANTES:

MARÍA GABRIELA BOZZI DEAN

4-774-1653

INÉS DARIANA QUIRÓZ GONZÁLEZ

4-790-896

ASESORA PRINCIPAL:

MSc. LETY DE WONG

COASESORES:

MSc. OSIRIS MURCIA

MSc. GUSTAVO GUERRA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO A LA ESCUELA DE BIOLOGÍA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO DE
BIOLOGÍA**

DAVID, CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2022

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a todas las personas que son amantes de la naturaleza y que se impresionan por este grupo de organismos tan complejos llamados escorpiones o alacranes.

18/1/23

RJTT 4731

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios por darnos la fuerza y energía necesaria para poder hacer realidad esta investigación.

Agradecer a la Hacienda Ranatoro, propiedad de la familia Wong-Pitty, por el uso de sus instalaciones y su disposición para el desarrollo de nuestra tesis.

Al laboratorio de Zoología (L-5) de la Universidad Autónoma de Chiriquí por facilitarnos el uso de sus instalaciones y equipo de microscopía.

Agradecer enormemente a nuestra asesora la profesora Letty Pitti de Wong por la paciencia, el apoyo y el financiamiento de esta investigación, sus consejos y aportes para poder realizar la investigación con éxito.

A la profesora Osiris Murcia por su paciencia y colaboración en el análisis de datos e ideas para la interpretación de estos.

Al profesor Gustavo Guerra por su ayuda en la revisión del manuscrito de esta investigación.

Un especial agradecimiento al señor Irving Moreno, trabajador de la Hacienda Ranatoro quien nos colaboró durante todas las giras de campo, especialmente durante los muestreos nocturnos.

A nuestros padres por creer en nosotras y brindarnos su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
MARCO INTRODUCTORIO	1
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Aspectos generales del problema	3
1.2 Hipótesis	3
1.3. OBJETIVO GENERAL:	4
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	4
1.5 Limitaciones	4
1.6. Justificación.....	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Historia natural de los escorpiones	7
2.2. Clasificación taxonómica de los Escorpiones.....	7
2.2.1. Clase Arachnida.....	8
2.2.2. Orden Scorpiones.....	8
2.2.3. Familia Buthidae	8
2.3. Morfología de los escorpiones	9
2.4. Dimorfismo sexual.....	10
2.5. Reproducción, órganos sexuales, desarrollo embrionario y post-embrionario	10
2.6. Dieta y Hábitat	11
2.7. Importancia en los ecosistemas	11

2.8. Comportamiento biológico	11
2.8.1. Mecanismo de defensa	11
2.8.2. Fluorescencia	12
2.8.3. Adaptaciones	12
2.9. Importancia médica.....	12
2.9.1. Toxicidad del veneno	13
CAPÍTULO III	14
MATERIALES Y MÉTODOS	14
MARCO METODOLÓGICO	15
3.1. Área de Estudio	15
3.2. Delimitación del área de estudio.....	17
3.3. Obtención de los escorpiones del género <i>Centruroides</i>	18
3.4. Preparación de los terrarios	19
3.5 Organización de los escorpiones en los terrarios	19
3.6. Dieta de los escorpiones en los terrarios	20
3.7. Disección de los escorpiones.....	20
3.8. Obtención de datos.....	21
3.8.1. Dimorfismo sexual:	21
3.8.2. Comportamiento sexual:.....	21
3.8.3. Desarrollo embrionario:.....	21
3.8.4. Desarrollo postembrionario:	21
3.8.5 Capacidad reproductiva de las hembras:.....	22
3.8.6. Mantenimiento de las hembras y sus crías en cautiverio.....	22
3.8.7. Caracteres morfológicos.....	22
3.8.8. Biometría.....	22
3.9. Conservación de los ejemplares de escorpiones	23
3.10. Análisis estadístico	23
CAPÍTULO IV.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. Resultados generales de la investigación.....	25
4.2. Características morfológicas	26
4.2.1. Región del Prosoma.....	26

4.2.2. Región del Mesosoma	26
4.2.3. Región del Metasoma	27
4.3. Sistema reproductor femenino	27
4.4. Sistema reproductor masculino	28
4.5. Dimorfismo sexual.....	28
4.6. Biometría	30
4.7. Desarrollo embrionario	37
4.8. Desarrollo post-embrionario	38
4.8.1. Parto	38
4.8.2. Estadio 1	40
4.8.3. Estadio 2	41
4.8.5. Estadio 4	41
4.9. Cuidado parental.....	41
4.10. Capacidad reproductiva de las hembras.....	42
4.11. Comportamiento sexual	42
4.12. Hábitat	45
4.13. Dieta.....	47
4.14. Actividad superficial.....	49
CAPÍTULO V.....	51
CONSIDERACIONES FINALES	51
5.1 CONCLUSIONES.....	51
5.2 RECOMENDACIONES	53
5.2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de individuos colectados por mes según sexo	25
Cuadro 2. Caracteres biométricos evaluados en machos (M) y hembras (H) Centruroides, para establecer dimorfismo sexual.	30
Cuadro 3. Registro del número de crías nacidas vs duración del alumbramiento en Centruroides.	39
Cuadro 4. Descripción del comportamiento sexual observado en Centruroides en los diferentes casos de estudios.	44
Cuadro 5. Microhábitats utilizados por escorpiones Centruroides observados en la Hacienda Ranatoro, Alanje, Chiriquí.	46
Cuadro 6. Receptividad y nivel de consumo con diferentes fuentes de alimentos en cautiverio.	47
Cuadro 7. Aspectos de las heces en relación con los alimentos consumidos.	49
Cuadro 8. Descripción de actividades observadas en hembras y machos Centruroides durante los muestreos nocturnos en campo.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la Hacienda Ranatoro, Los Limones, Alanje, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Fuente: Google Earth 2021.	15
Figura 2. Hacienda Ranatoro: A. Bosques de galería B. Bosques secundarios C. Potreros con cercas vivas D. Parcelas utilizadas para la ganadería. E. Terreno utilizado para siembra de árboles frutales.	16
Figura 3. Realización de muestreos: A. Nocturnos B. Diurnos.	17
Figura 4. Obtención de escorpiones: A. Búsqueda y recolección de escorpiones en campo B. Colocación de ejemplares de escorpiones en envases de plástico.	18
Figura 5. Preparación de terrarios: A. Terrario con sustrato proveniente del área de obtención de los escorpiones y su bebedero de agua B. Terrario rotulado y con su respectiva tapa para mantener la oxigenación y evitar la fuga de escorpiones.	19
Figura 6. Organización de los escorpiones en el laboratorio: A. Hembra organizada para estudios de desarrollo postembrionario B. Parejas organizadas para estudios de comportamiento sexual.	19
Figura 7. Disección de los escorpiones en el laboratorio: A. Incisión por la membrana pleural entre los tergitos y esternitos del mesosoma del escorpión B. Extracción de embriones para posterior observación.	20
Figura 8. Medición de los escorpiones utilizando un calibrador analógico Truper.	22
Figura 9. Conservación de ejemplares de escorpiones: A. Ejemplar adulto conservado en alcohol y formalina al 70% B. Ejemplar de cría conservado en alcohol al 70%.	23
Figura 10. Número de individuos colectados por mes según sexo.	26
Figura 11. Tamaño corporal.	35
Figura 12. Pedipalpos.	35

Figura 13. Longitud del metasoma.....	36
Figura 14. Longitud del telson.....	36
Figura 15. Peso corporal.....	37
Figura 16. Número de individuos observados por sustrato según muestreo.	46
Figura 17. Características morfológicas (A-B): A. Vista dorsal B. Vista ventral. Tomado de González-Sponga, 2016.	62
Figura 18. A-B. Sistema genital femenino: A. Ovariútero: túbulos transversales (TTR), túbulos mediales longitudinales (TML), túbulos longitudinales lateral (TLL), células laterales (CL) B. Espermateca (ESP).	63
Figura 19. Ovocito: A. Ovocitos de distintos estadios de desarrollo B. Morfología del ovocito (OV), Pedicelo (PD) y pared del ovocito (PO). C. Ovocitos de color amarillo, ricos en vitelo	63
Figura 20. Ovocitos y embriones (A-B): A. Ovocitos dispuestos en racimo de uvas B. Embriones dentro de la membrana vitelina.	63
Figura 21. Sistema genital masculino (A-B): A. Espermatóforo: glándula ventral anexa (GVA), glándula oval (GO), ampolla del conducto deferente (ACD), glándula cilíndrica (GC), proceso posterior del eje (PPE), órgano eyaculador (OE), vasos deferentes (VD), vesícula seminal (VS), saco eyaculador (SE), flagelo (FL) y testículos (TS) B. Hemiespermatóforo (HEF).....	64
Figura 22. Espermatóforo: A. Partes del espermatóforo (pedúnculo, cápsula, tallo y pedicelo) B. Espermatóforo con flagelo sobre el sustrato.....	64
Figura 23. Dimorfismo sexual en Centruroides: A. Vista dorsal en hembra B. Vista ventral en hembra C. Vista dorsal en macho D. Vista ventral en macho.	65
Figura 24. Características del prosoma de Centruroides (A-D): A. Caparacho de la hembra. B. Caparacho del macho. C. Esternón, opérculo genital, placa pectínea y lamelas marginales de la hembra. D. Esternón, opérculo genital, placa pectínea y lamelas marginales del macho.....	66

Figura 25. Características distintivas del mesosoma en *Centruroides* (A-B): A. Esternitos (I, II, III, IV y V) en Hembra B. Esternitos en machos (I, II, III, IV y V)...66

Figura 26. Metasoma en *Centruroides* (A-F): A. Vista dorsal del metasoma de la hembra B. Vista dorsal del metasoma del macho C. Vista ventral del metasoma de la hembra D. Vista ventral del metasoma del macho E. Vista lateral del metasoma lateral de la hembra F. Vista lateral del metasoma lateral del macho.....67

Figura 27. Telson en *Centruroides* (A-B): A. Telson en hembras B. Telson en machos.....68

Figura 28. Quelas en *Centruroides* (A-B): A. Quela de la hembra B. Quela del macho.....68

Figura 29. Desarrollo embrionario del escorpión *Centruroides* (A-S): A. Blastulación (Estadio 1). B-C Gastrulación (Estadios 2,3). D. Poro germinativo (PG) (Estadio 4) E. Segmentación (Estadio 5) F. Segmentación de la banda germinativa (Estadio 6) G. Aparición de células del prosoma y mesosoma (Estadio7) H. Segmentaciones de las estructuras del prosoma y mesosoma (Estadio 8) I. Formación de los pedipalpos (P), patelas (PT) y metasoma (Mt) (Estadio 9) J. Formación de los quelíceros(Q), alargamiento de los pedipalpos, patelas y los segmentos del metasoma (Estadio 10). K. Separación de las patelas de la banda germinativa (Estadio 11) L. Diferenciación y alargamiento de los pedipalpos, las patelas y los segmentos del metasoma (Estadio 12) M. Segmentaciones en todo el cuerpo (Estadio 13) N. Alargamiento en las estructuras corporales (Estadio 14). Ñ. Pigmentación de los quelíceros, membrana traslúcida evidente (Estadio 15). O. Segmentaciones del mesosoma y el metasoma más definidas (Estadio (16) P. Estructuras corporales definidas (Estadio 17) Q. Segmento V del metasoma pigmentado (Estadio 18) R. Pigmentación de los ojos laterales (Estadio 19) S. Primera pigmentación de las patelas; pigmentación más evidente en los quelíceros y metasoma (Estadio 20). 71

Figura 30. Parto observado en *Centruroides*: A. Dilatación del opérculo genital (OP). B. Apertura del opérculo genital y movimientos de las lamelas marginales durante la dilatación. C. Inicio del nacimiento de la cría (CR) D. Nacimiento de la cría con remanente de la membrana traslúcida (MT).72

Figura 31. Estadio I de desarrollo post embrionario en *Centruroides* (A-H): A. Vista dorsal B. Vista ventral C. Caparacho y pedipalpos C. Quelíceros E. Ojos medios y ojos laterales F. Procesos maxilares G. Lamelas marginales H. Segmentos caudales.73

Figura 32. Estadio II de desarrollo post embrionario en <i>Centruroides</i> (A-C): A: Vista dorsal B. Vista ventral C. Patelas.....	73
Figura 33. Estadio III de desarrollo post embrionario en <i>Centruroides</i> (A-C): A. Vista dorsal B. Vista ventral C. Primera patela con tricomas.	74
Figura 34. Estadio IV de desarrollo post embrionario en <i>Centruroides</i> (A-H): A. Vista dorsal B. Vista ventral C. Granulaciones y tricobotrias en el caparacho y pedipalpos D. Quelíceros con los dedos móviles, los dentículos internos y las cerdas E. Patela I fusionada con los procesos maxilares F. Dientes de las lamelas marginales separados G. Uñas y tricobotrias en las patelas H. Telson desarrollado con tricobotrias.	74
Figura 35. Cuidado parental: A. Crías subiendo al dorso de la madre al nacer B. Crías en el mesosoma de la madre.	75
Figura 36. Comportamiento sexual en <i>Centruroides</i> durante el cortejo: A. Reconocimiento de la hembra y agarre B. Danza C. Besuqueo D. Transferencia espermática.	75
Figura 37. Microhábitats utilizados por escorpiones <i>Centruroides</i> observados en la Hacienda Ranatoro, Alanje, Chiriquí (A-F): A-B. Corteza de árbol C-D. Tronco en descomposición E. Roca F. Suelo.	76
Figura 38. Dieta observada en campo en escorpiones <i>Centruroides</i> (A-H): A. Lagartija B. Gusano C. Mantis D. Grillo E. Chinche F. Saltamonte G. Mariposa H. Cucaracha.....	77
Figura 39. Canibalismo observado en <i>Centruroides</i> en condiciones de cautiverio(A-B): A. Hembra comiéndose a otra hembra B. Macho comiéndose a otro macho...	78
Figura 40. Aspectos de las heces de escorpiones <i>Centruroides</i> observadas en condiciones de cautiverio.....	78
Figura 41. Actividad superficial observada en hembras y machos <i>Centruroides</i> durante los muestreos en campo (A-D): A. Caminando B. Acecho C. Reposo D. Alimentándose.	79

RESUMEN

Se estudió la biología reproductiva del género *Centruroides* durante la época seca 2021 en la Hacienda Ranatoro, Los Limones, Alanje, Provincia de Chiriquí, República de Panamá, para proveer información sobre los patrones reproductivos observando su comportamiento sexual. Se describieron características morfológicas y biométricas para establecer dimorfismo sexual. Se identificaron las estructuras del sistema reproductor femenino y masculino, así como los estadios de desarrollo embrionario y post-embrionario. Se evaluó la capacidad reproductiva de las hembras mediante correlación. Se registró cuidado parental por parte de las hembras hacia las crías. Se determinó la actividad superficial, hábitat y dieta de los escorpiones.

Se obtuvo un total de 241 individuos de escorpiones *Centruroides*, 145 hembras y 96 machos durante la época seca 2021 (febrero-abril). Estos presentaron mayor abundancia en el mes de marzo y abril.

Para dimorfismo sexual se registraron 42 características distintivas entre hembras y machos *Centruroides*, 31 pertenecientes a características biométricas y 11 características morfológicas. Dentro de las características biométricas estaban el tamaño corporal, la longitud del pedipalpo, fémur del pedipalpo, tibia del pedipalpo, quela del pedipalpo, basitarso de la patela I, basitarso de la patela III, tibia de la patela II, ancho del mesosoma, tergito VII, opérculo genital, lamelas marginales, esternito II, esternito III, esternito IV, esternito V, número de dientes izquierdos, número de dientes derechos, longitud del metasoma, longitud y ancho de los segmentos caudales (I, II, III, IV, V), telson y peso; las características morfológicas fueron: morfología del surco superior del caparacho, forma del esternón, opérculo genital y lamelas marginales, presencia/ausencia de una depresión circular en la placa pectínea, coloración de líneas laterales y línea inferior de los esternitos I-V, línea media superior con granulaciones en el esternito II, presencia/ausencia de cuatro líneas con granulaciones en el esternito IV, presencia/ausencia de mancha triangular negra en la línea media del esternito III, morfología de los segmentos caudales, morfología y granulación del telson.

El número de embriones en hembras grávidas presentó un máximo de 63 y un mínimo de 23, a partir de estos se describieron 20 estadios embrionarios.

En esta investigación, se registraron nueve partos, los cuales iniciaron con la dilatación y apertura del opérculo y movimientos de las lamelas marginales, finalmente el nacimiento de las crías. Se registró un máximo de 62 y un mínimo de 36 crías. A partir de estas, se describieron cuatro estadios post-embrionarios con los cambios morfológicos presentados desde su nacimiento hasta que experimentaron su primera muda.

Se distinguieron cinco fases durante el cortejo y apareamiento, estas son: reconocimiento del sitio, reconocimiento de la hembra, danza, besuqueo, expulsión y pegado del espermatóforo al sustrato y por último la transferencia espermática.

Los microhábitats observados fueron: corteza de árbol, tronco en descomposición, suelo y roca. De estos el más utilizado fue la corteza de árbol y tronco en descomposición.

La dieta de los escorpiones estudiados indica que su alimentación se basa principalmente en insectos. Estos solo se alimentaban de animales vivos mediante la captura e inmovilización al inocularles veneno con su telson. También se registró canibalismo entre los mismos individuos.

Las actividades superficiales registradas se observaron únicamente durante muestreos nocturnos. Las actividades más frecuentes fueron: caminando, al acecho y en reposo; siendo la alimentación y el cortejo las menos frecuentes.

ABSTRACT

The reproductive biology of the genus *Centruroides* was studied during the 2021 dry season at Hacienda Ranatoro, Los Limones, Alanje, Chiriqui Province, Republic of Panama, to provide information on reproductive patterns by observing their sexual behavior. Morphological and biometric characteristics were described to establish sexual dimorphism. The structures of the female and male reproductive systems were identified, as well as the stages of embryonic and post-embryonic development. The reproductive capacity of females was evaluated by correlation. Parental care by females towards offspring was recorded. The surface activity, habitat and diet of the scorpions were determined.

A total of 241 individuals of *Centruroides* scorpions, 145 females and 96 males, were obtained during the dry season 2021 (February-April). These showed greater abundance in the months of March and April.

For sexual dimorphism, 42 distinctive characteristics were recorded between females and males *Centruroides*, 31 belonging to biometric characteristics and 11 morphological characteristics. Among the biometric characteristics were body size, pedipalp length, pedipalp femur, pedipalp tibia, pedipalp chelae, basitarsus patellae I, basitarsus patellae III, tibial patellae II, mesosomal width, tergite VII, genital operculum, marginal lamellae, sternum II, sternum III, sternum IV, sternum V, number of left teeth, number of right teeth, metasoma length, length and width of caudal segments (I , II , III , IV , V), telson and weight; the morphological characteristics were: morphology of the superior sulcus of the carapace, shape of the sternum, genital operculum and marginal lamellae, presence / absence of a circular depression in the pectineal plate, coloration of the lateral lines and inferior line of the sternites I - V, midline superior with granulations in the sternum II, presence / absence of four lines with granulations in the sternum IV , presence / absence of black triangular spot in the midline of the sternum III, morphology of the caudal segments, morphology and granulation of the telson.

The number of embryos in gravid females presented a maximum of 63 and a minimum of 23, from which 20 embryonic stages were described.

In this investigation, nine births were recorded, which began with the dilation and opening of the operculum and movements of the marginal lamellae, finally the birth of the young. A maximum of 62 and a minimum of 36 pups were recorded. From these, four post-embryonic stages with birth until the morphological changes presented since their first moult were described.

Five phases were distinguished during courtship and mating, these are: recognition of the site, recognition of the female, dance, necking, expulsion and attachment of the spermatophore to the substrate and finally sperm transfer.

The microhabitats observed were: tree bark, decomposing trunk, soil and rock. Of these, the most used was decomposing tree bark and trunk.

The diet of the scorpions studied indicates that their diet is mainly based on insects. These only fed on live animals by capturing and immobilizing them by inoculating them with poison with their telson. Cannibalism between the same individuals was also recorded.

The recorded surface activities were only observed during nocturnal sampling. The most frequent activities were: walking, lurking and resting; with feeding and courtship being the least frequent.

CAPÍTULO I
MARCO INTRODUCTORIO

INTRODUCCIÓN

Los escorpiones son considerados uno de los artrópodos más antiguos debido a que se cree que habitan el planeta desde el período silúrico, hace aproximadamente 450 millones de años (Borges, Miranda y de Patiño, 2011), de manera que son conocidos como fósiles vivientes (Teruel & Melic, 2015). Los escorpiones pertenecen al phylum Arthropoda y se encuentran en la clase Arachnida por tener el cuerpo dividido en dos partes: cefalotórax y abdomen. Estos arácnidos pertenecen al subphylum Chelicerata por poseer apéndices articulados denominados quelíceros que utilizan para alimentarse.

Los escorpiones son organismos segmentados metaméricamente, con simetría bilateral y con apéndices unirrámeos multisegmentados, por lo que poseen cuerpos aplastados que les permiten esconderse en pequeños espacios (Francke, 2014). Son de hábitos nocturnos, y viven en una variedad de microhábitats por lo que la mayor parte del tiempo la pasan en lugares escondidos, debajo de rocas y material vegetal como troncos, corteza de árboles y hojas, entre piedras, o cualquier lugar húmedo y oscuro (Mariategui & Urretabizkaya, 2007). Pero también, en cualquier grieta y hendidura en sitios de actividad humana, industrial o domiciliaria.

Son organismos controladores de especies, porque son depredadores de varios invertebrados pequeños (insectos, arácnidos y artrópodos relacionados) así como de algunos pequeños vertebrados como lagartijas y roedores (Miranda, Bermúdez, Cleghorn & Cambra, 2015). Son animales capaces de soportar largos períodos de inanición sin ningún efecto notable, por lo tanto, son fácilmente adaptables a los cambios provocados por la actividad antrópica, por lo que están asociados estrechamente con las viviendas humanas, considerándose incluso como sinantrópicos (Viquez, 1999).

Los ecosistemas tropicales de nuestro país representan un nicho importante para el desarrollo de la vida de estos organismos los cuales desempeñan una función esencial como controladores de especies y debido a su baja capacidad de dispersión y fidelidad a condiciones medioambientales de rangos limitados, resultan ser organismos promisorios como indicadores ecológicos en estudios biogeográficos.

A pesar de su amplia distribución y la variedad de microhábitats en que se les puede encontrar, el conocimiento actual en Panamá está más enfocado a su importancia médica debido a la peligrosidad de las toxinas que tienen, ya que son uno de los grupos de arácnidos con mayor relevancia en salud pública. Sin embargo, poco se conoce acerca de su biología reproductiva. La mayoría de las investigaciones realizadas en nuestro país se enfocan en la importancia médica de los escorpiones y su taxonomía. Ejemplos de ellos tenemos el libro *Los escorpiones y el escorpionismo en Panamá* (Borges, et al. 2011) y la *Guía para el abordaje integral*

de la picadura de escorpión (alacrán) en Panamá (Ministerio de Salud, 2016) donde se describen aspectos biológicos generales, su veneno, control, prevención, centros de atención e información para el tratamiento de escorpiones peligrosos en Panamá. A pesar de que proporcionan información importante acerca de los escorpiones, hace falta información detallada en cuanto a aspectos biológicos como características morfológicas, dimorfismo sexual, biología reproductiva, comportamiento, dieta y preferencia de microhábitats.

Entendiendo la importancia de estos organismos y la complejidad que representan en los diversos ecosistemas y el beneficio que produciría su estudio, es necesario desarrollar nuevas líneas de investigación no solo en la parte médica y taxonómica, sino también profundizar en áreas como embriología, etología, ecología, fisiología y genética para tener una visión más amplia e integral de los escorpiones y de esta manera contribuir a estudios posteriores.

Estudiar la biología reproductiva del género *Centruroides* puede brindar información detallada sobre los aspectos de la historia de vida, incluyendo apareamiento, desarrollo embrionario y postembrionario y tamaño de camadas. Sin esta información los intentos de explicar los patrones actuales de filogenia, biogeografía y ecología no pueden lograrse plenamente. Destacando la falta de estudios sobre la biología reproductiva de estos escorpiones, el presente trabajo adquiere una gran importancia ya que permite aumentar el grado de conocimiento de escorpiones *Centruroides* y funciona como base para futuras investigaciones con este grupo faunístico.

1.1 Aspectos generales del problema

Los estudios sobre la biología reproductiva de los escorpiones son muy pocos. En la actualidad se conoce información sobre el cortejo y transferencia espermática de 50 especies aproximadamente de 1600 especies de escorpiones conocidas en el mundo (Outeda, 2010), aunque mucha de esta información carece de detalles y exactitud (Peretti, 2014).

Actualmente en Panamá no se conoce suficiente información sobre la biología reproductiva de los escorpiones. Debido a que la mayoría de los estudios son biogeográficos y bioquímicos ya que, por su toxicidad presentan un problema de salud pública.

1.2 Hipótesis

Hipótesis nula

Hipótesis H_0 = Los patrones biológicos reproductivos de los escorpiones *Centruroides* hembras y machos no influyen en la biología reproductiva de este género, por lo tanto, no habrá diferencia significativa.

Hipótesis alterna

Ha = Los patrones biológicos reproductivos de los escorpiones *Centruroides* hembras y machos influyen en la biología reproductiva de este género, por lo que sí habrá diferencia significativa.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos propuestos para realizar esta investigación fueron los siguientes:

1.3. OBJETIVO GENERAL:

Describir y analizar aspectos de la biología reproductiva de los especímenes del género *Centruroides* colectados en la Hacienda Ranatoro durante la época seca.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Determinar datos biométricos que permitan establecer dimorfismo sexual del género *Centruroides*.

Describir patrones reproductivos del género *Centruroides* observando su comportamiento sexual.

Elaborar catálogo descriptivo del ciclo del desarrollo embrionario y post-embrionario del género *Centruroides*.

Relacionar la tasa de natalidad versus tamaño de la hembra del género *Centruroides*.

Contribuir al conocimiento de la biología reproductiva del género *Centruroides*.

1.5 Limitaciones

En el transcurso de la investigación científica pueden surgir algunas limitaciones, ya sean por causas externas o internas, que pueden interferir en el proceso del estudio. Por esto es fundamental distinguir y analizar los factores que puedan influir en el estudio, buscar el ¿por qué? y como pueden solucionarse.

1.6. Justificación

El presente trabajo tiene como finalidad incrementar el conocimiento acerca de la biología reproductiva de los escorpiones del género *Centruroides*, ya que los estudios referentes a su reproducción son muy escasos. Las investigaciones realizadas actualmente se enfocan más hacia el grado de toxicidad, por los efectos que tienen las picaduras de escorpiones en los seres humanos. Aunque bien el

estudio del veneno y la taxonomía es de suma importancia, es substancial obtener información sobre algunos aspectos ecológicas que ayudaría a entender mejor a estos organismos, como lo son las preferencias de hábitat, biología reproductiva y comportamiento sexual del género *Centruroides*. El desarrollo de esta investigación ayudará a tener un conocimiento más amplio de este grupo que ha sido escasamente estudiado, y por tanto impulsara a tomar mejores medidas de conservación y manejo de los nichos ecológicos de estos especímenes (Polis, 1990; Morrison et al., 2006).

La Hacienda Ranatoro presenta parches de bosques secundarios, bosques de galería y potreros los cuales brindan hogar a muchas especies vegetales y animales. Aunque posee una riqueza biológica de organismos, algunos de ellos endémicos, los estudios de reproducción a cerca de escorpiones *Centruroides* ayudará a incrementar el conocimiento faunístico del área y de la provincia de Chiriquí.

El envenenamiento por escorpiones es doloroso, pero hasta la fecha no se ha reportado ningún caso mortal en Panamá, aunque este es el segundo país con mayores picaduras por *Centruroides*, esto se debe a que la mayoría de las especies de los escorpiones en Panamá pertenecen a la familia Buthidae (Miranda et al., 2015). Debido a la importancia médica que poseen estos organismos, su antigüedad, así como su historia evolutiva (Polis, 1990), los hacen organismos muy atractivos para hacer estudios ecológicos, biogeográficos y de comportamiento reproductivo lo que permitirá un mejor entendimiento sobre los mecanismos adaptativos y procesos evolutivos en los escorpiones.

Los datos obtenidos de este estudio serán de importancia para crear la línea base del desarrollo embrionario y post embrionario del género *Centruroides*, esto ayudará a entender con más detalle el proceso de desarrollo y reproducción. La realización de este estudio estimulará investigaciones ecológicas y reproductivas más específicas acerca de las especies del género *Centruroides* convirtiéndose en una referencia para futuras investigaciones de este grupo faunístico.

Se espera que la información obtenida a través de este estudio genere nueva información sobre la biología reproductiva del género *Centruroides* en hábitats naturales, contribuya al diseño y creación de estrategias dirigidas a evaluar la categoría de conservación del género *Centruroides*, debido a que actualmente se desconoce su estado de conservación.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

2.1. Historia natural de los escorpiones

Los escorpiones o alacranes (también llamados en América Latina), son quizás el grupo de artrópodos venenosos más antiguos de la tierra. De acuerdo con los registros fósiles se dice que poblaron el planeta tierra en el Silúrico hace aproximadamente 450 millones de años (Borges, *et al.* 2011). Desde entonces estos organismos han sobrevivido a diferentes transformaciones geo climáticas que se han dado durante diferentes periodos en el planeta tierra, sin experimentar diferentes cambios fenotípicos, lo que ha permitido reconocer fácilmente las semejanzas de los organismos vivientes con los ancestrales, pero que se han observado grandes modificaciones en las estructuras locomotrices y respiratorias (Saldarriaga & Otero, 2000).

En su historia evolutiva han logrado desarrollar adaptaciones bioquímicas, fisiológicas y ecológicas, que le han permitido su supervivencia. A pesar de la transición de un medio acuático a terrestre estos han cambiado muy poco su morfología. Algunas transformaciones fueron las branquias por pulmones libres, el desarrollo de una fuerte cutícula que impiden la evaporación de líquidos vitales, el desarrollo de patrones de cortejo y la producción de espermatóforo que permiten la fertilización de los óvulos, los cuales se desarrollan internamente en el útero de la hembra y son retenidos por ella hasta el momento del parto (Flórez, 2001).

Los escorpiones se encuentran ampliamente distribuidos en todos los continentes, especialmente en las regiones subtropicales y tropicales, excepto en las regiones polares (Polis, 1990). Debido a su baja capacidad de dispersión y a su resistencia a cambios medioambientales, sus estudios pueden inferir en el conocimiento de estudios biogeográficos y como indicadores ecológicos (Polis, 1990; Lourenco & Cuellar, 1994; Lourenco y Flórez, 1990).

2.2. Clasificación taxonómica de los Escorpiones

Los escorpiones pertenecen al Phylum Arthropoda, Subphylum Chelicerata y se clasifican en una sola clase: Arachnida, pertenecientes al orden Scorpiones con 22 familias y aproximadamente 2660 especies distribuidas en todo el mundo (Teruel & Stockwell, 2002).

Las investigaciones taxonómicas de este grupo de artrópodos en Panamá, a pesar de que tienen importancia médica es un poco desconocida. Excepto por el trabajo de Pocock (1902), que trata sobre la escorpiofauna centroamericana con algunas menciones biogeográficas para Panamá. Otro trabajo es el de Lourenco & Méndez (1983), en donde se realizó un listado sobre la fauna de escorpiones en Panamá.

2.2.1. Clase Arachnida

La clase Arachnida está constituida por organismos conocidos comúnmente como arácnidos. Estos son organismos protostomados, equizocelomados, triblásticos, segmentados con simetría bilateral y con apéndices unirramios multisegmentados. De acuerdo con los apéndices que estos presentan, dentro de estos arácnidos tenemos arañas, garrapatas, ácaros y escorpiones (Francke, 2014).

2.2.2. Orden Scorpiones

El orden Scorpiones C.L. Koch, (1850) comprende los subórdenes Brachioscorpionina que incluye solo organismos fósiles y Neoscorpionina. El orden Scorpiones se encuentra conformado por nueve familias, sin embargo, recientes revisiones sobre la taxonomía de categorías superiores revelan que podrían ser reconocidas entre 12 y 20 familias (Lourenço & Flórez, 1989; Fet, Sissom, Lowe, & Braunwalder, 2000). En Panamá se encuentran cuatro familias Scorpionidae, Chatidae, Vaejovidae y Buthidae (Gómez & Otero, 2007). Dentro del orden Scorpiones, la familia Buthidae es la más diversificada, con mayor distribución geográfica sobre el planeta, y la única que contiene especies consideradas como potencialmente peligrosas debido a su gran importancia médica. Dentro de estas familias se han descrito 16 especies para Panamá (Teruel & Cozijn, 2011; Quintero & Espósito, 2014; Miranda, Murgas, Murgas & de Armas, 2014).

2.2.3. Familia Buthidae

La familia Buthidae fue creada por C. L. Koch en 1837, asignando a *Buthus* Leach, 1815, como género tipo. Juntamente con la pequeña familia Microcharmidae conforman la superfamilia Buthoidea (Lourenço, 2000). Sin embargo, Fet *et al.* en el 2000, consideran a todas las familias existentes en la actualidad bajo una única agrupación que corresponde a la superfamilia Scorpionoidea. Esta es la mayor familia de escorpiones y la más conocida por incluir especies venenosas; se encuentra en hábitats tropicales, subtropicales y parcialmente templados (Volschenk, Mattoni & Prendini, 2008).

Los miembros de esta pueden medir desde 20 mm hasta 120 mm (*Centruroides*, *Tytyus* y *Apistobuthus*). La mayoría de las especies de esta familia se puede reconocer porque poseen un esternón triangular o subtriangular así como una espina subaculear (por debajo del aguijón) que puede ser aguda, romboide o piramidal, carecen de tricobotrias en la superficie ventral de la tibia de los pedipalpos. Además, la mayoría presenta una coloración marrón o amarilla, a veces negra (Germain, 2019).

2.3. Morfología de los escorpiones

Los escorpiones son invertebrados terrestres quelicerados. El organismo de estos animales está cubierto por un exoesqueleto, constituido principalmente por queratina, el cual se encuentra conformado por placas y segmentos de diversas formas y espesor, unidos por un tejido conjuntivo que le brinda un aspecto inconfundible propio de estos organismos. El cuerpo de los escorpiones se divide en tres regiones: prosoma o cefalotórax, mesosoma o abdomen y metasoma o cauda.

El prosoma o cefalotórax se encuentra cubierto por una placa de forma trapezoidal también llamada caparazón no segmentado, la superficie del caparazón posee surcos, de diverso ancho y longitud, y carenas formadas generalmente por gránulos; el tegumento de fondo puede ser liso o coriáceo en la parte dorsal en donde se localizan los ojos medios y laterales, el lado ventral está cubierto por las coxas de los pedipalpos que son las extremidades prensoras utilizadas para la captura y retención de la presa con la cual se alimenta los escorpiones. Están formadas por los siguientes segmentos: coxa, trocánter, fémur, tibia, quela y dedo móvil. En esta zona se encuentran también las patas ambulatorias que son cuatro, formadas por los siguientes segmentos: coxa, trocánter, fémur, tibia, pretarso, basitarso y telotarso; pueden tener granulaciones, espinas y cerdas, en la parte distal se localiza la uña; bajo el borde frontal están situados los quelíceros, estas son extremidades masticadoras que constituyen las paredes laterales de la abertura bucal y tienen tres partes: las dos distales que forman la pinza, en el extremo hay dos dedos, el fijo y el móvil, ambos poseen dentículos internos y abundantes cerdas que permiten retener los fluidos producidos durante la masticación. La parte basal del quelícero está dividida internamente por un área articular que permite la movilidad del conjunto.

El mesosoma o abdomen está cubierto en la parte dorsal por siete tergitos, que son placas transversas, que pueden ser lisas o granuladas estas poseen carenas longitudinales y transversas. En la parte ventral se localiza el esternón, seguido por la apertura genital cubierta por una o dos lamelas genitales, a esta le sigue la placa pectínea en cuyos lados se insertan los peines, la parte ventral se encuentra cubierta por los esternitos, que son cinco placas transversas las cuales poseen escasa ornamentación, entre la I y IV esternitos hay en cada lado un estigma o apertura respiratoria. Los tergitos y esternitos están unidos lateralmente por una pleura distensible.

El metasoma o cola, está formado por cinco segmentos caudales, en su extremo se encuentra situado el telson con las glándulas productoras de veneno. Los segmentos caudales poseen un surco dorsal de diversa acentuación y carenas longitudinales lisas o granuladas, según el segmento. El telson es un segmento cuya forma varía entre ovoide y subesférica; posee un aguijón debajo del cual puede o no haber un tubérculo (Flórez, 2001).

2.4. Dimorfismo sexual

El dimorfismo sexual se refiere a la condición en que las diferencias sexuales que existen entre hembra y macho van más allá de los órganos sexuales. Los escorpiones no presentan un dimorfismo sexual marcado, por lo general los machos y las hembras son difíciles de distinguir a simple vista (Villacide & Masciocchi, 2012). Sin embargo, según Morales (2019), sí existen diferencias entre hembras y machos en los escorpiones, en donde las hembras son robustas y los machos son esbeltos y alargados, pero estas características pueden variar de acuerdo con la especie. En los escorpiones del género *Centruroides*, que generalmente son errantes, el cuerpo de las hembras suele verse algo aplanado, lo que le da la apariencia de estar preñada, las patas y la cola algo cortas. Por otra parte, los machos tienen características opuestas a las antes mencionadas como un cuerpo esbelto, las patas son más largas y cada uno de los segmentos de la cola están considerablemente más alargados que los de las hembras.

2.5. Reproducción, órganos sexuales, desarrollo embrionario y post-embrionario

La mayoría de las especies de escorpiones se reproducen sexualmente, presentan sexos separados y son animales vivíparos. Sin embargo, se ha observado otro tipo de reproducción en los escorpiones como lo es la partenogénesis en donde las hembras tienen partenogénesis telitoca y los machos partenogénesis arrecnotoca; siendo más común la primera (Lourenco, 2000).

La reproducción de los escorpiones presenta diferentes características únicas a diferencia de otros grupos de artrópodos como son: el cortejo, la fertilización indirecta que se da por medio de un espermátforo, el desarrollo embrionario vivíparo que puede durar meses o años, el cuidado materno, comportamiento social y su desarrollo post-embrionario (Guzmán, 2015). Estos organismos son iteróparos ya que pueden tener varios eventos reproductivos durante su ciclo de vida (Polis & Sisson, 1990).

Los comportamientos reproductivos que se dan durante el cortejo según los autores Polis & Sissom, 1990; Tallarovic, Melville & Brownell, 2000, estos eventos se dividen en cuatro fases: iniciación, "*promenade a deux*" del francés caminata para dos, transferencia espermática y terminación. Peretti (1991, 1995, 1996) señala tres fases: inicial, central y final. Ponce, Moreno & Miranda, en 2003, describen el cortejo como: aceptación de la hembra, el agarre, los balanceo y sacudimientos conocidos como "*Male juddering*" en inglés y a la limpieza del terreno, seguido de un masaje queliceral o besuqueo, expulsión y plegado del espermátforo al sustrato y finalmente la transferencia espermática. Estos últimos comportamientos mencionados evidencian que el cortejo y el apareamiento son una serie de conductas complicadas (Polis & Sissom, 1990).

En algunas especies después de la fecundación presentan en su opérculo genital parte del espermatóforo taponando el orificio, el cual tiene como función evitar futuras inseminaciones. Este comportamiento puede asegurar el éxito reproductivo de uno o varios eventos de apareamientos a lo largo de su vida y así incrementar su adecuación (Benton, 2001). Este comportamiento no se ha observado en búlidos (Ponce, 2003).

2.6. Dieta y Hábitat

La alimentación de los escorpiones se basa en animales vivos especialmente: arañas, grillos, cucarachas, mariposas, también algunos anfibios y lagartijas. Estos organismos capturan a sus presas mediante el uso de los pedipalpos y el telson para inmovilizarlos al inyectarles veneno causándoles una muerte rápida. Estos organismos son principalmente depredadores nocturnos (Morales, 2019).

Durante la evolución de los escorpiones estos se han adaptado a diferentes microhábitats y algunos se han especializado para subsistir en ciertos sustratos resultando en adaptaciones ecomorfológicas (González, 2004). Estos organismos suelen ser nocturnos y reservados, con hábitos intra y extradomiciliarios, ocultándose durante el día en troncos, hojarasca, grietas. Se suelen adaptar muy bien en zonas urbanas por lo cual se pueden encontrar en los hogares (Borges *et al.*, 2011).

2.7. Importancia en los ecosistemas

Los escorpiones son un componente clave en los ecosistemas debido a que son los depredadores más importantes en términos de su densidad y biomasa, influyen directamente en la dinámica del flujo de energía en los ecosistemas (Lira, Araujo, Rego, Foerster & Albuquerque, 2021). Tienen un papel fundamental en el control de las poblaciones de insectos de los cuales se alimentan, obteniendo una gran importancia en los nichos en donde se desarrollan, especialmente en donde los insectos podrían convertirse en plagas (Polis, 1990; Ponce, Francke & Suzán, 2006; Ponce & Francke, 2013).

2.8. Comportamiento biológico

El conocimiento de las diferentes actividades que pueda realizar una especie permite registrar nueva información desconocida.

2.8.1. Mecanismo de defensa

El mecanismo de defensa de los escorpiones se da mediante el uso de su aguijón o telson que de igual forma es utilizado para atacar a sus presas. Es importante mencionar que no todos los venenos de los escorpiones son letales, la toxicidad varía y esta no se relaciona con el color ni el tamaño (Morales, 2019). El veneno está compuesto por proteínas citotóxicas y neurotóxicas. Además, tienen un

exoesqueleto duro que les ayuda a defenderse de sus depredadores, así como la capacidad de mezclarse con el entorno gracias a su coloración. Otra de las características es el cuerpo plano que les permite deslizarse bajo el sustrato.

2.8.2. Fluorescencia

El exoesqueleto de los escorpiones cuando se somete a la luz ultravioleta se hace fluorescente. Debido a la presencia de algunos compuestos lipoproteicos y polisacáridos (Frost, Butler, O'Dell & Fet, 2001). Por esta razón, la luz ultravioleta cambia notablemente su coloración y adquieren así un color muy vistoso de tono amarillo-verdoso brillante (Lowe, Kutcher & Edwards, 2003). Esta fluorescencia aumenta con la edad del escorpión y con la dureza de la cutícula, siendo de intensidad variable según la especie (Dupré, 2008).

2.8.3. Adaptaciones

A través de una larga historia evolutiva los escorpiones han logrado desarrollar adaptaciones bioquímicas, fisiológicas, comportamentales y ecológicas que les han permitido asegurar su permanencia sobre el planeta por alrededor de 450 millones de años. A partir de los ancestros de vida acuática, su transición al medio terrestre les condujo al desarrollo de un amplio rango de adaptaciones, como fueron la transformación de branquias en pulmones libro, el desarrollo de una fuerte cutícula que impide la evaporación de líquidos vitales, el desarrollo de elaborados patrones de cortejo y la producción de espermátóforos (Flórez, 2001).

2.9. Importancia médica

Los escorpiones son organismos de importancia médica, las agresiones accidentales a las personas por diferentes géneros son llamadas alacranismo o escorpionismo (Borges, Miranda & Pascale, 2012). Los accidentes por picadura de escorpiones constituyen un problema de salud pública en lugares tropicales y subtropicales, comprometiendo diferentes áreas de la población tanto rural o urbana.

Según el Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud en los años 2000-2016, Panamá es el segundo país con más picaduras de escorpiones después de México, pues se han registrado un total de 33 623 casos de picaduras de alacranes con un total de 47 defunciones. Las regiones con mayor número de casos son Colón, Panamá Oeste, Los Santos seguido por Coclé, Panamá Metro y Chiriquí. Las especies de interés médico en Panamá pertenecen a la familia Buthidae, particularmente los géneros *Tityus* y *Centruroides* (Borges *et al.*, 2012; Miranda y de Armas, 2020). De acuerdo con Salazar, Arenas, Corrales-García, Miranda, Vélez, Sánchez, Mendoza, Cleghorn, Zamudio, Castillo, Possani, Corzo & Acosta en 2018, para Panamá los géneros más representativos con mayores fracciones tóxicas son *Centruroides* (*C. granosus*, *C. bicolor*, *C. limbatus* y *C. panamensis*) y *Tityus* (*T. (A.) asthenes*, *T. (A.) festae*, *T. (T.) cerroazul* y *T. (A.) pachyurus*).

Actualmente Panamá ha producido su primera patente de suero antiescorpiónico, sin embargo, este no se ha podido producir a gran escala por falta de infraestructura y el soporte adecuado (Salazar, 2022). Hoy en día se está utilizando el suero antiescorpiónico (SAE) proveniente del Instituto de Biotecnología de la Central Universidad de Venezuela (Ministerio de Salud, 2016). Por otra parte, el veneno de ciertas especies se está empleando para combatir algunas enfermedades como la malaria, ya que posee propiedades antibacterianas (Catterall, 1976; Conde, Zamudio, Rodríguez & Possani, 2000). También el veneno de ciertas especies ha servido para desarrollar nuevos fármacos contra enfermedades como canalopatías, para tratamientos de enfermedades cardiovasculares y como herramienta de estudios electrofisiológicos (Rincón-Cortés, Reyes-Montaño & Vega-Castro, 2017).

2.9.1. Toxicidad del veneno

Todos los escorpiones independientemente de que sean o no venenosos, fabrican su propio veneno que es producido en las glándulas localizadas en el último segmento de la cola (telson). El veneno de los escorpiones está constituido por toxinas, las cuales contienen las moléculas más pequeñas del reino animal, debido a que solo tienen alrededor de 30 a 70 aminoácidos. El mecanismo por el cual estas moléculas pueden ocasionar la muerte se debe a la alta afinidad que tiene por las membranas de las células que forman los tejidos excitables del cuerpo humano, y que responden a los estímulos con la propagación y generación del fenómeno conocido como potencial de acción. Los escorpiones inyectan su veneno por microlitros, siendo esta una cantidad suficiente para provocar la muerte de un niño de 20 kg. También hay que tener en cuenta que las toxinas producidas por estos animales poseen una alta selectividad, pudiendo tener la capacidad de distinguir entre insectos, crustáceos y mamíferos (Borges *et al.*, 2012).

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de Estudio

El trabajo de campo se realizó en la Hacienda Ranatoro, la cual está ubicada a una altitud de 51 m s.n.m, alrededor de los 8° 26' 7.26" latitud norte y 82° 40' 0.28" longitud oeste, en el corregimiento de Los Limones, Distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí, República de Panamá (Figura 1).

El área de estudio tiene una extensión de 70 hectáreas, consta de bosques de galería, parches de bosques secundarios y potreros con cercas vivas, las cuales corresponden a un tipo de vegetación leñosa natural o espontánea según la clasificación de la UNESCO (ANAM, 2010) (Figura 2A, 2B, 2C).

La hacienda Ranatoro cuenta con algunas áreas destinadas a las actividades de la agricultura y la ganadería, por lo cual presenta una abundante vegetación caracterizada por árboles nativos del área, árboles frutales y plantas de cultivo, también cuenta con una gran diversidad faunística especialmente de aves, anfibios y reptiles (Figura 2D, 2E).

Presenta un clima tropical con estación seca prolongada, se caracteriza por tener una estación seca de tres a cuatro meses de duración (ANAM, 2010).



Figura 1. Localización geográfica de la Hacienda Ranatoro, Los Limones, Alanje, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Fuente: Google Earth 2021.



Figura 2. Hacienda Ranatoro: A. Bosques de galería B. Bosques secundarios C. Potreros con cercas vivas D. Parcelas utilizadas para la ganadería. E. Terreno utilizado para siembra de árboles frutales.

3.2. Delimitación del área de estudio

El trabajo de campo se realizó desde el mes de febrero hasta el mes de abril de 2021. Por cada mes se realizaron dos muestreos, uno a inicio de mes y otro a fin de mes, cada gira comprendía muestreos diurnos y nocturnos (Figura 3A, 3B). Esta actividad se realizó entre las 7 p.m. y las 10 p.m. El esfuerzo de muestreo total realizado fue de 108 horas/ persona debido a que solo se monitoreo durante la estación seca.

Previo a los muestreos se realizó una gira de reconocimiento del área y se delimitaron los sitios de recolección a espacios con una reducida intensidad lumínica debido a que estos organismos son de hábitos nocturnos. El microhábitat utilizado por la especie se caracterizó mediante la identificación del sustrato. El sustrato en donde se encontraba cada individuo se categorizó como suelo, roca, tronco en descomposición y árboles (algunos de ellos utilizados como cercas vivas). Estos se tomaron en cuenta ya que son los sustratos más utilizados por escorpiones de este género y familia (Polis, 1990; McReynolds, 2008), y debido a que son los más comunes en el área de estudio (Observación Personal).



Figura 3. Realización de muestreos: A. Nocturnos B. Diurnos.

3.3. Obtención de los escorpiones del género *Centruroides*

La búsqueda para la obtención de escorpiones del género *Centruroides* se dio de forma directa mediante la captura manual con una pinza metálica y una lámpara de luz blanca para los muestreos nocturnos. Los escorpiones se sujetaban con ayuda de la pinza por el mesosoma, haciendo uso cauteloso de estos para evitar su deterioro. Luego se colocaban en envases de vidrio y plástico, los cuales eran llevados al laboratorio de la Hacienda Ranatoro para ser colocados en terrarios rectangulares de plástico o para su preservación en solución FA (Formalina y alcohol) (Figura 4A, 4B).



Figura 4. Obtención de escorpiones: A. Búsqueda y recolección de escorpiones en campo B. Colocación de ejemplares de escorpiones en envases de plástico.

3.4. Preparación de los terrarios

La preparación de cada terrario se desarrolló utilizando terrario cajas de plásticos con dimensiones de 15 x 30 cm. En cada terrario se colocó sustrato recolectado del área (tierra, trozos pequeños de cortezas de árboles y troncos en descomposición) de donde se obtuvieron los escorpiones (Figura 5A). A cada terrario se le puso tapas con mallas de pequeños orificios para mantener una buena oxigenación y evitar la fuga de escorpiones, así mismo fueron rotulados con el número de colecta de cada escorpión y el caso de estudio (Figura 5B).



Figura 5. Preparación de terrarios: A. Terrario con sustrato proveniente del área de obtención de los escorpiones y su bebedero de agua B. Terrario rotulado y con su respectiva tapa para mantener la oxigenación y evitar la fuga de escorpiones.

3.5 Organización de los escorpiones en el laboratorio de la Hacienda Ranatoro

En el laboratorio de la Hacienda Ranatorose organizaron los escorpiones de acuerdo a cada caso de comportamiento que se estudiaría. Se inició separando los escorpiones por sexo para reorganizar las hembras que se usarían para estudios de desarrollo postembrionario (Figura 6A) y así mismo las parejas de escorpiones que se utilizarían para estudio de casos de comportamiento sexual (Figura 6B).

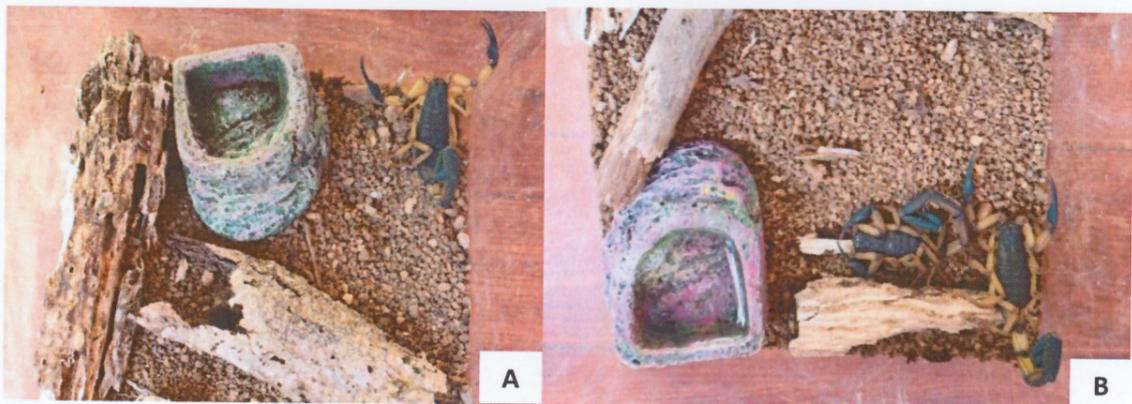


Figura 6. Organización de los escorpiones en el laboratorio de la Hacienda Ranatoro: A. Hembra organizada para estudios de desarrollo postembrionario B. Parejas organizadas para estudios de comportamiento sexual.

3.6. Dieta de los escorpiones en los terrarios

La alimentación que se les proporcionó en condiciones de cautiverio estuvo basada en la dieta observada en campo durante los muestreos realizados y lo mencionado en la literatura consultada. Estos alimentos fueron proporcionados durante la noche y todo el alimento que no fue consumido se extrajo durante la mañana para evitar la contaminación de los terrarios.

Se realizaron pruebas de receptividad alimenticia durante el primer mes de investigación, para registrar qué tan frecuente era el consumo de acuerdo al alimento proporcionado. También se llevó a cabo una observación del aspecto de las heces en función del consumo de las fuentes de alimentos proporcionadas con la finalidad de conocer si la dieta proporcionada era adecuada.

3.7. Disección de los escorpiones

Para la observación de los órganos reproductivos del macho y la hembra, se realizaron disecciones, de igual manera para el estudio de los estadios embrionarios. Las disecciones fueron realizadas con mucho cuidado para evitar el daño de los tejidos necesarios para los análisis. Las disecciones se realizaron con una tijera de disección, una navaja Gillette y agujas de disección, empleando un estereoscopio digital marca Swift con un aumento ocular de 2x y 4x. Las observaciones fueron realizadas sobre un plato Petri de vidrio, utilizando la navaja se hizo una incisión por la membrana pleural entre los tergitos y esternitos del mesosoma de los escorpiones (Figura 7A). La incisión se hizo desde el tergito VII en la parte inferior hasta el tergito I. Posteriormente se procedió a remover el exoesqueleto, luego a limpiar el sistema reproductivo de la hembra y el macho para una observación detallada. Seguidamente se extrajeron los sistemas reproductivos del macho y la hembra, así como embriones según fuese el caso (Figura 7B). Estos fueron fijados con formalina y alcohol al 70%, para su posterior observación en el estereoscopio.

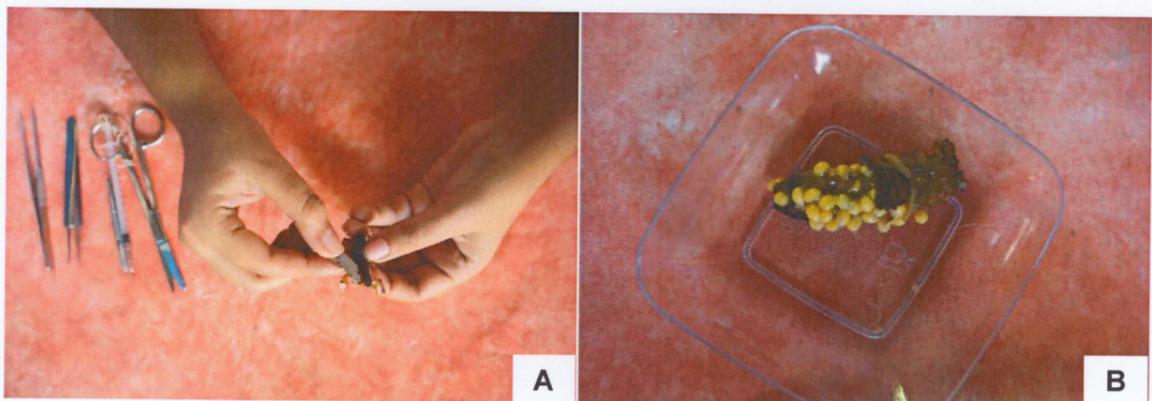


Figura 7. Disección de los escorpiones en el laboratorio de la Hacienda Ranatoro: A. Incisión por la membrana pleural entre los tergitos y esternitos del mesosoma del escorpión B. Extracción de embriones para posterior observación.

3.8. Obtención de datos

La obtención de los datos de los aspectos de la biología reproductiva y comportamientos del género *Centruroides* se describe a continuación:

3.8.1. Dimorfismo sexual:

Para evaluar el dimorfismo sexual de hembras y machos *Centruroides* se realizaron observaciones cualitativas (caracteres morfológicos) y cuantitativas (biometría de las partes del prosoma, mesosoma y metasoma de hembras y machos *Centruroides*) de individuos colectados. Se determinó el sexo mediante observación directa tomando en cuenta la morfología de los segmentos caudales del macho y la hembra. Los detalles anatómicos morfológicos en hembras y machos se describieron utilizando microscopía.

3.8.2. Comportamiento sexual:

De los especímenes colectados (n= 241), se emplearon nueve hembras, cuatro no grávidas, cinco grávidas y siete machos adultos, los cuales fueron colocados en cajas con sustratos del área de colecta para observar el comportamiento sexual y patrones de cortejo. Los especímenes se colocaron de la siguiente manera:

Caso 1, Caja A: una hembra no grávida con un macho

Caso 2, Caja B: dos hembras no grávidas con un macho

Caso 3, Caja C: una hembra grávida con un macho

Caso 4, Caja D: una hembra grávida con dos machos

Caso 5, Caja E: dos hembras grávidas con un macho

Caso 6, Caja F: una hembra grávida, una hembra no grávida y un macho

3.8.3. Desarrollo embrionario:

Se examinaron 35 hembras grávidas, las cuales fueron disectadas para describir el avance del desarrollo embrionario. Posteriormente se detallaron la formación y aparición de estructuras en embriones observados utilizando un estereoscopio.

3.8.4. Desarrollo postembrionario:

Se mantuvieron 10 hembras grávidas vivas en cajas de plástico 8 x 16 cm con tapas aireadas y sustrato del área de colecta para observar el proceso el proceso de parto en la hembra y el desarrollo post embrionario en las crías. Después de cada parto, se tomaron dos crías para preservarlas y describirlas. Este proceso se repitió cada dos días hasta que las crías realizaban su primera muda.

3.8.5 Capacidad reproductiva de las hembras:

Las hembras grávidas fueron medidas para estimar la capacidad reproductiva de estas. Se contabilizó el número de crías paridas en hembras grávidas para estimar la capacidad reproductiva, de igual forma se contabilizó el número de embriones en hembras grávidas disectadas.

3.8.6. Mantenimiento de las hembras y sus crías en cautiverio

Las hembras con crías vivas fueron colocadas en cajas transparentes 15 x 30 cm con tapas aireadas para observar el desarrollo postembrionario. Las cajas se acondicionaron con material del sitio de colecta y un recipiente con agua. Los escorpiones fueron alimentados cada ocho días con insectos.

3.8.7. Caracteres morfológicos

A los individuos colectados se les realizaron las siguientes observaciones:

Anatomía externa: se describieron las estructuras del prosoma, mesosoma y metasoma de escorpiones machos y hembras *Centruroides*. También se describieron los patrones de coloración, granulación y presencia de tricobotrias.

Anatomía interna: se describió el sistema reproductor femenino (hembras grávidas y no grávidas) y el sistema reproductor masculino. También se describieron los estadios embrionarios y postembrionarios de acuerdo con la formación y aparición de estructuras morfológicas en su anatomía.

3.8.8. Biometría

A los individuos colectados se les realizaron mediciones biométricas con un calibrador analógico Truper para evaluar las variaciones morfológicas de los especímenes machos y hembras del género *Centruroides* que se colectaron (Figura 8). Los caracteres fueron analizados según sexo. Los datos biométricos tomados fueron: prosoma (pedipalpos, caparacho y patelas), mesosoma (tergitos y esternitos) y metasoma (segmentos caudales I, II, III, IV, V y el telson).



Figura 8. Medición de los escorpiones utilizando un calibrador analógico Truper.

3. 9. Conservación de los ejemplares de escorpiones

Los ejemplares de escorpiones adultos hembras y machos fueron conservados en alcohol al 70% y formalina en envases de vidrio y plástico. (Figura 9A). Los embriones y crías de escorpiones fueron conservados en alcohol al 70% en envases de vidrio. (Figura 9B). Todos los ejemplares fueron rotulados con la información respectiva y almacenados a temperatura ambiente.

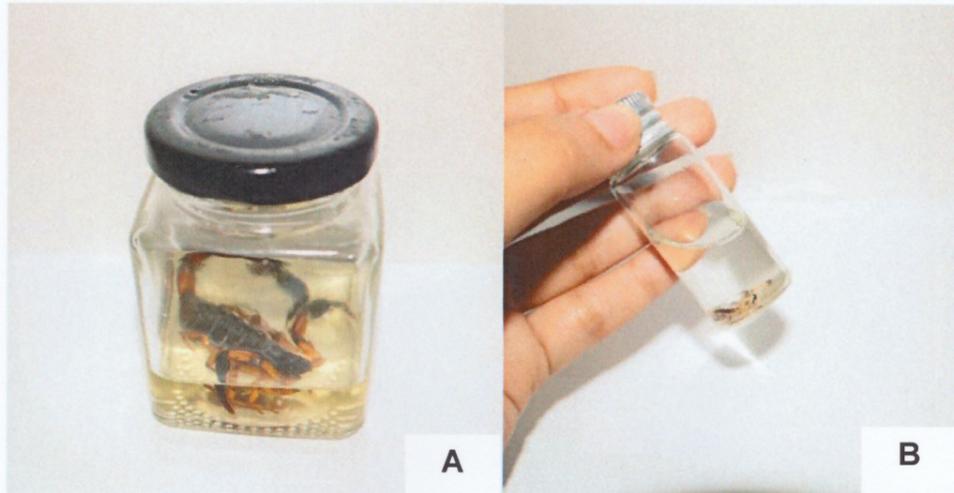


Figura 9. Conservación de ejemplares de escorpiones: A. Ejemplar adulto conservado en alcohol al 70% y formalina B. Ejemplar de cría conservado en alcohol al 70%.

3.10. Análisis estadístico

Para evaluar el comportamiento de las mediciones biométricas registradas en las hembras y machos del género *Centruroides*, se procedió a aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con ayuda del paquete estadístico Past versión 4.03 (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

Posteriormente, se determinó si existían diferencias significativas entre las mediciones biométricas registradas en los especímenes de *Centruroides*: prosoma (pedipalpos, caparacho y patelas), mesosoma (tergitos y esternitos) y metasoma (segmentos caudales I, II, III, IV, V y el telson) por medio de la prueba t-Student o la prueba U de Mann-Whitney, de acuerdo con la distribución de los datos.

Se efectuó una prueba de correlación de Pearson para determinar si existía relación entre el tamaño de las hembras y el número de crías.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados generales de la investigación

Se observó un total de 241 individuos durante el período de estudio. Estos individuos fueron registrados durante los muestreos efectuados en los meses de febrero, marzo y abril del año 2021. El esfuerzo de muestreo total realizado fue de 108 horas/ persona debido a que solo se monitoreo durante la estación seca. Con este esfuerzo de muestreo se registró un total de 241 individuos de escorpiones *Centruroides*, de los cuales se obtuvo 145 hembras y 96 machos.

Según lo registrado obtuvimos: 46 individuos en el mes de febrero (31 hembras y 15 machos), 106 individuos en el mes de marzo (68 hembras y 38 machos) y 89 individuos en el mes de abril (46 hembras y 43 machos). Los resultados obtenidos de los muestreos efectuados muestran un mayor número de individuos de escorpiones en el mes de marzo y abril. (Cuadro 1) (Figura 10). Esto concuerda con la investigación de Téllez-Fuentes, Rodríguez-Ravelo & López-Miclín, en 2016, quienes señalan que la mayor abundancia de escorpiones *Centruroides* se presenta entre los meses de marzo a julio, con dos picos poblacionales: marzo-abril y junio-julio. El primero posiblemente esté relacionado con la época de apareamiento y reproducción (época seca) y el segundo con la emergencia de la nueva generación (época lluviosa).

Cuadro 1. Número de individuos colectados por mes según sexo

Individuos muestreados por mes	Febrero	Marzo	Abril
Hembras	31	68	46
Machos	15	38	43
Total	46	106	89

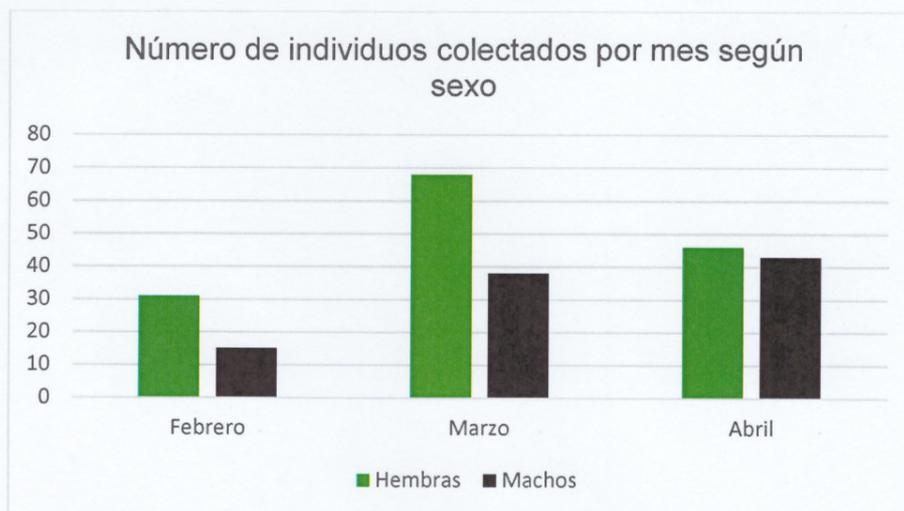


Figura 10. Número de individuos colectados por mes según sexo.

4.2. Características morfológicas

El organismo de los escorpiones está cubierto por un exoesqueleto, constituido principalmente por queratina, el cual está formado por placas y segmentos de diversas formas y espesor, los cuales le dan el aspecto externo inconfundible propio de estos organismos. Los escorpiones están divididos en tres regiones: prosoma o cefalotórax, mesosoma o abdomen y metasoma o cauda.

4.2.1. Región del Prosoma

El prosoma del *Centruroides* se observa con dirección hacia el sustrato. La cabeza está compuesta por una placa de forma trapezoidal llamada caparazón la cual presenta surcos longitudinales con pequeñas granulaciones de forma esférica. En la parte dorsal se encuentra un par de ojos medio, y dos pares de ojos laterales. En la parte ventral están los quelíceros, los procesos maxilares y las coxas de los pedipalpos y las patelas. (Figura 17A, 17B).

4.2.2. Región del Mesosoma

La parte dorsal del mesosoma está formada por siete tergitos, los cuales son placas transversales, lisas con granulaciones en las orillas. En la parte ventral se encuentra el esternón, seguido del opérculo genital y la placa pectínea la cual tiene insertada una lamela marginal a cada lado. Estas lamelas marginales constan de órganos sensoriales llamados dientes pectinales, los cuales varían en tamaño y número, según el sexo. La parte ventral del mesosoma está cubierto por cinco esternitos, los cuales son placas transversales lisas y con escasa ornamentación y granulaciones en la superficie de las orillas. Del primer esternito al cuarto esternito se encuentra

una abertura a lado izquierdo y otra a lado derecho, llamada estigma. Los tergitos y esternitos están unidos de forma lateral por un tejido llamado pleura (Figura 17A, 17B).

4.2.3. Región del Metasoma

El metasoma está constituido por cinco segmentos caudales y en el extremo está el telson con las glándulas productoras de veneno. Los segmentos caudales poseen líneas longitudinales constituidas por granulaciones de forma esférica. El telson es de forma sub-esférica y posee un aguijón el cual presenta un tubérculo subaculear y un acúleo el cual utiliza para inyectar veneno (Figura 17A, 17B).

4.3. Sistema reproductor femenino

El sistema reproductor femenino en escorpiones está conformado por el oviútero formado por un par de espermatecas. Las espermatecas son muy poco desarrollada, de las cuales se deriva dos túbulos laterales y túbulos transversales, un túbulo longitudinal medial que forman una red o malla de ocho células (Figura 18).

Se observaron ovocitos de diferentes generaciones que están sujetos a la pared del oviútero por medio de un pedúnculo. De acuerdo con las características observadas en el presente estudio se determinó un tipo de ovariútero llamado apoicogénico, en donde los ovocitos en crecimiento sobresalen de la pared ovárica y continúan el crecimiento previtelogénico y vitelo génico en la superficie de las gónadas, acompañados por las células foliculares, que cubren la superficie del ovocito, estos son ricos en yema. (Figura 19). Los huevos se encontraron dispuestos en forma de un racimo de uvas. (Figura 20).

Se conocen dos tipos de patrones principales de desarrollo en los escorpiones: Apoicogénicos este con un ovariútero que contiene huevos ricos en yema alojados en folículos. Este tipo se encuentra en muchos taxones de escorpiones (principalmente bítidos). El tipo katoikogénico con un ovariútero donde el embrión se desarrolla en un divertículo compuesto de cuatro partes: un tallo (pedicelo), un collar engrosado, una porción cónica que contiene el óvulo, y un apéndice que contiene el aparato de alimentación oral donde los quelíceros de los embriones agarran una estructura similar a una "teta", descritos en otras familias. Laurie (1890, 1896) fue el primero en nombrar estos dos tipos de oviúteros en los escorpiones.

Normalmente, en los escorpiones apoicogénicos, los óvulos aumentan de tamaño mientras están situados dentro del folículo, fuera del tubo de ovariuterus. Cuando comienza la embriogénesis, los óvulos se mueven hacia la luz del ovariútero y pueden identificarse claramente dentro de la trompa a medida que el embrión se agranda. Este tipo de desarrollo se encuentra principalmente en la familia Buthidae. Pavlovsky, en 1925, determinó una gran variedad de oviúteros.

4.4. Sistema reproductor masculino

El sistema reproductor masculino de *Centruroides* está formado por el espermatóforo (Figura 21A), conformado por dos mitades, los hemispermatóforos que son secretados por los órganos paraxiales y que se unen durante el cortejo (Figura 21B).

Durante la disección del sistema genital masculino se observó por completo el aparato genital masculino formado por el órgano eyaculador, el saco eyaculador, los vasos deferentes, la ampolla del conducto deferente, la vesícula seminal, la glándula ventral anexa, glándula oval, glándula cilíndrica, los testículos, el flagelo y los ejes del tallo del espermatóforo.

Los testículos estaban compuestos por tres túbulos longitudinales delgados que se interconectaban entre sí formando tres mallas cuadriláteras en ambos lados, que se aloja entre los lóbulos inferiores de la glándula hepatopancreática ("hígado"), en la región de los últimos cinco segmentos mesosomáticos. Estos túbulos son muy delicados y delgados transparente o blanco si el espécimen se encuentra conservado.

Durante el intercambio espermático en el proceso del cortejo se observó el espermatóforo compuesto por: el pedicelo que se utiliza para pegar el espermatóforo al sustrato, el tallo compuesto por membranas blandas y contienen los espermatozoides, el tallo, flagelo y lámina distal sensu lamaoral que se encontraba esclerotizado y actúa como una palanca para desencadenar la comprensión del tallo y la cápsula que se encuentra ubicada entre el tallo y el tallo esclerotizado este guía el semen desde la cavidad del espermatóforo hasta el tracto genital femenino (Figura 22A, 22B) (Monod, Cauwet , González & Huber, 2017).

Los espermatóforos tienen un valor muy importante en la taxonomía. Vachon, en 1952, reconoció por primera vez este valor taxonómico. La forma y la composición de los espermatóforos son utilizados actualmente como un carácter diagnóstico en la familia Buthidae y en otras familias.

4.5. Dimorfismo sexual

Se registraron 42 características distintivas entre hembras y machos *Centruroides*, 31 pertenecientes a características biométricas y 11 características morfológicas (Figura 23A, 23B, 23C, 23D).

Dentro de las características biométricas distintivas entre hembras y machos *Centruroides* se encontró el tamaño corporal, la longitud del pedipalpo, fémur del pedipalpo, tibia del pedipalpo, quela del pedipalpo, basitarso de la patela I, basitarso de la patela III, tibia de la patela II, ancho del mesosoma, tergito VII, opérculo genital, lamelas marginales, esternito II, esternito III, esternito IV, esternito V, número de dientes izquierdos, número de dientes derechos, longitud del metasoma, longitud y ancho de los segmentos caudales (I, II, III, IV, V), telson y peso. (Cuadro 2).

Las características morfológicas distintivas presentadas entre hembras y machos *Centruroides* fueron: morfología del surco superior del caparacho, forma del esternón, opérculo genital y lamelas marginales, presencia/ausencia de una depresión circular en la placa pectínea, coloración de líneas laterales y línea inferior de los esternitos I-V, línea media superior con granulaciones en el esternito II, presencia/ausencia de cuatro líneas con granulaciones en el esternito IV, presencia/ausencia de mancha triangular negra en la línea media del esternito III, morfología de los segmentos caudales, morfología y granulación del telson.

Hembras: tamaño corporal comprendido entre 6.30 cm y 11.36 cm (Desde los quelíceros hasta el telson). Coloración marrón oscuro-negro (quelas del pedipalpo, caparacho, tergitos I-VI, líneas laterales y línea inferior de los esternitos I-V, segmento caudal V y telson), amarillo (coxa, tibia y fémur del pedipalpo, patelas, tergito VII, esternón, opérculo genital, placa pectínea, lamelas marginales, dientes pectíneos, esternitos I-V, segmentos caudales I, II y III), negro-rojizo (extremo superior de las quelas del pedipalpo, quelíceros, líneas laterales y línea inferior de los esternitos I-V, segmento caudal IV, tubérculo subaculear y aculeo). Granulaciones casi negras, contrastantes con la coloración de fondo, presentes en pedipalpos, patelas, caparacho del prosoma, tergitos, esternitos, segmentos caudales y telson. Presencia de tricobotrias en coxa, tibia, fémur y quelas del pedipalpo, patelas y lamelas marginales. Presencia de mancha triangular negra en la línea media del esternito III. Presencia de granulaciones en la línea media superior del esternito II y en cuatro líneas medias del esternito IV. Quelas ligeramente sub esféricas. Lamelas marginales con 22-31 dientes pectíneos izquierdos y 22-30 dientes pectíneos derechos. Esternón ligeramente llano en la parte inferior. Opérculo genital con dos depresiones circulares en la parte central. Depresión circular en la placa pectínea. Surco superior del caparacho del prosoma cóncavo. Telson globoso. (Figura 24A, 24D; 25A; 26A, 26C, 26E; 27A; 28A).

Machos: tamaño corporal comprendido entre 7.1 cm y 11.85 cm (Desde los quelíceros hasta el telson). Coloración marrón oscuro-negro (quelas del pedipalpo, caparacho, tergitos I-VI, segmento caudal V y telson), amarillo (coxa, tibia y fémur del pedipalpo, patelas, tergito VII, esternón, opérculo genital, placa pectínea, lamelas marginales, dientes pectíneos, esternitos I-V, segmentos caudales I, II y III), negro-rojizo (extremo superior de las quelas del pedipalpo, quelíceros, segmento caudal IV, tubérculo subaculear y aculeo). Granulaciones casi negras, contrastantes con la coloración de fondo, presentes en pedipalpos, patelas, caparacho del prosoma, tergitos, esternitos y segmentos caudales. Presencia de tricobotrias en coxa, tibia, fémur y quelas del pedipalpo, patelas y lamelas marginales. Quelas ligeramente esféricas en la parte basal. Lamelas marginales con 21-30 dientes pectíneos izquierdos y derechos. Opérculo genital es ligeramente liso con una línea media poco evidente. Esternón cóncavo y ancho en la parte inferior. Telson llano. (Figura 24B, 24D; 25B; 26B, 26D, 26F; 27B; 28B).

4.6. Biometría

Se evaluaron 76 caracteres, para los cuales se tomaron en cuenta el ancho y la longitud de estructuras del prosoma, mesosoma y metasoma, así como la longitud total en centímetros (cm) y el peso en gramos (g) de los escorpiones hembras y machos *Centruroides*.

Cuadro 2. Caracteres biométricos evaluados en machos (M) y hembras (H) *Centruroides*, para establecer dimorfismo sexual.

Características morfológicas		Media		Desviación estándar		Mínimo		Máximo	
		H	M	H	M	H	M	H	M
Longitud corporal *	total	8.899	9.890	0.853	1.095	6.300	7.100	11.360	11.850
Longitud del prosoma	total	1.096	1.081	0.185	0.211	0.700	0.600	1.520	1.480
Ancho del Prosoma	del	0.781	0.774	0.117	0.243	0.530	0.550	1.280	2.960
Quelíceros		0.425	0.413	0.075	0.066	0.200	0.200	1.000	0.530
Longitud pedipalpo *	del	3.473	3.667	0.297	0.377	2.600	2.900	4.050	4.850
Coxa pedipalpo	del	0.386	0.385	0.065	0.065	0.240	0.140	0.560	0.550
Trocánter pedipalpo	del	0.383	0.384	0.049	0.044	0.200	0.270	0.540	0.480
Fémur pedipalpo *	del	0.864	0.917	0.086	0.095	0.600	0.690	1.050	1.100
Tibia pedipalpo *	del	0.921	0.982	0.078	0.095	0.650	0.800	1.090	1.200
Quela pedipalpo *	del	1.519	1.583	0.142	0.188	0.970	0.570	1.750	2.100
Coxa de la patela 1		0.251	0.240	0.098	0.083	0.120	0.120	0.540	0.550
Trocánter de la patela 1		0.223	0.220	0.052	0.028	0.100	0.170	0.570	0.350
Fémur de la patela 1		0.512	0.526	0.054	0.061	0.380	0.390	0.690	0.670
Tibia de la patela 1		0.534	0.538	0.059	0.060	0.310	0.300	0.750	0.700
Pretarso de la patela 1		0.361	0.364	0.042	0.040	0.250	0.270	0.500	0.470
Basitarso de la patela 1 *		0.295	0.305	0.041	0.032	0.200	0.200	0.420	0.390
Telotarso de la patela 1		0.171	0.173	0.030	0.029	0.100	0.110	0.250	0.230
Coxa de la patela 2		0.447	0.436	0.070	0.067	0.200	0.240	0.600	0.560
Trocánter de la patela 2		0.290	0.282	0.047	0.041	0.200	0.200	0.510	0.440
Fémur de la patela 2		0.683	1.465	0.075	7.585	0.490	0.450	0.950	75.000
Tibia de la patela 2 *		0.634	0.656	0.072	0.065	0.320	0.470	0.800	0.800
Pretarso de la patela 2		0.392	0.399	0.042	0.042	0.270	0.260	0.490	0.480
Basitarso de la patela 2		0.320	0.328	0.043	0.037	0.210	0.230	0.460	0.400
Telotarso de la patela 2		0.182	0.173	0.030	0.029	0.100	0.110	0.280	0.230

Coxa de la patela 3	0.660	0.644	0.095	0.079	0.340	0.360	0.970	0.820
Trocánter de la patela 3	0.370	0.362	0.060	0.048	0.210	0.250	0.690	0.560
Fémur de la patela 3	0.825	0.832	0.088	0.087	0.590	0.560	1.020	1.000
Tibia de la patela 3	1.314	0.771	6.748	0.083	0.410	0.350	82.000	0.990
Pretarso de la patela 3	0.452	0.459	0.049	0.052	0.270	0.350	0.560	0.570
Basitarso de la patela 3 *	0.357	0.375	0.049	0.038	0.200	0.300	0.500	0.500
Telotarso de la patela 3	0.208	0.203	0.033	0.028	0.130	0.140	0.300	0.330
Coxa de la patela 4	1.023	0.996	0.122	0.157	0.410	0.410	1.250	1.600
Trocánter de la patela 4	0.438	0.431	0.071	0.048	0.310	0.320	1.010	0.530
Fémur de la patela 4	0.900	0.917	0.099	0.090	0.450	0.730	1.080	1.100
Tibia de la patela 4	0.808	0.833	0.083	0.077	0.500	0.670	1.000	1.000
Pretarso de la patela 4	0.492	0.502	0.050	0.049	0.360	0.400	0.600	0.590
Basitarso de la patela 4	0.402	0.414	0.054	0.048	0.170	0.300	0.520	0.560
Telotarso de la patela 4	0.234	0.232	0.034	0.035	0.120	0.130	0.330	0.320
Longitud del Mesosoma	2.453	2.419	0.416	0.394	1.000	0.920	3.900	3.850
Ancho del Mesosoma *	1.133	0.949	0.435	0.361	0.620	0.590	3.900	2.960
Lateral del Mesosoma	0.737	0.575	0.213	0.139	0.300	0.270	1.500	0.940
Tergito 1	0.177	0.167	0.054	0.031	0.100	0.100	0.700	0.240
Tergito 2	0.204	0.199	0.041	0.027	0.120	0.130	0.500	0.270
Tergito 3	0.274	0.266	0.050	0.040	0.170	0.180	0.400	0.380
Tergito 4	0.351	0.346	0.056	0.049	0.220	0.200	0.500	0.500
Tergito 5	0.396	0.817	0.060	4.145	0.230	0.280	0.540	41.000
Tergito 6	0.431	0.431	0.068	0.062	0.280	0.300	0.600	0.590
Tergito 7 *	0.660	0.707	0.084	0.082	0.370	0.550	0.900	0.900
Esternón	0.170	0.178	0.034	0.080	0.100	0.100	0.240	0.890
Opérculo genital*	0.207	0.182	0.041	0.035	0.100	0.100	0.310	0.290
Placa pectínea	0.186	0.174	0.060	0.065	0.100	0.100	0.310	0.430
Lamelas marginales*	0.675	0.708	0.061	0.078	0.500	0.450	0.790	0.870
Dientes izquierdos*	25.972	26.385	1.118	1.496	22.000	21.000	31.000	30.000
Dientes derechos*	25.979	26.333	1.187	1.335	22.000	21.000	30.000	30.000
Esternito 1	0.503	0.517	0.063	0.062	0.210	0.320	0.650	0.650
Esternito 2*	0.420	0.402	0.065	0.062	0.270	0.210	0.560	0.530
Esternito 3*	0.437	0.416	0.074	0.076	0.270	0.170	0.560	0.580
Esternito 4*	0.468	0.444	0.078	0.069	0.300	0.280	0.660	0.600
Esternito 5*	0.610	0.662	0.081	0.089	0.420	0.490	0.800	0.860
Estigma 2	0.160	0.146	0.117	0.031	0.090	0.100	1.120	0.220
Estigma 3	0.165	0.166	0.030	0.032	0.100	0.100	0.250	0.280
Estigma 4	0.184	0.182	0.028	0.025	0.120	0.120	0.280	0.230
Estigma 5	0.194	0.182	0.027	2.022	0.120	0.120	0.270	20.000
Longitud del Metasoma *	5.219	6.055	0.616	1.140	2.020	0.770	7.150	8.090

Longitud Segmento caudal 1*	del	0.731	0.864	0.102	0.126	0.480	0.440	1.150	1.140
Longitud Segmento caudal 2*	del	0.862	1.057	0.102	0.159	0.590	0.400	1.130	1.390
Longitud Segmento caudal 3*	del	0.920	1.149	0.110	0.163	0.600	0.800	1.250	1.490
Longitud Segmento caudal 4*	del	0.955	1.182	0.110	0.163	0.620	0.840	1.320	1.500
Longitud Segmento caudal 5*	del	1.026	1.234	0.144	0.155	0.080	0.900	1.600	1.600
Ancho Segmento caudal 1*	del	0.469	0.413	0.100	0.037	0.320	0.300	1.530	0.500
Ancho Segmento caudal 2*	del	0.444	0.394	0.053	0.037	0.300	0.300	0.710	0.500
Ancho Segmento caudal 3*	del	0.441	0.388	0.064	0.032	0.320	0.300	0.900	0.460
Ancho Segmento caudal 4*	del	0.433	0.393	0.059	0.034	0.320	0.300	0.810	0.460
Ancho Segmento caudal 5*	del	0.417	0.400	0.067	0.033	0.260	0.310	0.890	0.460
Telson*		0.817	0.862	0.093	0.094	0.460	0.700	1.000	1.070
Peso*		2.888	2.595	0.820	0.764	1.090	1.100	4.910	4.020

NOTA: * representa diferencias significativas entre los datos biométricos de hembras y machos ($p < 0.05$).

En promedio, la longitud total corporal resultó ser mayor en machos que en hembras (ver Cuadro 2) (Figura 11). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia entre los promedios, la cual resultó ser significativa ($z = 6.9959$ $p=0.00000$). Se observó que el tamaño de los machos es mayor que la hembra. González-Santillán, en 2004, señalan que existen diferencias notables en el tamaño del cuerpo de los escorpiones del género *Centruroides*.

La longitud del pedipalpo en hembras mostró ser menor que la longitud del prosoma registrada en machos (ver Cuadro 2) (Figura 12). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia entre los promedios, esta diferencia resultó ser significativa ($z = 4.1365$ $p=0.00003$). Humboldt & Fernández en 2021, también encontraron que los machos presentan pedipalpos ligeramente más grandes que las hembras en escorpiones bítidos.

La longitud del fémur del pedipalpo en hembras resultó ser ligeramente menor que la longitud del fémur del pedipalpo registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia entre los promedios, esta diferencia resultó ser significativa ($z = 4.1861$ $p=0.00002$).

La longitud de la tibia y la quela del pedipalpo registrada en hembras mostró un ligero aumento en comparación con la longitud de la tibia y la quela del pedipalpo

registrada en machos (ver Cuadro 1). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa en la tibia del pedipalpo ($z = 4.6377$ $p=0.00000$) y en la longitud de la quela del pedipalpo ($z = 3.9589$ $p=0.00031$).

La longitud del basitarso de la patela I y III en hembras resultó ser ligeramente mayor que la longitud del basitarso de la patela I y III registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa en la longitud del basitarso de la patela I ($z = 2.2691$ $p=0.02326$) y la longitud del basitarso de la patela III ($z = 2.9335$ $p=0.00335$).

La longitud de la tibia de la patela II en hembras resultó ser ligeramente mayor que la longitud de la tibia de la patela II registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa ($z = 2.0992$ $p=0.03580$).

El ancho del mesosoma en hembras resultó ser ligeramente mayor que el ancho del mesosoma registrado en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia entre los promedios, esta diferencia resultó ser significativa ($z = 7.3177$ $p=0.00000$).

En promedio, la longitud del tergito 7 resultó ser ligeramente menor en hembras que en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba t-Student se detectó una ligera diferencia entre los promedios (0.046841), la misma resultó ser significativa ($t_c = 4.2829$, $p=0.00002$).

La longitud del opérculo genital y las lamelas marginales en hembras resultó ser ligeramente mayor que la longitud del opérculo genital y las lamelas marginales registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa en la longitud del opérculo genital ($z = 4.6036$ $p=0.00000$) y las lamelas marginales ($z = 3.7253$ $p=0.00019$).

La cantidad de dientes izquierdos y dientes derechos en hembras resultó ser ligeramente mayor que la cantidad de dientes izquierdos y dientes derechos registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa en la cantidad de dientes izquierdos ($z = 2.825$ $p=0.00472$) y dientes derechos ($z = 2.4703$ $p=0.01349$). González-Santillán, en 2004, señala que existen diferencias notables en el número de dientes pectinales en especies de escorpiones *Centruroides*.

La longitud de los esternitos (II, III, IV, V) en hembras resultó ser ligeramente mayor que la longitud de los esternitos registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa en la longitud del esternito II ($z = 2.3518$ $p=0.01868$), la longitud del esternito III ($z = 2.3348$ $p=0.01955$), la longitud del esternito IV ($z = 2.5559$ $p=0.01059$) y la longitud del esternito V ($z = 4.3178$ $p=0.00001$).

La longitud total del metasoma y la longitud de los segmentos caudales (I, II, III, IV y V) en hembras resultó ser ligeramente menor que la registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa entre los promedios de la longitud del metasoma ($z = 8.0305$ $p=0.00000$), del segmento caudal I ($z = 7.8127$ $p=0.00000$), del segmento caudal II ($z = 9.5324$ $p=0.00000$), del segmento caudal III ($z = 9.7852$ $p=0.00000$), del segmento caudal IV ($z = 6.6706$ $p=0.00000$) y del segmento caudal V ($z = 9.1512$ $p=0.00000$). Carlson, McGinley & Rowe, en 2014, mencionan que los machos *Centruroides* tienen un metasoma delgado y alargado. Algunos estudios sugieren que esto permite a los machos identificar el sexo de sus congéneres durante el cortejo y mejorar el rendimiento locomotor.

El ancho de los segmentos caudales (I, II, III, IV y V) y la longitud del telson en hembras resultó ser ligeramente mayor que el ancho de los segmentos caudales y la longitud del telson registrada en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia significativa en el ancho del segmento caudal I ($z = 7.931$ $p=0.00000$), ancho del segmento caudal II ($z = 8.1256$ $p=0.00000$), ancho del segmento caudal III ($z = 8.5587$ $p=0.00000$), ancho del segmento caudal IV ($z = 9.5097$ $p=0.00000$), ancho del segmento caudal V ($z = 2.5616$ $p=0.01042$) y el telson ($z = 3.1936$ $p=0.00140$). Baldiviazo-Monsivaiz, Ponce-Saavedra & Flores-Moreno en 2013, también registraron en hembras *Centruroides*, que el ancho de los segmentos caudales I-V del metasoma en las hembras es mayor, ósea más grueso, siendo esta una de las características distintivas más visibles. Esto coincide con los resultados obtenidos en esta investigación. Carlson *et al.* en 2014, señalan que metasomas cortos y gruesos en hembras permite que los escorpiones hembras realicen picaduras con su telson a un ritmo más rápido, debido a su rápida respuesta de defensa y protección de ellas y sus crías.

El peso en hembras resultó ser ligeramente mayor que el peso registrado en machos (ver Cuadro 2). A través de la prueba U Mann-Whitney se detectó una diferencia entre los promedios, esta diferencia resultó ser significativa ($z = 2.6934$ $p=0.00707$). El dimorfismo sexual en la masa corporal de escorpiones *Centruroides* puede resultar de presiones selectivas sexuales o ecológicas. Carlson *et al.* en 2014, proponen que un mayor peso corporal en hembras está asociado al desempeño locomotor deficiente (corren más lento) debido a la carga de estar grávidas, lo cual favorece la agresión compensatoria como parte de una estrategia defensiva alternativa; mientras que la morfología masculina está coadaptada para apoyar una estrategia defensiva basada en carreras de velocidad. El comportamiento agresivo por parte de las hembras y las carreras de velocidad en machos también fueron observados en los escorpiones de la presente investigación.

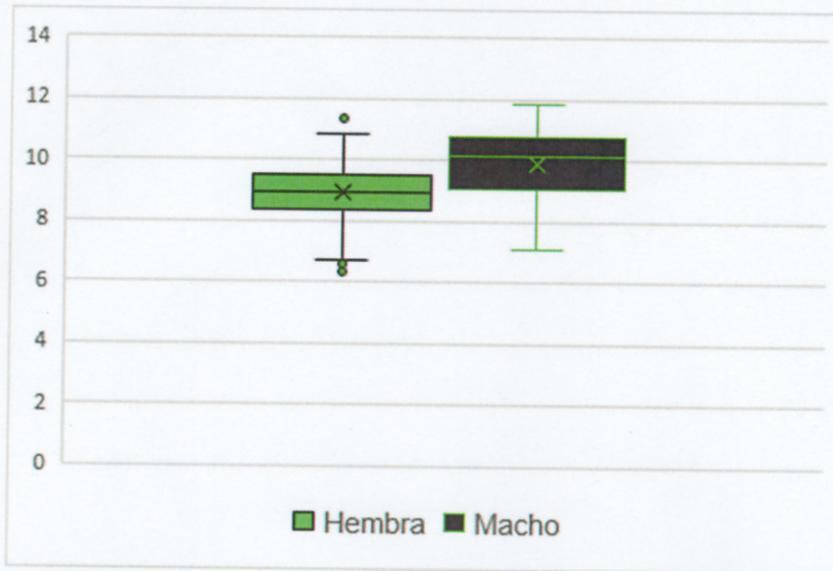


Figura 11. Tamaño corporal de hembras y machos *Centruroides*.

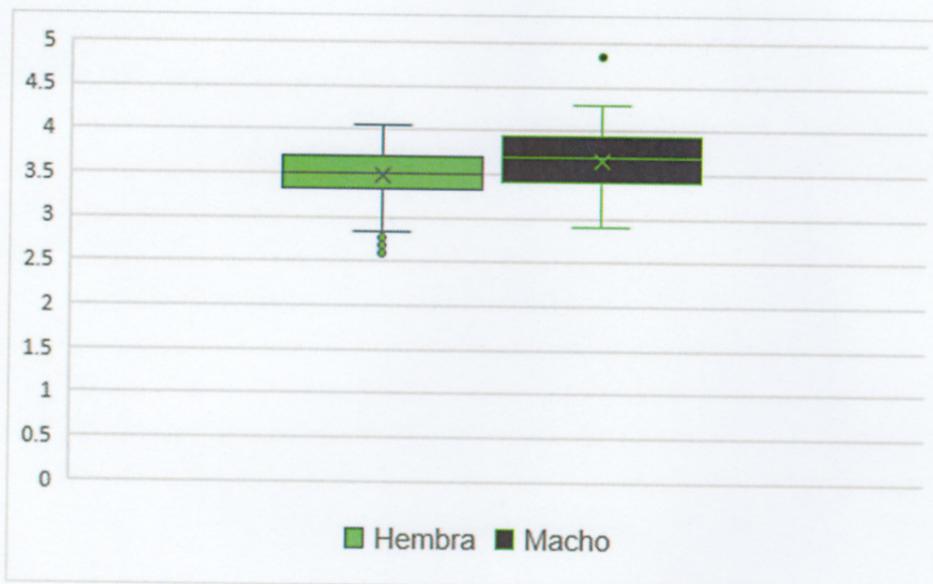


Figura 12. Pedipalpos hembras y machos *Centruroides*.

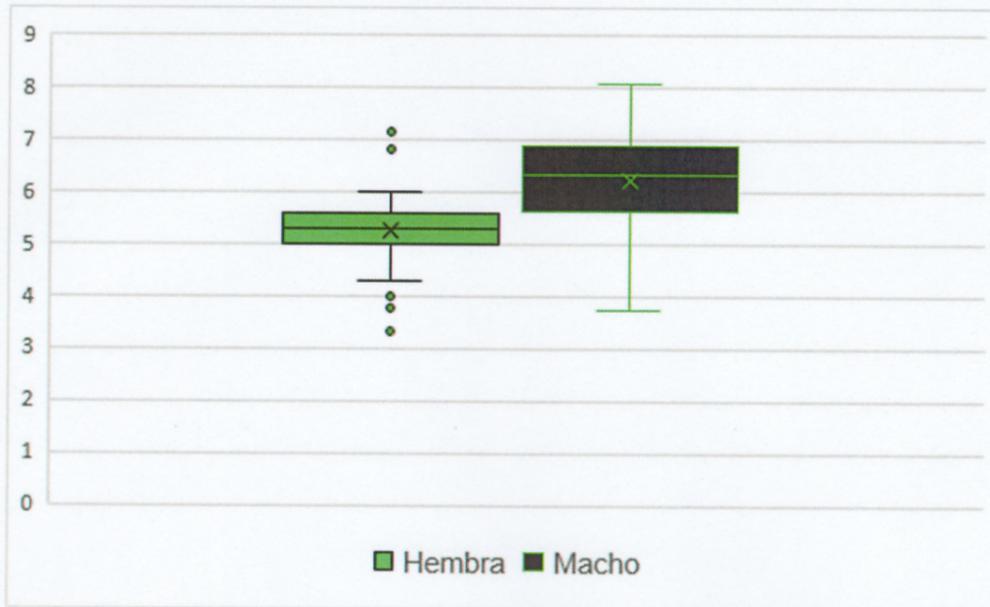


Figura 13. Longitud del metasoma hembras y machos *Centruroides*.

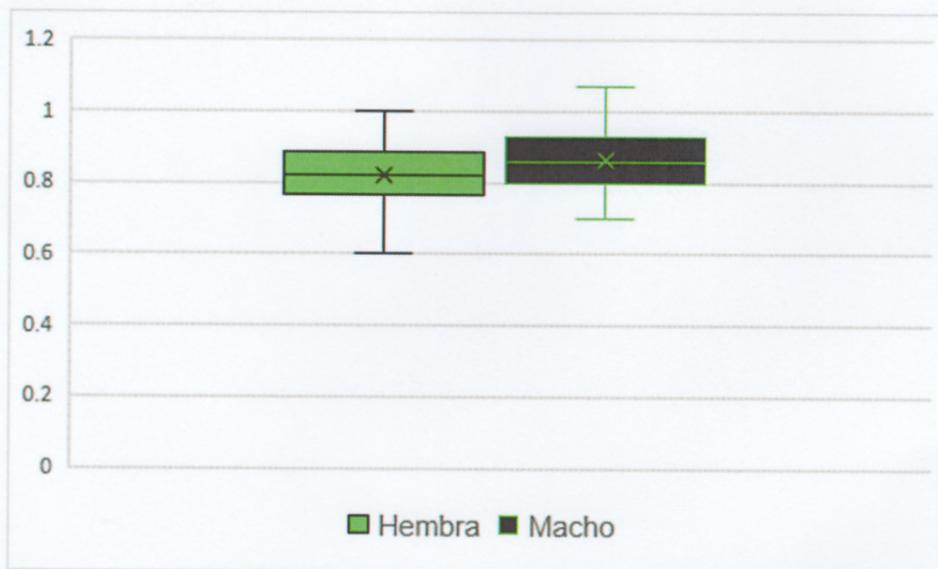


Figura 14. Longitud del telson hembras y machos *Centruroides*.

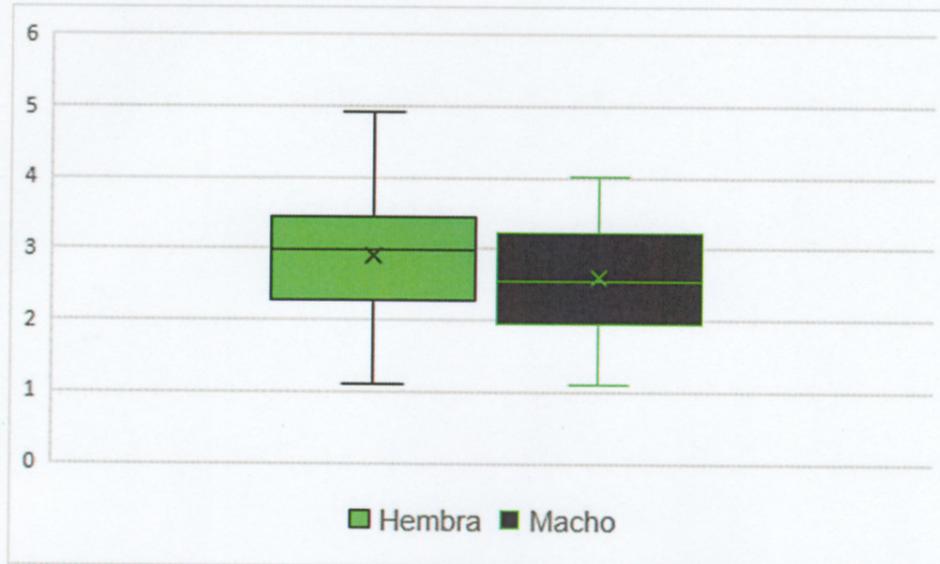


Figura 15. Peso corporal hembras y machos *Centruroides*.

4.7. Desarrollo embrionario

La fertilización del óvulo desencadena el desarrollo embrionario. Dado que no se puede determinar el momento en que se fertiliza un óvulo, el inicio del desarrollo embrionario tampoco pudo determinarse. En consecuencia, los estadios de desarrollo embrionario de *Centruroides* descritos en la presente investigación están basados en la disección de escorpiones hembras grávidas.

Los datos del desarrollo embrionario se obtuvieron contabilizando el número de embriones en hembras grávidas. El promedio de embriones obtenido en hembras grávidas fue de ± 44.059 con un máximo de 63 y un mínimo de 23 ($n=34$).

Los embriones de *Centruroides* observados inicialmente presentaban una coloración marrón claro con forma redonda. Posteriormente, presentaban una coloración amarilla, la cual fue cambiando en conjunto con la morfología del embrión a medida que avanzaba la formación de estructuras en los diferentes estadios embrionarios observados. De los embriones observados se describieron 20 estadios embrionarios, los cuales se muestran en la figura 29.

El desarrollo embrionario que se pudo describir en *Centruroides* inicia con la blastulación. En el estadio 1, 2 y 3 se observó el proceso de gastrulación (Figura 29A, 29B, 29C). En el estadio 4 el embrión presenta el poro germinativo (Figura 29D). 29E). El proceso de gastrulación se continúa con la organogénesis la cual se evidencia en el estadio 4-17. En el estadio 7 se da la aparición de células del prosoma y mesosoma (Figura 29G). La organogénesis del prosoma y mesosoma en el estadio 5 es más evidente (Figura 29H). En el estadio 6, el embrión presenta

las primeras formaciones de los pedipalpos (P), patelas (PT) y metasoma (MT) (Figura 29I). El estadio 7 ocurre la formación de los quelíceros, el alargamiento de los pedipalpos, las patelas y los segmentos del metasoma (Figura 29J). En el estadio 8 ocurre la separación de las patelas de la zona central de lo que será el prosoma (Figura 29K). En el estadio 9 inicia la diferenciación y el alargamiento de los pedipalpos, las patelas y el metasoma (Figura 29L). En el estadio 10 continúa la diferenciación y el crecimiento del cuerpo (Figura 29M). El estadio 11 continúa el alargamiento del prosoma, mesosoma y metasoma evidenciándose un aumento de masa corporal (Figura 29N). En el estadio 12 se dio la pigmentación de los quelíceros; también es más evidente la membrana extraembrional (Figura 29Ñ). En el estadio 13 el crecimiento del mesosoma y metasoma es más rápido haciendo más definida su morfología metamérica (Figura 29O). En el estadio 14 la diferenciación de las estructuras corporales es más evidente (Figura 29P). En el estadio 15 se observó la primera pigmentación en el segmento V del metasoma (Figura 29Q). En el estadio 16 se dio la pigmentación de los ojos laterales (Figura 29R). En el estadio 17 la pigmentación en los quelíceros y metasoma se hace más pronunciada, observándose la pigmentación de las patelas y el telson por primera vez (Figura 29S).

4.8. Desarrollo post-embrionario

El desarrollo post-embrionario descrito en la investigación presente está basado en los datos obtenidos de las crías de los partos registrados. Durante la investigación se registró la observación de cuatro estadios de desarrollo post-embrionarios de *Centruroides*. La descripción de los estadios embrionarios se realizó con los cambios morfológicos que presentaron las crías desde su nacimiento hasta que experimentaron su primera muda.

4.8.1. Parto

En este estudio se registraron nueve partos en hembras *Centruroides* mantenidas en condiciones de cautiverio. En todos los casos, el alumbramiento se registró únicamente durante el día, en la noche no se registró ningún caso, estos se produjeron durante el mes de marzo de 2021. Estas parieron sobre el sustrato proporcionado en el terrario. La mayoría de los casos de nacimiento se dan en zonas protegidas, madrigueras o bajo objetos, para el estudio y análisis del comportamiento del parto de los escorpiones se dan en laboratorios (William, 1969). En muchas especies el comportamiento reproductivo es muy parecido, sin embargo, varía en la duración del ciclo reproductivo.

El tiempo de duración del parto fue más de una hora aproximadamente (Cuadro 3). En estudios realizados con *Centruroides ornatus* (Pérez, 2015), se presenta el tiempo que dura el alumbramiento, en el cual se reportan tiempos similares al presente estudio.

Cuadro 3. Registro del número de crías nacidas vs duración del alumbramiento en *Centruroides*.

Número del Parto	Número de crías nacidas	Tiempo de alumbramiento
1	47	1h - 10m - 03s
2	47	1h - 21m - 15s
3	56	1h - 23m - 13s
4	55	1h - 20m - 55s
5	36	1h - 26m - 33s
6	46	1h - 05m - 40s
7	62	1h - 45m - 10s
8	38	1h - 16m - 21s
9	50	1h - 40m - 38s

Durante el proceso de alumbramiento la hembra comienza a dar vueltas por todo el terrario y realizando movimientos vibratorios, posteriormente con los pedipalpos y su primer par de patas comienza a limpiar el área en donde dará a luz. Actualmente no se ha descrito este procedimiento de limpieza en los *Centruroides*, información que facilita este estudio.

En este evento, se observó que la hembra toma una posición en donde su cefalotórax se eleva y el primer par de patas se encuentra levantada orientada hacia delante formando una "canasta maternal", similar a lo descrito por Armas (1980). Este comportamiento es variable en otras familias (Williams 1969). En otras especies de la familia Buthidae también forman una canasta, utilizando los dos primeros pares de patas. Mientras que las patas traseras están flexionadas formando un espacio por debajo del cuerpo sin tocar el sustrato, estas posturas se mantuvieron durante todo el proceso de alumbramiento. Este paso es mencionado por Armas (1980) y Ponce *et al.* (2003), en donde se describe este comportamiento en el género *Centruroides*, también ha sido observado en la especie *Centruroides ornatus*, en donde solo utilizan el primer par de patas para formar la canasta maternal (Guzmán, 2015).

Posteriormente, a este proceso el opérculo genital comenzó a dilatarse (Figura 30A) y a moverse los peines sexuales, luego se abrió el opérculo (Figura 30B) y las crías comenzaron a pasar por la abertura genital (Figura 30C), en algunos casos la cabeza pasaba primero y en otros la parte posterior (cola). La hembra se movía de izquierda a derecha, acomodando las crías en la cesta. Cada una de las crías al nacer se encontraba envuelta por una membrana de nacimiento delgada y transparente que al caer se rasgaba (Figura 30D). También se observó que la madre ayudaba a las crías con sus quelíceros a liberarse de la membrana embrionaria, este proceso también ha sido visto por autores como Williams, 1969 y Lourenco, 2000. Estos emergieron uno por uno dejándose caer en la canasta maternal formada por la madre, después de 5 a 15 minutos estos comenzaron a trepar al dorso de la madre hasta más de cuatros por sus patas, otros eran ayudados por la

madre ya que, lo sostenía con sus pedipalpos para subir. Posteriormente las crías en el dorso de la madre se acomodaban de manera aleatoria con el prosoma hacia abajo y el metasoma enrollado hacia arriba, a medida que iban ascendiendo se arrastraban sobre sus hermanos hasta encontrar un espacio disponible, cuando ya no había espacio se trepaban encima de sus hermanos formando varias capas apiladas entre tres a cuatro individuos de profundidad, este comportamiento fue descrito para la familia Buthidae (Davison, Brown & Arrivillaga, 2020). La hembra durante todo el proceso de parto permaneció en el mismo sitio, hasta que ascendiera la última cría a su espalda.

Los principales obstáculos que se observaron en los recién nacidos para subir al dorso de la madre fueron: la caída al suelo (sin embargo, la madre los ayudaba a subir) y el desprendimiento total de la membrana extraembrional. También cabe destacar que durante el alumbramiento la hembra paría embriones que no se encontraban desarrollados y posteriormente se los comía.

4.8.2. Estadio 1

Las crías al nacer presentaban un cuerpo blando, con forma ovalada, cubierto por una membrana en el mesosoma. Ninguna de las estructuras corporales presentó granulaciones ni tricobotrias, dientes pectíneos aún no se encuentran divididos.

La región dorsal presentaba una pigmentación incompleta en el caparacho del prosoma, el cual no tenía ninguna granulación ni tricobotrias. Los ojos medios presentaban desarrollo completo, a diferencia de los ojos laterales que no estaban desarrollados completamente. Los tergitos (I, II, III, IV, V, VI, VII) se encontraban diferenciados y pigmentados, divididos por una línea media transversal y vertical. Los segmentos del metasoma I, II, III, IV presentaban una pigmentación color naranja; a diferencia del segmento V y el telson que presentaban una pigmentación color negro, con excepción del acúleo y el tubérculo subaculear que presentaban una coloración blanquecina. El acúleo era romo y no estaba completamente desarrollado.

La región ventral presentaba una pigmentación blanquecina en todas las estructuras, excepto el esternito V que presentó una leve pigmentación color gris claro. La coxa de la patela I aún no se encontraba fusionada con los procesos maxilares. Los quelíceros no estaban completamente desarrollados, ya que no presentaban los dedos móviles, los dentículos internos ni las cerdas. El esternón, el opérculo y la placa pectínea no presentaban una diferenciación. Las lamelas marginales se encontraban diferenciadas, sin embargo, los dientes pectíneos aún se encontraban fusionados.

Todas las patelas presentaban una pigmentación blanquecina, sin embargo, en la parte dorsal mostraban manchas de color gris oscuro-negro. Estas tenían forma romboide y carecían de las garras pretarsales (uñas). (Figura 31A, 31B, 31C, 31D, 31E, 31F, 31G, 31H).

4.8.3. Estadio 2

En este estadio las crías presentaban características morfológicas similares al estadio uno. Con excepción de las patelas que presentaban una pigmentación mucho más fuerte. (Figura 32A, 32B, 32C).

4.8.4. Estadio 3

Durante este estadio hubo un ligero alargamiento en las estructuras. Se observó la aparición de tricobotrias en las patelas I, II, III, IV y en las quelas del pedipalpo. (Figura 32A, 33B, 33C).

4.8.5. Estadio 4

En este estadio se da la primera muda en las crías. Se observó un cambio radical en la longitud de sus estructuras, mostrando un mayor desarrollo en todas ellas. En la región dorsal: el prosoma presentaba pequeñas granulaciones en los pedipalpos y en el caparacho cerca a los ojos medios. Los ojos laterales y los quelíceros estaban completamente desarrollados, incluyendo los dedos móviles, los dentículos internos y las cerdas. En el mesosoma los tergitos estaban segmentados y pigmentados, sin embargo, la cutícula aún no estaba completamente esclerotizada. En el metasoma todos los segmentos (I, II, III, IV, V) presentaron granulaciones y tricobotrias; el telson tenía un desarrollo completo (acúleo y aguijón) (Figura 34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 34F, 34G, 34H).

4.9. Cuidado parental

En las hembras *Centruroides* mantenidas en condiciones de cautiverio se observó un comportamiento de cuidado parental desde el nacimiento de las crías hasta la primera muda. Durante el primer estadio se observó que la hembra protegía a sus crías en su dorso, estas presentaban el metasoma enrollado hacia el prosoma (Figura 35A, 35B). En uno de los casos de estudio de comportamiento sexual registrado un escorpión macho quiso devorar a sus crías, esta comenzó una pelea con el fin de quitarle la cría que había tomado la madre. La hembra le proporcionó varias picaduras con el telson y le tomó los pedipalpos, finalmente matándolo. Una de las principales ventajas del cuidado parental en los escorpiones es proteger a los juveniles de la depredación. En el estudio experimental de Benton en 2001, modelaron un hábitat natural donde mostraron que la presencia o ausencia de la hembra no tuvo efecto en la supervivencia de los juveniles, sin embargo, cuando otros escorpiones tuvieron acceso a los escorpiones juveniles, la presencia de la hembra evitó la depredación. Esta es una de las principales ventajas selectivas del cuidado parental, entre otras de las ventajas de supervivencia está el intercambio trófico, microclima, modelador femenino y el "efecto de grupo" mayor supervivencia de grupos más grandes.

4.10. Capacidad reproductiva de las hembras

La capacidad reproductiva de las hembras se evaluó en función del número de crías paridas por hembras vivas en relación al tamaño y ancho del abdomen en las hembras *Centruroides*.

En la presente investigación el promedio de crías nacidas fue de ± 48.5 con un máximo de 62 y un mínimo de 36 ($n=9$). De acuerdo con el coeficiente de Pearson, la correlación entre el tamaño de la hembra y el número de crías fue positiva (0.555708865). Esto indica que hay una correlación positiva moderada en el tamaño de las hembras y el número de crías que paren. Investigadores como Guzmán, 2015, indica que entre mayor sea el tamaño de la hembra se esperaría un mayor número de crías en una proporción de 6.02 crías más, por cada milímetro que sea mayor la longitud del cefalotórax de la hembra; y que entre menor sea el tamaño de la hembra menor será el número esperado de crías. Sin embargo, Monge- Nájera, en 2019, señala que procedimientos estadísticos aplicados a 94 especies de escorpiones indican que las especies con cuerpos más grandes no necesariamente tienen camadas más grandes o ciclos de vida más largos, contrario a algunas predicciones teóricas.

4.11. Comportamiento sexual

Para determinar el comportamiento sexual en *Centruroides* se emplearon 16 escorpiones adultos (nueve hembras: cuatro no grávidas y cinco grávidas; siete machos). Estos escorpiones se organizaron en parejas, en seis casos de estudio los cuales se describen en el cuadro 5.

De las parejas observadas se registró apareamiento en dos parejas (caso de estudio dos y cinco), permitiendo distinguir cinco fases, las cuales se describen continuación:

Reconocimiento del sitio: el macho hace un recorrido por el sitio haciendo movimientos pectíneos de forma vibratoria (Figura 36A).

Reconocimiento de la hembra: el macho comienza a caminar por detrás, hacia delante y por encima de la hembra, posteriormente tomaba una de sus quelas y jalaba a la hembra por todo el tronco. Seguidamente se posicionaba al frente de la hembra y tomaba su otra quela por encima del prosoma posicionando las quelas de la hembra entre las pinzas de las quelas observándose así un forcejeo entre ambos, la hembra trataba de apartarse del macho, dando pinchazo con su telson al mesosoma del macho y así se da lo que es el agarre (Figura 36A).

La danza o "premenade a deux" caminata para dos en francés: en esta fase se comienza a dar una caminata en la cual ambos comienzan a halar hacia delante y hacia atrás chocando su prosoma, como un besuqueo derivando una serie de movimientos coordinados de ambos, siendo el macho que comienza a halar a la hembra balanceándose de un lado a otro, en ocasiones la hembra se queda parada

provocando una resistencia, estas solían mantener su cuerpos cerca del sustrato con el metasoma flexionado y sostenido lateralmente. Seguidamente suben los pedipalpos, el macho masajea con su primer par de patas el opérculo genital de la hembra y durante el recorrido limpian el área (Figura 36B).

Expulsión y pegado del espermatóforo al sustrato: durante la caminata el macho busca un sustrato adecuado para fijar el espermatóforo y cuando lo encuentra, la hembra permanece inmóvil junto con el macho y este procede al lanzamiento del espermatóforo. El macho baja su vientre contra la superficie seleccionada y deposita el espermatóforo el cual se fija con el pedicelo a la superficie del sustrato. Posteriormente levantó las patas traseras y su metasoma expulsando el espermatóforo, quedando expuesto el flagelo, este comportamiento también es descrito por Ross (2009). En este estudio los machos en apareamiento observados utilizaron troncos con una superficie lisa para depositar el espermatóforo, esto puede indicarnos una preferencia de sustrato (Figura 36C).

Transferencia espermática: Posteriormente a la expulsión del espermatóforo, el macho hala a la hembra con movimiento bruscos de izquierda a derecha y de adelante hacia atrás insertando la parte superior del espermatóforo en la abertura genital de la hembra. Este proceso se logra a través de un espermatóforo estacionario que es flageliforme en forma y estructura (Figura 36D).

En este estudio la descripción sobre el comportamiento de cortejo y apareamiento permitió observar que estos procesos son similares a lo descrito por otros autores. El proceso de cortejo descrito anteriormente también ha sido mencionado por Ponce *et.al.* (2003), el cual hace una descripción de cortejo que incluye: aceptación de la hembra, agarre, balanceos y sacudimientos conocidos como “Male juddering” en inglés y “promenade a deux” en francés, la limpieza del terreno, seguido de un masaje queliceral “besuqueo”, expulsión y pegado del espermatóforo, finalmente la transferencia espermática. Estos patrones de cortejos son importantes para comprender más a fondo los patrones de filogenia, ecología, biología, evolución reproductiva y diversificación entre escorpiones, obteniendo un conocimiento preciso de la biología reproductiva y comportamientos asociados en escorpiones (Ross, 2009). En cada uno de los apareamientos el macho siempre iniciaba el cortejo. Cabe destacar que estos patrones de comportamiento también fueron observados en campo y realizados sobre la corteza de los árboles.

El cortejo se ha interpretado como un proceso necesario para que el macho localice y seleccione una superficie adecuada sobre la cual depositar el espermatóforo (Briseño & Bonilla, 2009). En el estudio de Alexander (1959), menciona que en la familia Buthidae existe un marcado dimorfismo sexual de los segmentos caudales en las hembras y los machos. Los machos en el cortejo se acercaban a las hembras y les agarraban repetidamente varios segmentos metasómicos. Además, este autor sugiere que los machos utilizan comportamientos de agarre para identificar los caracteres sexuales dimórficos de los segmentos metasómicos en las hembras.

También propone que las estructuras como las quelas, pedipalpos y segmentos metasómicos son importantes para el apareamiento y reconocimiento por parte de los machos de ambos sexos durante el cortejo.

Cuadro 4. Descripción del comportamiento sexual observado en *Centruroides* en los diferentes casos de estudios.

Caso de estudio	Descripción de los comportamientos
Caso 1: una hembra no grávida con un macho	La hembra no grávida mostró un comportamiento muy agresivo hacia el macho. Posteriormente la hembra asesinó al macho.
Caso 2: dos hembras no grávidas con un macho	Una de las hembras asesinó a la otra hembra. Sin embargo, estas no hicieron nada al macho. Posteriormente, se observó a la hembra viva realizando la danza que se da mediante el cortejo.
Caso 3: una hembra grávida con un macho	No se observó ningún tipo de comportamiento por parte del macho ni de la hembra
Caso 4: una hembra grávida con dos machos	La hembra presentó un comportamiento agresivo hacia los machos. La hembra grávida asesinó a ambos machos inyectándoles veneno.
Caso 5: dos hembras grávidas con un macho	Se observó comportamiento de cortejo por parte del macho exclusivamente hacia una de las hembras, a la cual persiguió al inicio del cortejo.

Caso 6: una hembra grávida, La hembra grávida asesinó a la hembra no una hembra no grávida y un grávida. Posteriormente la hembra grávida dio macho. a luz y el macho intentó comerse a sus crías y la hembra le inoculó veneno al macho como mecanismo de defensa y protección a sus crías.

4.12. Hábitat

Durante el período de estudio (febrero - abril) se colectaron escorpiones *Centruroides* en cuatro microhábitats diferentes. Estos microhábitats fueron caracterizados mediante la identificación del sustrato, tales como: cortezas de árboles (Figura 37A, 37B), troncos en descomposición (Figura 37C, 37D), suelo (Figura 37E) y roca (Figura 37F). No se encontraron escorpiones en otros microhábitats.

Del total de especímenes, se observaron 176 escorpiones en el sustrato corteza de árbol, 62 en troncos en descomposición, dos en el suelo y uno en roca (Cuadro 5) (Figura 16). Lourenco & Flórez, 1989; Gómez & Otero, 2007, también han registrado escorpiones *Centruroides* asociados a los microhábitats observados en esta investigación. La presencia de los escorpiones en los microhábitats registrados se debe a que los escorpiones no se distribuyen al azar dentro de un hábitat, sino principalmente en microhábitats específicos, en los cuales encuentran condiciones ambientales propicias para su desarrollo y donde pueden conseguir refugio, alimento y/o pareja (Polis, 1990; Álvarez, Gómez, Martínez, Mendoza & Ruiz, 2013).

El mayor número de individuos se registró durante los muestreos nocturnos (145) y el menor número de individuos se registró durante los muestreos diurnos (96). (Cuadro 5) (Figura 16). Cabe resaltar que los escorpiones observados durante los muestreos nocturnos se encontraban expuestos al sustrato corteza de árbol y los observados durante los muestreos diurnos se encontraban escondidos dentro y debajo de troncos en descomposición. Esto se debe a que los escorpiones son organismos de hábitos exclusivamente nocturnos y por lo tanto durante el día se ocultan de la luz. Autores como Montoya & Armas, en 2002, también han observado este comportamiento en escorpiones *Centruroides* en Panamá.

La corteza de árbol fue el sustrato más utilizado, seguido de tronco en descomposición; siendo los sustratos suelo y roca los menos utilizados por los escorpiones *Centruroides* observados en esta investigación. Ebrahimi, Azizi,

Moembellah, Fakoorziba & Soltani, en 2015, señalan que la preferencia y frecuencia con que se observan los escorpiones en ciertos microhábitats se debe a las condiciones biológicas óptimas necesarias para su refugio, reproducción y supervivencia.

Se observó una preferencia de árboles por parte de los escorpiones *Centruroides* que se colectaron en el sustrato corteza de árbol. Dentro de las especies de árboles identificadas se encontraron el espavé (*Anacardium excelsum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), mango (*Mangifera indica*), higo (*Ficus americana*), bala (*Gliricida sepium*), macano (*Diphysa americana*), guabo (*Inga thibaudiana*), sigua (*Ocotea veraguensis*) y cedro (*Cedrela odorata*). Cabe resaltar que la mayoría de estos árboles presentaban una corteza rugosa la cual facilita su movilización (Observación personal). McReynolds, 2008; 2009; 2012, en estudios sobre el uso de hábitat en Buthidae trabajados principalmente en especies de *Centruroides* sugiere que la vegetación es un microhábitat importante debido a que algunas especies vegetales representan mayor disponibilidad de presas; así mismo las grietas y cortezas de árboles son utilizadas como un posible refugio.

Cuadro 5. Microhábitats utilizados por escorpiones *Centruroides* observados en la Hacienda Ranatoro, Alanje, Chiriquí.

Microhábitats				
Muestreo	Tronco en descomposición	Corteza de árbol	Suelo	Roca
Diurno	42	2	1	0
Nocturno	20	174	1	1



Figura 16. Número de individuos observados por sustrato según muestreo.

Los escorpiones observados en los microhábitats mencionados anteriormente se encontraban en cercas vivas, parches de bosques secundarios y bajo vegetación nativa. Lucas & Meier (1990), mencionan que los bosques son los sitios donde los escorpiones viven principalmente, los cuales les permiten estar secos y a oscuras. Algunas áreas de la hacienda Ranatoro donde se llevó a cabo esta investigación presentan intervención antrópica (agricultura y ganadería), lo cual se considera un ambiente modificado. Esto hace que *Centruroides* sea considerado un organismo oportunista, el cual es caracterizado por gran número de crías, mucha versatilidad, alta plasticidad ecológica, varias camadas con una sola inseminación (tienen espermatecas) y gran densidad poblacional, lo cual se pudo evidenciar en esta investigación. Sin embargo, el área de estudio presenta aspectos como clima favorable, abundancia de alimento, diferentes tipos de vegetación, entre otros factores, que hacen de esta zona un sitio propicio para que estos organismos prosperen. Gómez & Otero (2007), señalan que las especies de escorpiones con una marcada plasticidad ecológica (especies oportunistas) serán las que sobrevivirán a una fuerte intervención antrópica, independientemente de que tengan toxinas que hacen perjudiciales sus venenos.

4.13. Dieta

A los escorpiones en estudio se les proporcionaron diferentes fuentes de alimento. La dieta que se suministró a los especímenes en cautiverio estuvo basada en las observaciones realizadas durante los muestreos y lo mencionado en la literatura consultada, con el fin de mantenerles una dieta estable. La dieta observada en campo consistió principalmente de lagartijas (Figura 38A), gusanos (Figura 38B), mantis (Figura 38C), grillos (Figura 38D), chinches (Figura 38E), saltamontes (Figura 38F), mariposas (Figura 38G), cucarachas (Figura 38H). La dieta proporcionada en cautiverio consistió únicamente en termitas, cucarachas, grillos, saltamontes, gusanos, mariposas y hormigas arrieras.

Para determinar la afinidad con la fuente de alimento proporcionada, se consideraron dos aspectos, la receptividad y el consumo de cada uno. Se registró una receptividad positiva con fuentes de alimento como cucarachas, grillos, saltamontes, gusanos, mariposas, hormiga arriera; mientras que al proveerles termitas la receptividad fue negativa (Cuadro 6).

En cuanto al consumo, se registró un consumo abundante de cucarachas, grillos y saltamontes, consumo regular de gusanos, mariposas y hormigas arriera y un consumo nulo de termitas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Receptividad y nivel de consumo con diferentes fuentes de alimentos en cautiverio.

Alimento	Receptividad	Consumo
Termitas	Negativa	Sin consumo
Cucarachas	Positiva	Abundante

Grillos	Positiva	Abundante
Saltamontes	Positiva	Abundante
Gusanos	Positiva	Regular
Mariposas	Positiva	Regular
Hormiga arriera	Positiva	Regular

El consumo de grillos, saltamontes, cucarachas, mariposas, gusanos, hormiga arriera resultó ser favorable debido a su textura suave, facilitando la trituración al masticar con sus quelíceros, además de ser ricos en nutrientes como las proteínas. A diferencia de lo mencionado anteriormente, el consumo de gusanos, mariposas y hormigas arrieras no fue tan abundante.

Las termitas abundan en gran cantidad en donde se colectaron los escorpiones, sin embargo, estas no resultaron provechosas para los escorpiones posiblemente por su pequeño tamaño y la rigidez de la celulosa contenida en la madera donde se encuentran. Sin embargo, autores como Gómez & Otero (2007), mencionan que la termita es una fuente de alimento de los escorpiones.

La dieta de los escorpiones estudiados indica que su alimentación se basa en insectos principalmente. Miranda *et al.* (2015), también han registrado el consumo de cucarachas, grillos, saltamontes, mariposas, hormiga arriera y gusanos por parte de escorpiones *Centruroides* en Panamá. Esto hace considerar a los escorpiones como eficientes controladores biológicos de estos organismos, obteniendo una gran importancia en los ecosistemas donde se desarrollen, especialmente en aquellos donde los insectos podrían convertirse en una plaga (Polis, 1990; Ponce *et al.*, 2006; Ponce & Francke, 2013; González-Sponga, 2016).

En condiciones de cautiverio se observaron casos de canibalismo, generalmente por parte de la hembra hacia el macho (Figura 39A) y en pocas ocasiones de parte de un macho hacia otro macho (Figura 39B). La hembra se comía principalmente la región ventral del prosoma y mesosoma, así como sus patelas. Esto sucedió especialmente en las hembras que se mantuvieron en estudio por un período superior a 20 días.

En este estudio, se observó que tanto las hembras como los machos *Centruroides* sujetaban e inoculaban veneno a la presa, para luego consumirla. Adicionalmente se observó que depredaban en solitario y expuestos sobre el sustrato.

Es necesario resaltar que los escorpiones solo se alimentan de animales vivos. Esto lo hacen capturando a sus presas con sus pedipalpos y los inmovilizan rápidamente al inyectarles veneno con su telson.

Se llevó a cabo una observación del aspecto de las heces en función del consumo de las fuentes de alimentos proporcionadas con la finalidad de conocer si la dieta proporcionada era adecuada. Se analizaron tres características principales en el aspecto de sus heces, color, forma y textura. Se observó heces de color blanco con

una textura sólida y una forma redondeada y segmentada (Cuadro 7) (Figura 40). El predominio de estas características en el aspecto de las heces indica que los alimentos consumidos estaban siendo asimilados correctamente.

Cuadro 7. Aspectos de las heces en relación con los alimentos consumidos.

Alimento	Color	Textura	Forma
Cucarachas	Blanco	Sólida	Redondeada y segmentada
Grillo	Blanco	Sólida	Redondeada y segmentada
Saltamontes	Blanco	Sólida	Redondeada y segmentada
Mariposas	Blanco	Sólida	Redondeada y segmentada
Gusanos	Blanco	Sólida	Redondeada y segmentada
Hormiga arriera	Blanca	Sólida	redondeada

4.14. Actividad superficial

Las actividades superficiales registradas se observaron únicamente durante los muestreos nocturnos, las cuales fueron básicamente caminando (Figura 41A), al acecho (Figura 41B), en reposo (Figura 41C) y solo en algunas ocasiones se observaron alimentándose expuestos sobre el sustrato (Figura 41D) (Cuadro 8). Sin embargo, durante los muestreos diurnos se les observó únicamente escondidos en troncos en descomposición. Polis, en 1990, señala que la actividad superficial está relacionada a una respuesta directa a la búsqueda de alimento y pareja.

Cuadro 8. Descripción de actividades observadas en hembras y machos *Centruroides* durante los muestreos nocturnos en campo.

Actividad	Descripción
Caminando	Caminando de un lado a otro, con los pedipalpos paralelos uno al otro hacia delante.
Acecho	Cuerpo sobre el sustrato, con patelas y pedipalpos extendidos, metasomas levantados.
Reposo	Cuerpo en contacto con el sustrato, metasoma y apéndices cercanos al cuerpo.
Alimentación	Captura de la presa con las quelas de los pedipalpos e inoculación de veneno con su telson.
Cortejo	Danza y caminata entre una hembra y un macho expuestos sobre el sustrato.

CAPÍTULO V
CONSIDERACIONES FINALES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con la información obtenida mediante observaciones, registros y análisis estadísticos se concluye que:

La mayor abundancia de escorpiones en la Hacienda Ranatoro se da en los meses de marzo y abril debido a que está relacionado con la época de apareamiento y reproducción (época seca).

Las hembras presentan cuerpos más pequeños, anchos y pesados, en comparación con los machos que presentan cuerpos más grandes y delgados.

El sistema reproductor de las hembras *Centruroides* presenta un oviútero con un par de espermatecas. El oviútero es apoicogénico.

El órgano reproductor del macho está formado por un hemiespermatóforo, que durante el cortejo se une para formar el espermatóforo

Los escorpiones hembras y machos *Centruroides* presentan características morfológicas y biométricas distintivas útiles para el dimorfismo sexual.

El análisis biométrico representa una herramienta útil para el reconocimiento de características distintas entre hembras y machos *Centruroides*.

Los escorpiones estudiados tienen fecundación indirecta. Este se debe a que los ovocitos son grandes y ricos en vitelo, su crecimiento se da en toda la pared ovárica del oviútero.

En el desarrollo embrionario de los escorpiones *Centruroides* se determinaron 17 estadios, identificándose cuatro etapas: gastrulación, organogénesis, diferenciación y crecimiento.

Las primeras pigmentaciones durante el desarrollo embrionario se dan en los quelíceros y el V segmento del metasoma.

En el parto de escorpiones *Centruroides* se identificaron cuatro pasos: dilatación del opérculo genital y movimiento de las lamelas marginales, apertura del opérculo genital, salida de las crías y subida de las crías al dorso de la madre. Durante el proceso de alumbramiento se observó la formación de una canasta empleando el primer par de patelas y flexionando las patas traseras sin tocar el sustrato.

Las crías al nacer presentan una membrana extraembrional, que al caer al sustrato se rompe. Estas crías tienen un cuerpo blando, ovalado y no presentan un desarrollo completo en las estructuras de los quelíceros, ni en el telson.

Las hembras *Centruroides* pueden parir un máximo de 62 y un mínimo de 36 crías.

Se evidenció que existe cuidado parental por parte de la hembra durante el primer estadio, hasta la primera muda.

Durante el cortejo se identificaron cuatro fases: reconocimiento del sitio y de la hembra, danza y besuqueo, expulsión y pegado del espermatóforo y transferencia espermática.

La presencia de los escorpiones en los microhábitats registrados indica que estos tienen preferencia por microhábitats específicos en los cuales encuentran condiciones ambientales propicias para su desarrollo y supervivencia como: disponibilidad de alimento, refugio.

La corteza de árbol fue el sustrato más utilizado debido a que este representa una mayor disponibilidad de presas. Además, las cortezas de árboles son utilizados como refugio para los escorpiones.

La dieta de los escorpiones se basa en insectos principalmente, por lo tanto, se pueden considerar controladores biológicos.

Los escorpiones estudiados se alimentan exclusivamente de animales vivos que obtienen mediante la captura e inculación de veneno a su presa. Estos depredan en solitario y expuestos sobre el sustrato.

La actividad superficial de *Centruroides* está asociada con la búsqueda de alimento y pareja, ya que ocurre únicamente durante la noche.

5.2 RECOMENDACIONES

Considerar la aplicación de análisis genéticos y moleculares en escorpiones *Centruroides* para conocer con exactitud las especies de este género.

Establecer comunicación con investigadores nacionales e internacionales para ampliar los conocimientos sobre estos organismos.

Realizar estudios toxicológicos sobre el veneno que poseen las especies de este género con el objetivo de aportar conocimientos en aspectos de salud preventiva.

Se recomienda realizar investigaciones sobre la biología de estos escorpiones para conocer cómo influyen en el control de insectos en sitios de cultivo.

Efectuar estudios comparativos de las poblaciones de escorpiones durante la época lluviosa y la época seca.

5.2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, A. 1959. Courtship and mating in the buthid scorpions. Proceedings of the Zoological Society 133(1): 25. <https://www.springer.com/journal/12595> consultado 25-2-2022.
- Álvarez, D., Gómez, D., Martínez, J., Mendoza, H. & Ruiz, S. 2013. Uso de microhábitat por escorpiones en un relicto de bosque seco tropical del Caribe colombiano. Revista Colombiana de Entomología 39 (2): 4. <https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/> consultado 15-4-2022.
- Armas, L. 1980. Aspecto de la biología de algunos escorpiones cubanos. Primera edición, Editorial La Habana, 28 págs.
- ANAM, 2010. Atlas Ambiental. Primera edición, Editora Novo Art, 190 págs.
- Baldiviazo-Monsivaiz, J., Ponce-Saavedra, J. & Flores-Moreno, M. 2013. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* de importancia médica (Scorpiones: Buthidae) del estado de Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 17. <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/index.php./es/inicio/> consultado 4-3-2022.
- Benton, T. 2001. Reproduction and parental care in the scorpion, *Euscorpilus flavicaudis*. Behaviour 117: 1-9. www.yumpu.com consultado 8-2-2022.
- Borges, A., Miranda, M & de Patiño, H. 2011. Los escorpiones y el escorpionismo en Panamá. Primera edición, Editora Novo Art, Colombia, 31 págs.
- Borges, A., Miranda, R. & Pascale, M. 2012. Scorpionism in Central America, with special reference to the case of Panama. Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases 2(18): 130-143. www.jvat.org consultado 15-3-2022.
- Briseño, R., & Bonilla, F. 2009. Substrate vibrations in the scorpion *Centruroides margaritatus* (Scorpiones: Buthidae) during courtship. Biología Tropical 1(57): 9. <https://revistas.ucr.cr/index.php/rbt> consultado 8-5-2022.
- Carlson, B., McGinley, S. & Rowe, M. 2014. Meek Males and Fighting Females: Sexually-Dimorphic Antipredator Behavior and Locomotor Performance Is Explained by Morphology in Bark Scorpions (*Centruroides vittatus*). Plos One 5(9): 8. www.plosone.org consultado 12-6-2022.
- Catterall, W. 1976. Purification of a Toxic Protein from Scorpion Venom Which Activates the Action Potential Na⁺ Ionophore. The Journal of Biological Chemistry 251 (18): 9. <https://jbc.org> consultado 15-3-2022.
- Conde, R., Zamudio, F. Z., Rodríguez, M. H. & Possani, L. D. 2000. Scorpine, an anti-malaria and anti-bacterial agent purified from scorpion venom. FEBS letters 471: 4. <https://febs.onlinelibrary.wiley.com> consultado 17-2-2022.

- Davison, A., Brown, T. & Arrivillaga, C. 2020. Notes on the diet and reproduction of the bark Scorpion *Centruroides gracilis* (Scorpiones: Buthidae) on Utila Island, Honduras. *Euscorpius* 314: 9. <https://mds.marshall.edu/euscorpius/> consultado 3-4-2022.
- Dupré, G. 2008. Des scorpions et des hommes: Une histoire de la scorpionologie de l'antiquité à nos jours. Primera edición, Editorial Editions Arachnide, Francia.
- Ebrahimi, M., Azizi, K., Moembellah, M. Fakoorziba, M. & Soltani, A. 2015. Morphometry Indices of the Black Fat-tailed Scorpion *Androctonus crassicauda* (Scorpiones Buthidae), from Fars Province, Southern Iran. *Journal of Entomology* 12(1): 11. www.academicjournals.com consultado 15-3-2022.
- Fet, V., Sissom, G., Lowe, G. & Braunwalder, M. 2000. Catalog of the scorpions of the World (1758-1998). Primera edición, Editorial The New York Entomological Society, 690 págs.
- Flórez, E. 2001. Escorpiones de la Familia Buthidae (Chelicerata: Scorpiones) de Colombia. *Biota Colombiana* 1(2): 1-6. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota> consultado 12-5-2022.
- Francke, O. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Mexicana de Biodiversidad* 85: 1-11. <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/index.php/.es/inicio/> consultado 14-3-2022.
- Frost, L., Butler, D., O'Dell, V., & Fet, V. 2001. A coumarin as a fluorescent compound in Scorpion cuticle. En Fet, V., & Selden, P. (Eds.). *Scorpions*. (pp. 365-368). Huntington, Estados Unidos: Editorial British Arachnological Society
- Germain, M. 2007. Los escorpiones: especies, comportamiento, reproducción, alimentación y cuidados. Primera edición, Editorial VECCHI, S.A.U, Estados Unidos, 94 págs.
- Gómez, J. & Otero, R. 2007. Ecoepidemiología de los escorpiones de importancia médica en Colombia. *Facultad Nacional Salud Pública* 25(1): 50-60.
- González-Santilán, E. 2004. Diversidad, taxonomía y hábitat de alacranes. En: García Aldrete, A. & Ayala R. (Editores). 2004. *Artrópodos de Chamela*. Primera edición, Chamela, México, págs. 25-35.
- González-Sponga, M. 2016. Escorpiones, características, distribución geográfica y comentarios generales. En: *Emergencias por animales ponzoñosos en las Américas*. Primera edición, Editorila Dicresa, SA de CV, Instituto Bioclon, México.
- Guzmán, V. 2015. *Ciclo de vida y estructura poblacional de Centruroides ornatus Pocock 1902 (Scorpiones: Buthidae) en la cuenca de Cuitzeo*. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.
- Humboldt, C. & Fernández, P. 2021. Análisis morfológico y morfométrico de *Tityus (Tityus) sorataensis* Kraepelin 1911 (Escorpionida: Buthidae) de dos valles mesotérmicos

- andinos, Quime y Cheje, La Paz-Bolivia. *Journal of the Selva Andina Research Society* 12(1): 18. <http://ucbconocimiento.ucbcba.edubo./index.php/jsars> consultado 15-3-2022
- Laurie, M. 1890. *Memoirs: The Embryology of a Scorpion (Euscorpium italicus)*. *Journal of Cell Science*, 2(122), 105-142. Consultado <https://journals.biologists.com/jcs/article/s2-31/122/105/62147/Memoirs-The-Embryology-of-a-Scorpion-Euscorpium> consultado 18-3-2022.
- Laurie, M. 1896. *Notas en la anatomía de algunos escorpiones, y su relación con la clasificación de la orden*. *Ann Mag Nat Hist 6th Ser* 17: 187 – 195. <https://www.tandfonline.com/> Consultado 15-3-2022.
- Pavlovsky, E. N. 1925. *Zur morphologie des weiblichen Genitalapparates und zur Embryologie der Skorpione*. *Annuaire du Musée Zoologique de l'Académie des Sciences d'URSS*, 26: 168. 25-1-2022.
- Lira, A., Araujo, J., Rego, F., Foerster, S. I., & Albuquerque, C. 2021. *Habitat heterogeneity shapes and shifts scorpion assemblages in a Brazilian seasonal dry tropical forest*. *Journal of Arid Environments*, 186: 7. www.elsevier.com/locate/jaridenv consultado 3-4-2022.
- Lourenço, W. 2000. *Reproduction in scorpions, with special reference to parthenogenesis*. *European Society of Arachnology* 12. <https://www.european-arachnology.org> consultado 8-5-2022.
- Lourenço, W. & Cuellar, O. 1994. *Notes on the geography of parthenogenetic scorpions*. *Biogeographica* 70 (1): 4. www.springer.com consultado 16-3-2022.
- Lourenco, W.; Flórez, E. 1989. *Los escorpiones (Chelicerata) de Colombia. I. La fauna de la Isla Gorgona. Aproximación biogeográfica*. *Caldasia* 16 (76): 5. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal> consultado 15-3-2022.
- Lourenco, W. & Flórez E. 1990. *Scorpions (Chelicerata) de Colombie. Biogéographie et diversité biologique des scorpions de Colombie, avec des commentaires sur les refuges quaternaires*. *Biogeographica*, 66(2): 9. www.springer.com consultado 26-3-2022.
- Lourenço, W., & Méndez, E. 1983. *Inventario preliminar sobre la fauna de escorpiones de Panamá, con algunas consideraciones taxonómicas y biogeográficas*. *Biología Tropical*, 32 (1): 9. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24845> consultado 14-5-2022.
- Lowe, G., Kutcher, S., & Edwards, D. 2003. *A powerful new light source for ultraviolet detection of scorpions in the field*. *Euscorpium*, 8, 7. <https://mds.marshall.edu/euscorpium/> consultado 26-1-2022.

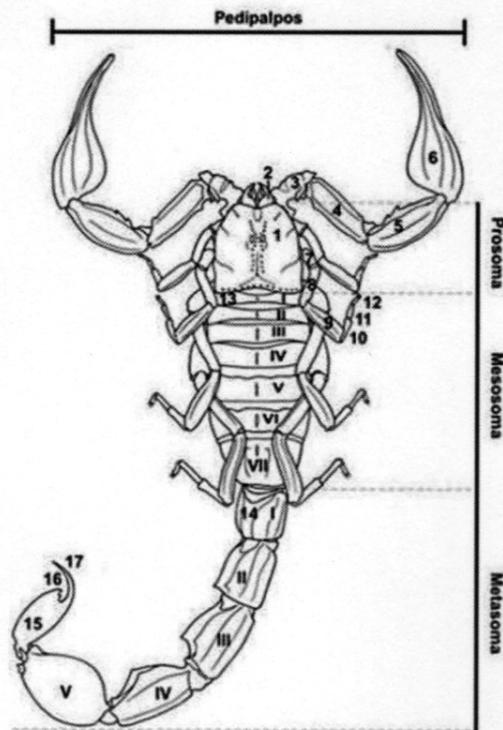
- Lucas, S. & Meier, J. 1995. Biology and distribution of Scorpions of medical importance. Primera edición, Boca Ratón: CRC Press, Brasil, 205 págs.
- Mariategui, P. & Urretabizkaya, N. 2007. Revista del Colegio de Médicos Veterinarios de la provincia de Santa Fe 25(183):31-33. www.produccion-animal.com.ar consultado 8-6-2022.
- McReynolds, C. 2008. Microhabitat preferences for the errant scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). The Journal of Arachnology, 36: 8. <https://bioone.org> consultado 23-6-2022.
- McReynolds, C. 2009. The effects of prey availability and scorpion size on the foraging behavior of the scorpion, *Centruroides vittatus*. The Journal of Arachnology 7. <https://bioone.org> consultado 23-6-2022.
- McReynolds, C. N. 2012. Ontogenetic shifts in microhabitat use, foraging and temporal activity for the striped bark scorpion *Centruroides vittatus* (Scorpiones: Buthidae). Euscorpius, 144: 8. <https://mds.marshall.edu/euscorpius/> consultado 23-6-2022.
- Ministerio de Salud. 2016. Guía para el abordaje integral de la picadura de escorpión (alacrán) en Panamá. Primera Edición, Panamá, 77 págs.
- Miranda, R. & de Armas, L. 2020. Una nueva especie de *Ananteris* (Scorpiones: Buthidae) de Panamá. Euscorpius 297: 7. <https://mds.marshall.edu/euscorpius/> consultado 15-3-2022.
- Miranda, R., Bermúdez, S., Cleghorn, J. & Cambra, R. 2015. Presas de escorpiones (Arachnida: Scorpiones) de Panamá, con observaciones sobre el comportamiento de depredación. Ibérica de Aracnología 27: 10. <http://www.sea-entomologia.org> consultado 5-4-2022
- Miranda, R., Murgas, D., Murgas, I. & de Armas, L. 2014. Sobre la presencia de *Centruroides margaritatus* e *Isometrus maculatus* en Panamá (Scorpiones: Buthidae). Ibérica de Aracnología 25: 15–19. <http://www.sea-entomologia.org> consultado 21-4-2022.
- Monge Nájera, J. 2019. Scorpion body size, litter characteristics and duration of the life cycle (Scorpiones). UNED Research Journal 2(11) 3. <https://revistas.uned.ac.cr> consultado 15-4-2022.
- Monod L., Cauwet L., González E. y Huber S., 2017. El aparato sexual masculino en el orden Scorpiones (Arachnida): un estudio comparativo de la morfología funcional como herramienta para definir hipótesis de homología. Frontiers in Zoology 14, 51. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5699194/> Consultado 26-3-2022.
- Montoya, M. & F. de Armas, L. 2002. Escorpiones (Arachnida) del Archipiélago de Bocas del Toro, Panamá. Biología Tropical 50(1): 6. <https://biologiatropical.ucr.ac.cr> consultado 15-4-2022.

- Morales, J. 2019. Color y veneno: desmitificando a los escorpiones. *Revista De Biología Tropical* 2. <https://biologiatropical.ucr.ac.cr> consultado 27-3-2022.
- Past versión 4.03. Hammer, Harper & Ryan, 2001
- Peretti, A. 1991. Comportamiento de apareamiento de *Zabius fuscus* (Thorell) (Buthidae, Scorpiones). *Biotaxa* 62: 24. <https://www.biotaxa.org/> consultado 15-5-2022.
- Peretti, A. 1995. Structure and function of the hemispermaphore and spermatophore of *Bothriurus flavidus* Kraepelin (Scorpiones, Bothriuridae). *Zoology Biodiversity Heritage* 78: 9. <https://www.biodiversitylibrary.org/> consultado 4-6-2022.
- Peretti, A., 1996. Análisis del comportamiento de transferencia espermática de *Bothriurus flavidus* Kraepelin (Scorpiones, Bothriuridae). *Zoology Biodiversity Heritage*. <https://www.biodiversitylibrary.org/> consultado 15-4-2022.
- Peretti A. V., (2014). Selección sexual en especies neotropicales: reglas y excepciones. Páginas. 33-52. *Neotrópicos*. Prensa académica de Elsevier.
- Pocock, R. 1902. *Arachnida: Scorpiones, Pedipalpi and Solifuges*. Segunda edición, Editorial Forgotten Books, Inglaterra, 130 págs.
- Polis, G. 1990. *The biology of Scorpions*. Stanford University Press, Estados Unidos, 587 págs.
- Polis, G. & Sissom W. 1990. *Life History. The Biology of scorpions*. Stanford University Press, Estados Unidos, 587 págs.
- Ponce, J. & Francke, O. 2013. Clave para la identificación de especies de alacranes del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el Centro Occidente de México. *Biológicas* 15(1): 52–62. www.biologicas.umich.mx consultado 8-5-2022
- Ponce, J., Francke, O. & Suzán, H. 2006. Actividad superficial y utilización del hábitat por *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke (Scorpiones: Buthidae). *Biológicas*, 8. www.biologicas.umich.mx consultado 17-3-2022
- Ponce, J., Moreno, R. & Miranda, P. 2003. Cortejo y comportamiento de apareamiento de *Centruroides* sp. nov. (Scorpiones: Buthidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 5. <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/index.php./es/inicio/> consultado 16-3-2022.
- Quintero, D. & Esposito, L. 2014. A new species of *Centruroides* Marx (Scorpiones: Buthidae) from Panama and new distribution records for *Centruroides bicolor* (Pocock, 1898) and *Centruroides granosus* (Thorell, 1876). *Zootaxa* 3795 (3): 373–382. www.mapress.com/zootaxa/ consultado 8-3-2022.
- Rincón-Cortés, C, Reyes-Montaña, É, & Vega-Castro, N. 2017. Purificación parcial de péptidos presentes en el veneno del escorpión *Tityus macrochirus* (Buthidae) y

- evaluación preliminar de su actividad citotóxica. *Biomédica* 37(2): 12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=843509810114> consultado 24-1-2022.
- Ross, L. 2009. Notes and observations on courtship and mating in *Tityus (Atreus) magnimanus* POCOCK, 1897 (Scorpiones: Buthidae). *Journal of Venomous Animal Toxins including Tropical Diseases* 1(15): 11. <https://www.jvat.org> consultado 6-3-2022.
- Salazar, M. H., Arenas, I., Corrales-García, L. L., Miranda, R., Vélez, S., Sánchez, J., Mendoza, K., Cleghorn, J., Zamudio, F.Z., Castillo, A., Possani, L.D., Corzo, G. & Acosta, H. 2018. Venoms of *Centruroides* and *Tityus* species from Panama and their main toxic fractions. *Toxicon*, 141, 9. www.elsevier.com/locate/toxicon consultado 16-5-2022.
- Saldarriaga, M & Otero, R. 2000. Los escorpiones: aspectos ecológicos, biológicos y toxinológicos. MEDUNAB 7(3):1-17. <https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab> consultado 13-2-2022.
- Tallarovic, S., Melville, J. & Brownell, P. 2000. Courtship and mating in the giant desert hairt Scorpion, *Hadrurus arizonensis* (Scorpionida, Luridae). *Journal Insect Behavior*: 13 (6):11. www.springer.com consultado
- Téllez-Fuentes, E., Rodríguez-Ravelo, R. & López-Miclín, Y. 2016. Evaluación de la reproducción de la especie de *Centruroides gracilis* en el criadero en cautiverio. *Hombre, Ciencia y Tecnología* 1(20): 9. <http://portal.amelica.org> consultado 24-5-2022.
- Teruel, R. & Cozijn, M. 2011. A checklist of the scorpions (Arachnida: Scorpiones) of Panama, with two new records. *Euscorpius* 133: 1-9. <https://mds.marshall.edu/euscorpius/> consultado 7-3-2022.
- Teruel, R. & Melic, A. 2015. Orden Scorpiones. *Idea Ibero Diversidad Entomológica* 18: 1-17. <http://sea-entomologia.org/IDE@/> consultado 24-2-2022.
- Teruel R. & Stockwell, S. 2002. A revision of the scorpion fauna of Honduras, with the description of a new species (Scorpiones: Buthidae, Diplocentridae). *Revista Ibérica de Aracnología* 6. http://sea-entomologia.org/PDF/RIA_6/R06-011-111.pdf
- Ugolini, A., Carmignani, I. & Vannini, M. 1986. Mother-young relationship in *Euscorpius*: Adaptive value of larval permanence on the mother's back (Scorpiones: Chactidae). *Journal of Arachnologie* 14: 4. <https://bioone.org> consultado 21-5-2022.
- Outeda, S., Mello T., & Pinto R. 2009. Tamaño de la camada, efectos del cuerpo materno tamaño y fecha de nacimiento en escorpiones sudamericanos (Arachnida, Scorpiones). *zoología*, 26: 43-53.

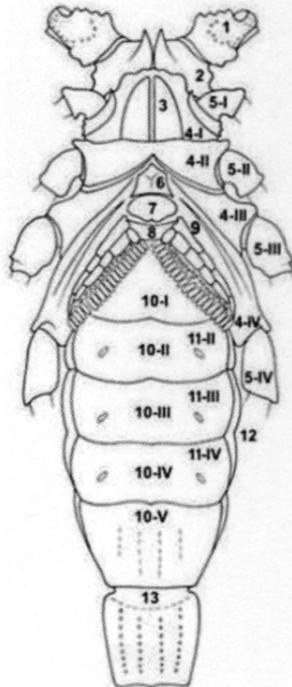
- Vachon, M. 1952. Étude sur les scorpions. Editorial: Editorial: Institut Pasteur d'Algérie, pags 471-478. <https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/vachon.php> consultado 15-3-2022.
- Vannini, M., Balzi, M., Becciolini, A., Carmignani, I. & Ugolini, A. 1985. Water exchange between mother and larvae in scorpions. *Experientia* 41. www.springer.com consultado 9-6-2022.
- Viquez, C. 1999. Escorpiones de Costa Rica. Primera edición, INBio, Costa Rica, 84 págs.
- Villacide, J. & Masciocchi, M. 2012. Aspectos básicos de la biología de alacranes. Alacranes. Séptima edición, Editorial INTA EEA BARILOCHE, Argentina, 9 págs.
- Volschenk, E.S., Mattoni, C.C., & Prendini, L. 2008. Comparative anatomy of the mesosomal organs of Scorpions (Chelicerata, Scorpiones), with implications for the phylogeny of the order. *Zoological Journal of the Linnean Society* 154: 24. <https://academic.oup.com/zoolinnea> consultado 12-6-2022.
- Williams, S. 1969. Birth activities of some north american Scorpions. *California Academy of Sciences* 1(37): 24. <https://clademy.org/scientists/scientific-publications> consultado 16-6-2022.

ANEXOS



Vista dorsal.

1. Prosoma.
2. Quelíceros.
3. Trocánter del pedipalpo.
4. Fémur.
5. Tibia.
6. Quela.
7. Trocánter de las patas.
8. Fémur.
9. Tibia.
10. Pretarso.
11. Basitarso.
12. Telotarso.
13. Mesosoma (Tergitos I a VII).
14. Segmentos caudales I a V.
15. Telson.
16. Tubérculo subacuclear.
17. Aculeo.



Vista ventral.

1. Trocánter del pedipalpo.
2. Coxa de los pedipalpos.
3. Procesos maxilares.
4. I a IV coxas de las patas ambulatorias.
5. I a IV trocánteres de las patas ambulatorias.
6. Esternón.
7. Opérculo genital.
8. Placa pectínea.
9. Lamelas marginales.
10. Esternitos I a V.
11. Estigmas II a IV.
12. Pleura.
13. Segmento caudal I.

Figura 17. Características morfológicas (A-B): A. Vista dorsal B. Vista ventral. Tomado de González-Sponga, 2016.

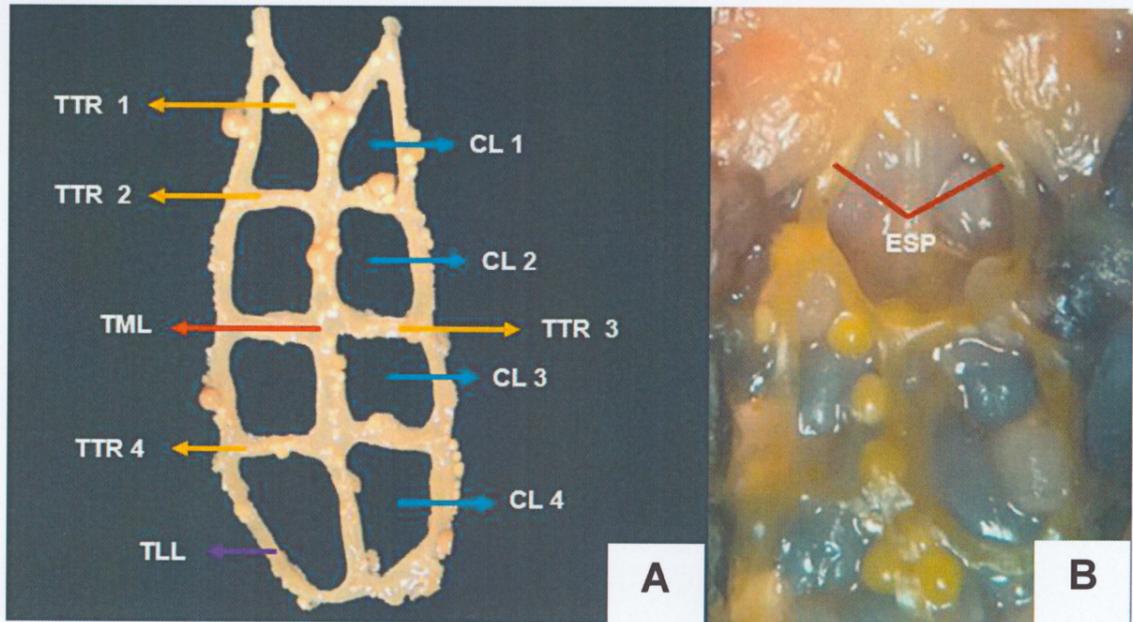


Figura 18. A-B. Sistema genital femenino: A. Ovariútero: túbulos transversales (TTR), túbulos mediales longitudinales (TML), túbulos longitudinales lateral (TLL), células laterales (CL) B. Espermateca (ESP).

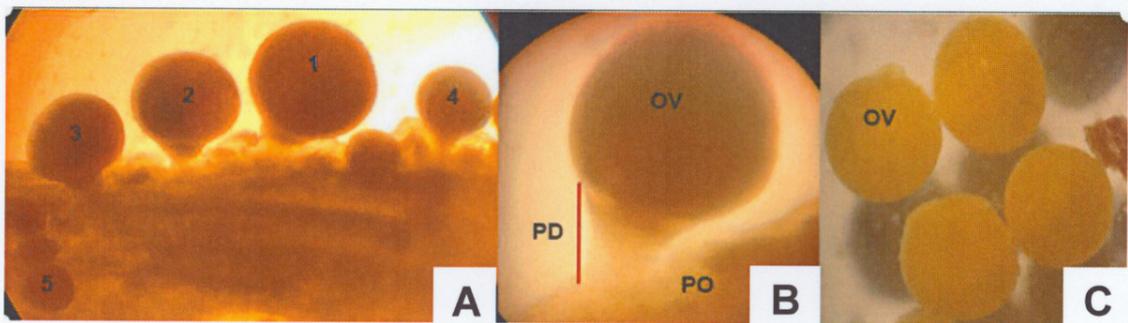


Figura 19. Ovocito: A. Ovocitos de distintas etapas de desarrollo B. Morfología del ovocito (OV), Pedicelo (PD) y pared del ovocito (PO). C. Ovocitos de color amarillo, ricos en vitelo



Figura 20. Ovocitos y embriones (A-B): A. Ovocitos dispuestos en racimo de uvas B. Embriones dentro de la membrana vitelina.

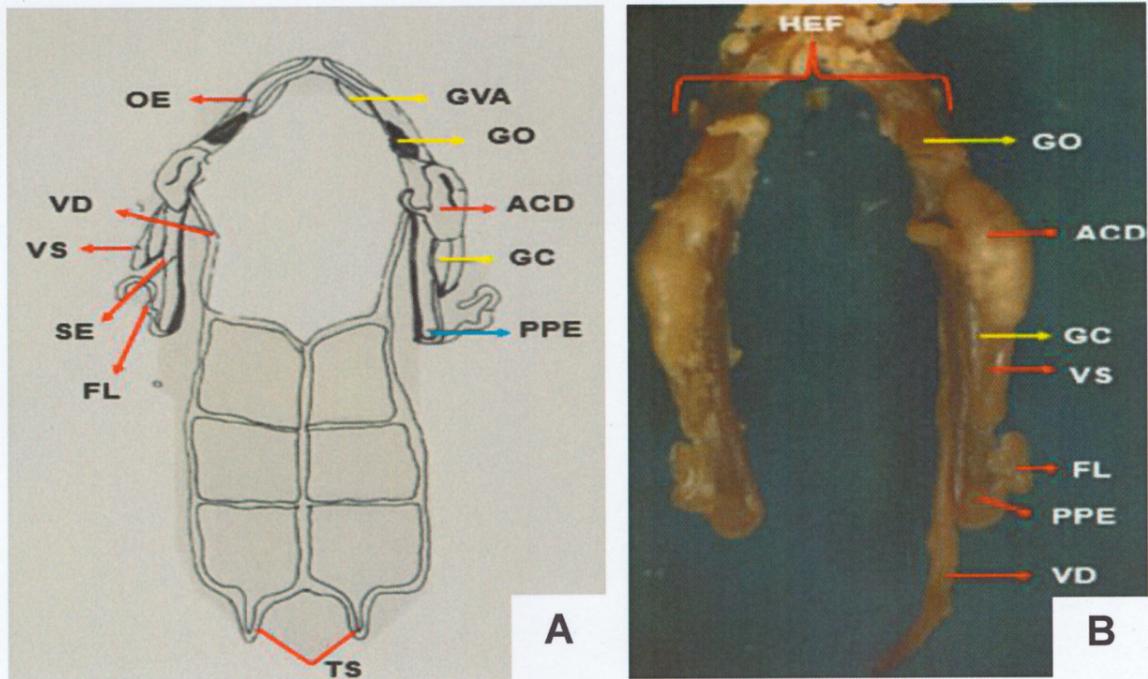


Figura 21. Sistema genital masculino (A-B): A. Espermatóforo: glándula ventral anexa (GVA), glándula oval (GO), ampolla del conducto deferente (ACD), glándula cilíndrica (GC), proceso posterior del eje (PPE), órgano eyaculador (OE), vasos deferentes (VD), vesícula seminal (VS), saco eyaculador (SE), flagelo (FL) y testículos (TS) B. Hemiespermatóforo (HEF).

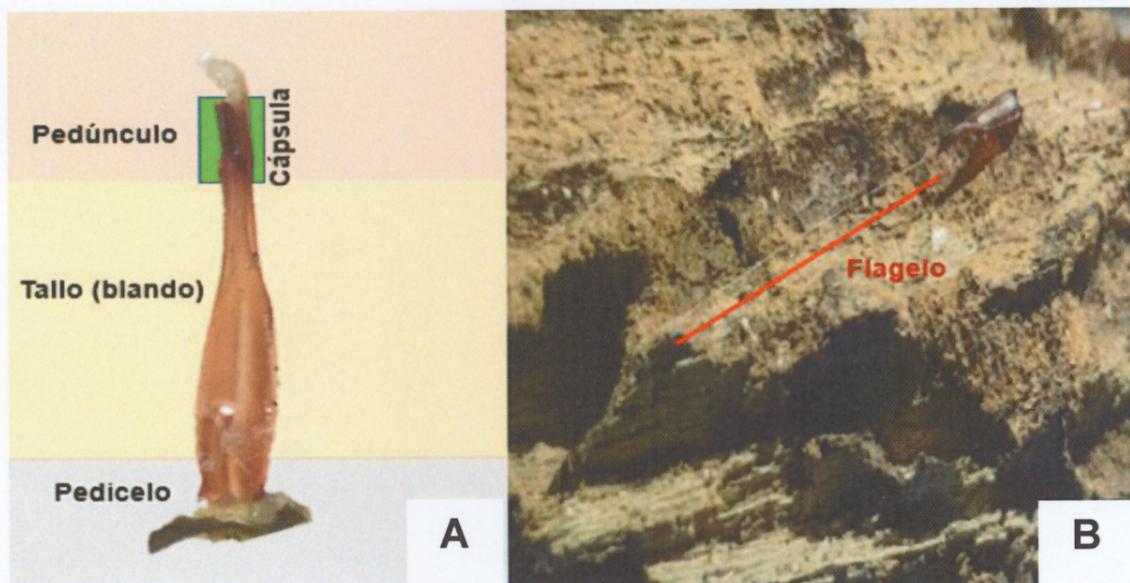


Figura 22. Espermatóforo: A. Partes del espermatóforo (pedúnculo, cápsula, tallo y pedicelo) B. Espermatóforo con flagelo sobre el sustrato.

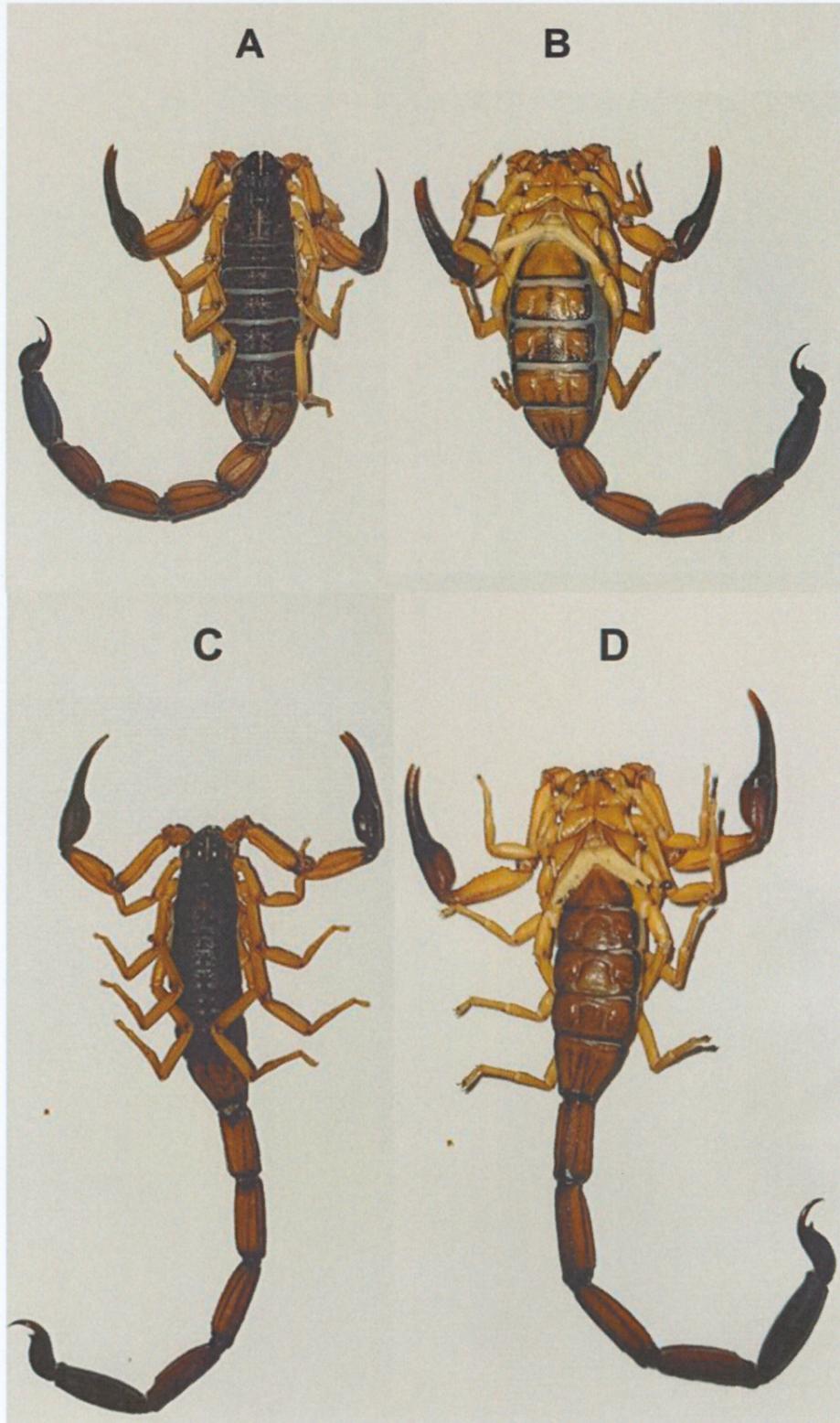


Figura 23. Dimorfismo sexual en *Centruroides*: A. Vista dorsal en hembra B. Vista ventral en hembra C. Vista dorsal en macho D. Vista ventral en macho.

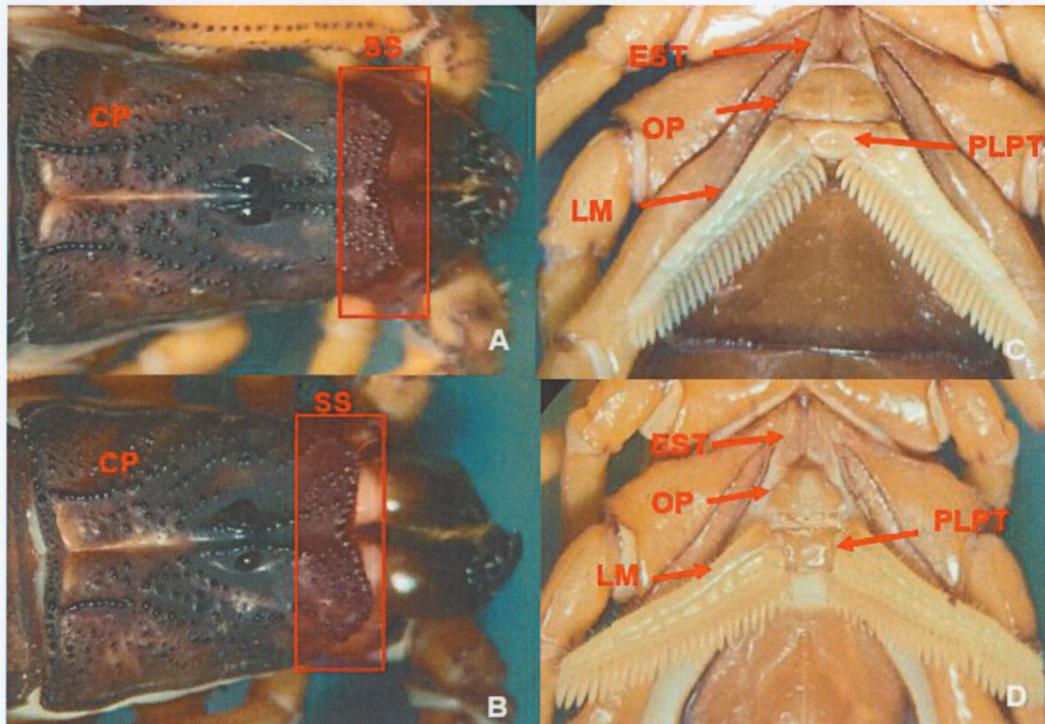


Figura 24. Características del prosoma de *Centruroides* (A-D): A. Caparacho de la hembra. B. Caparacho del macho. C. Esternón, opérculo genital, placa pectínea y lamelas marginales de la hembra. D. Esternón, opérculo genital, placa pectínea y lamelas marginales del macho

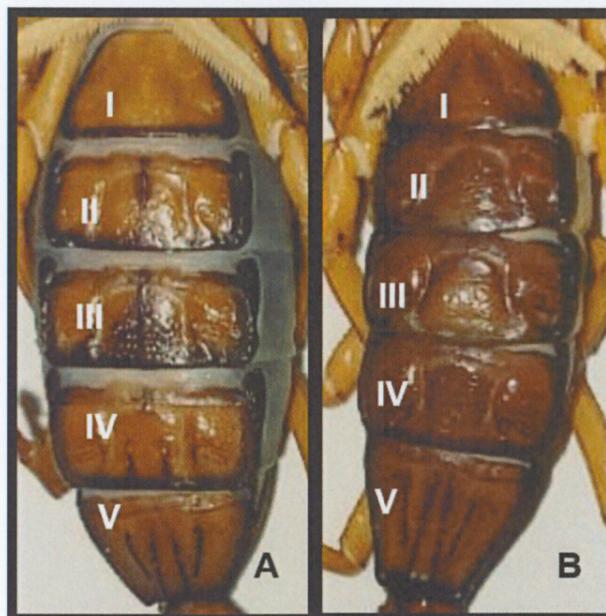


Figura 25. Características distintivas del mesosoma en *Centruroides* (A-B): A. Esternitos (I, II, III, IV y V) en Hembra B. Esternitos en machos (I, II, III, IV y V).

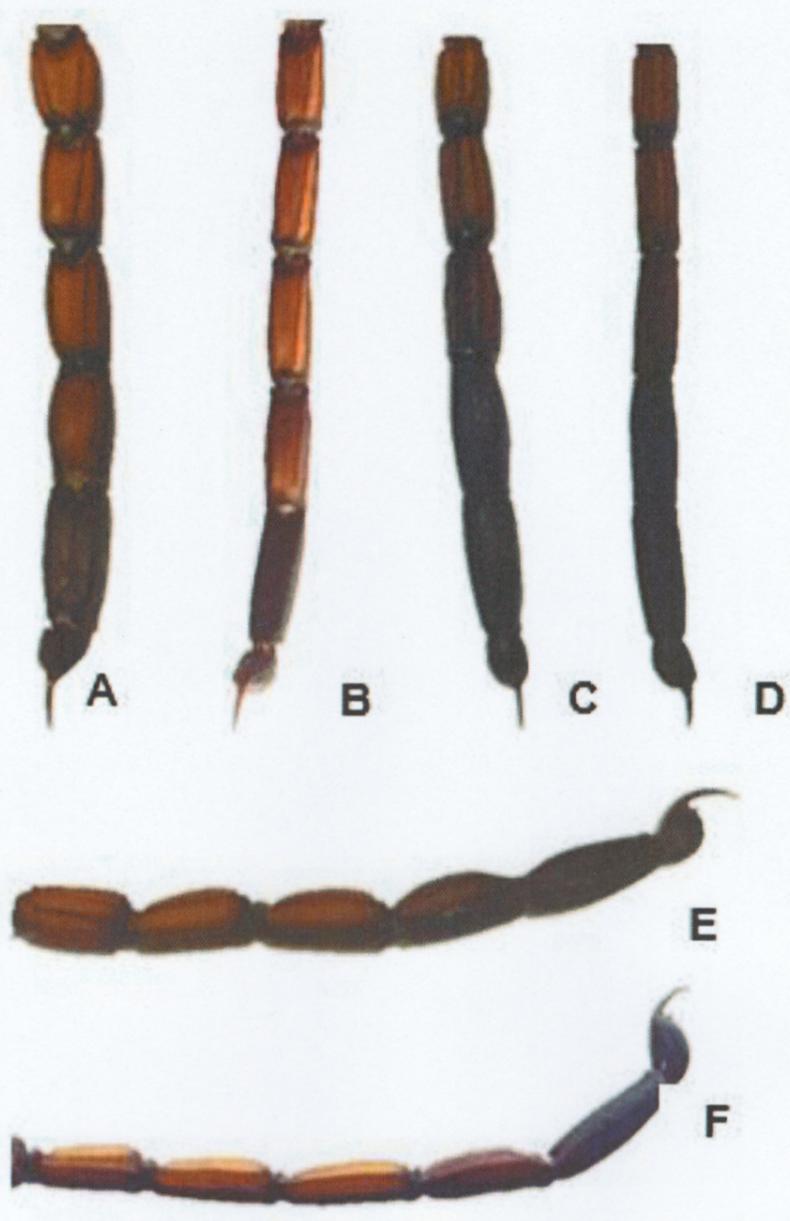


Figura 26. Metasoma en *Centruroides* (A-F): A. Vista dorsal del metasoma de la hembra B. Vista dorsal del metasoma del macho C. Vista ventral del metasoma de la hembra D. Vista ventral del metasoma del macho E. Vista lateral del metasoma lateral de la hembra F. Vista lateral del metasoma lateral del macho.



A



B

Figura 27. Telson en *Centruroides* (A-B): A. Telson en hembras B. Telson en machos.



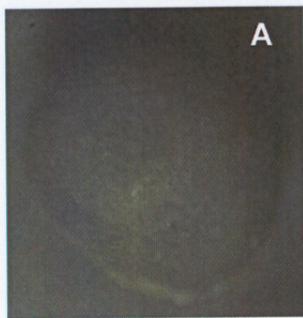
A



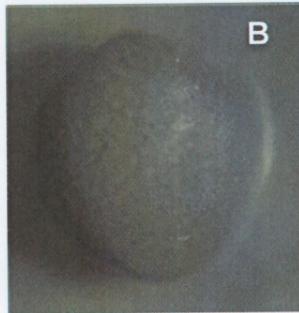
B

Figura 28. Quelas en *Centruroides* (A-B): A. Quela de la hembra B. Quela del macho.

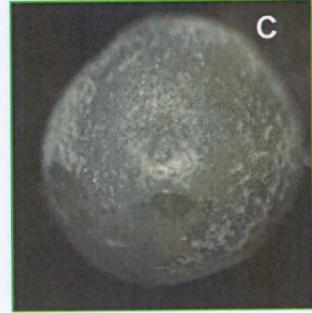
Estadio 1



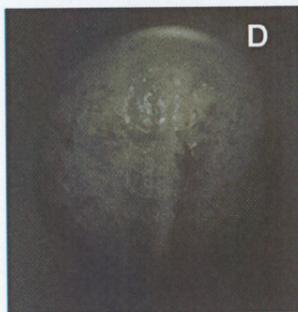
Estadio 2



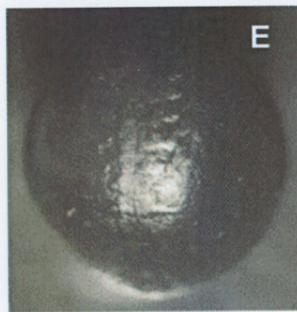
Estadio 3



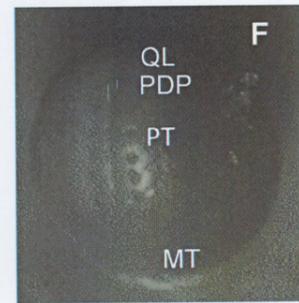
Estadio 4



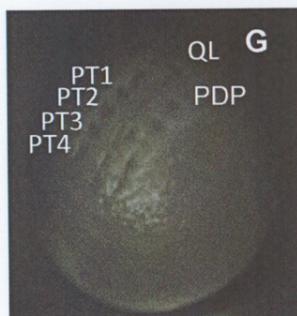
Estadio 5



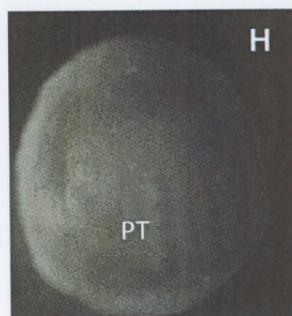
Estadio 6



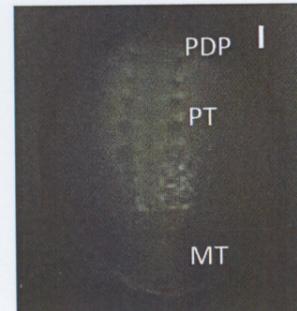
Estadio 7



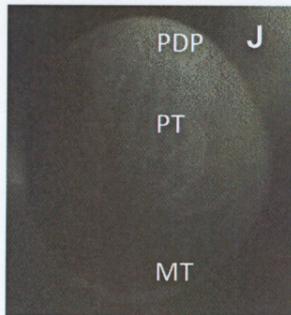
Estadio 8



Estadio 9



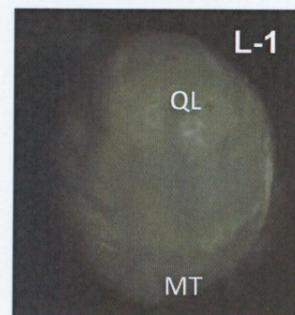
Estadio 10



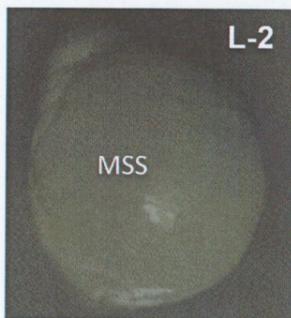
Estadio 11



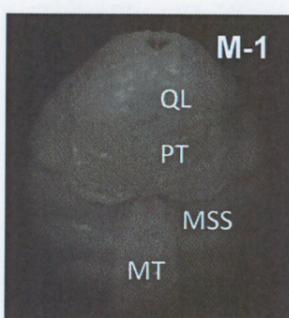
Estadio 12



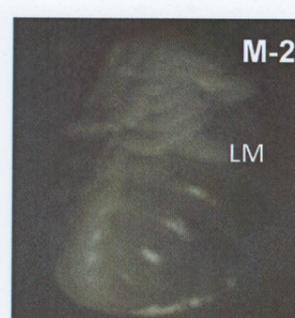
Estadio 12



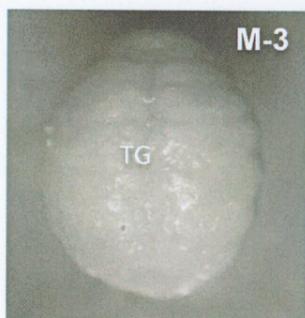
Estadio 13



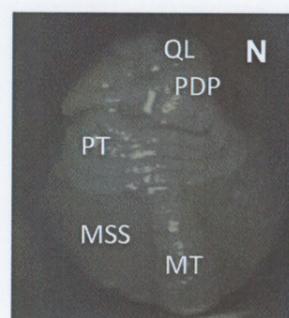
Estadio 13



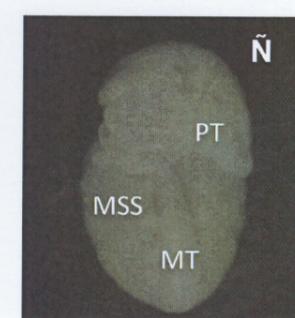
Estadio 13



Estadio 14



Estadio 15



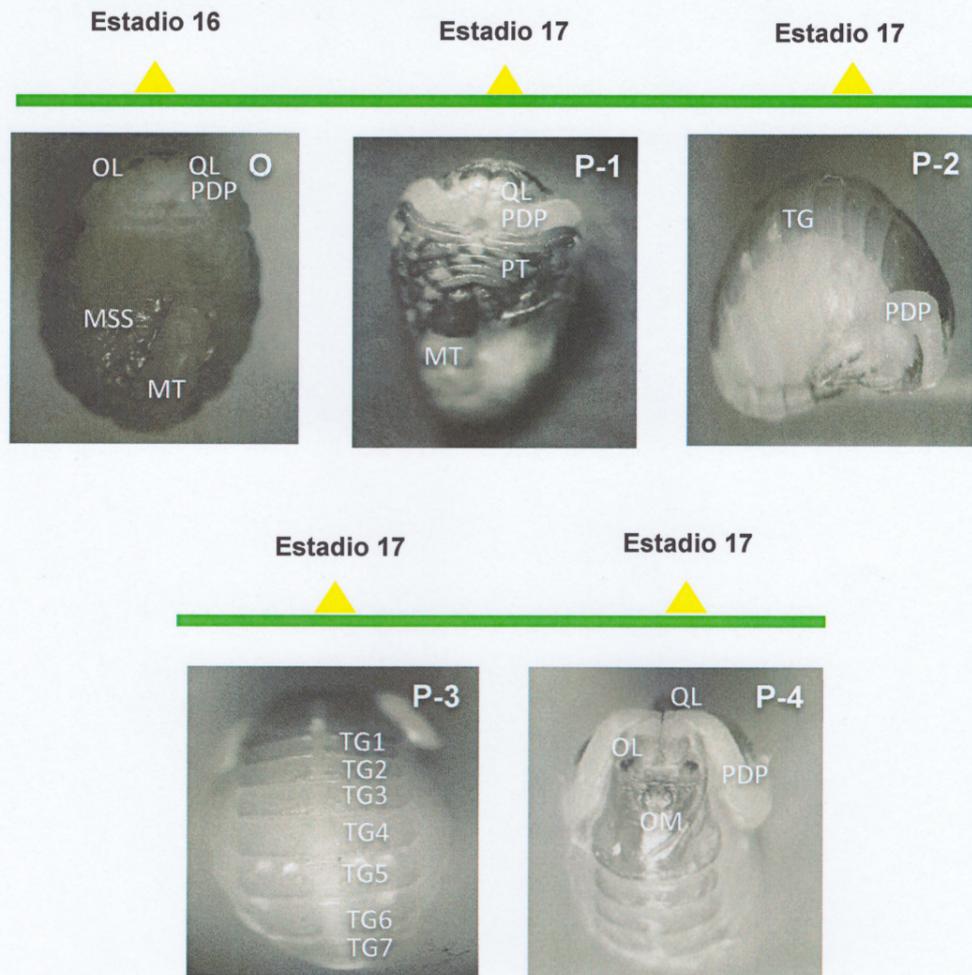


Figura 29. Desarrollo embrionario del escorpión *Centruroides* (A-P): A-D. Gastrulación (Estadio 1,2,3,4) E. Organogénesis más evidente (Estadio 5) F. Primera formación de los pedipalpos (PDP), patelas (PT) y metasoma (MT) (Estadio 6) G. Formación de los quelíceros (QL), alargamiento de los pedipalpos (PDO), patelas (PT) y los segmentos del metasoma (MT) (Estadio 7). H. Separación de las patelas (Estadio 8) I. Diferenciación y alargamiento de los pedipalpos, las patelas y los segmentos del metasoma (Estadio 9) J. Diferenciación y crecimiento en todo el cuerpo (Estadio 10) K. Alargamiento del prosoma, mesosoma y metasoma (Estadio 11). L. Pigmentación de los quelíceros (Estadio 12-1), membrana extraembrional evidente en el mesosoma (Estadio 12-2). M. Crecimiento del mesosoma (MSS) y el metasoma (MTS) más evidente (Estadio 13-1, 13-2, 13-3) N. Diferenciación de las estructuras corporales más evidente (Estadio 14) Ñ. Segmento V del metasoma pigmentado (Estadio 15) O. Pigmentación de los ojos laterales (OL) (Estadio 16) P. Pigmentación de las patelas y tergitos (TG); pigmentación más evidente en los quelíceros (QL), ojos laterales (OL) y ojos medio (OM) y metasoma (Estadio 17: vista ventral 17-1, vista dorsal 17-2, 17-3, vista lateral 17-4).

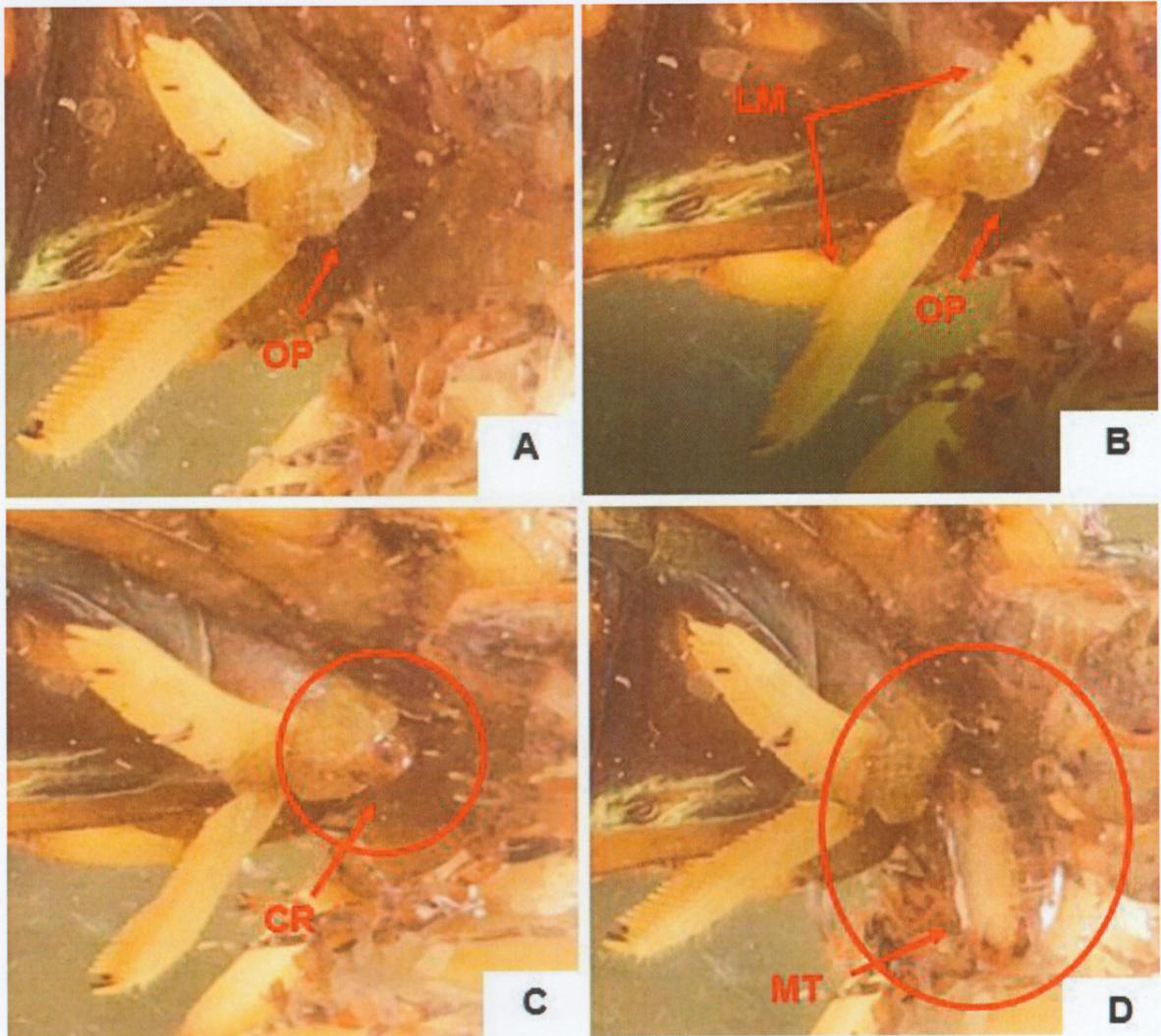


Figura 30. Parto observado en *Centruroides*: A. Dilatación del opérculo genital (OP). B. Apertura del opérculo genital y movimientos de las lamelas marginales durante la dilatación. C. Inicio del nacimiento de la cría (CR) D. Nacimiento de la cría con remanente de la membrana extraembrionaria (MT).

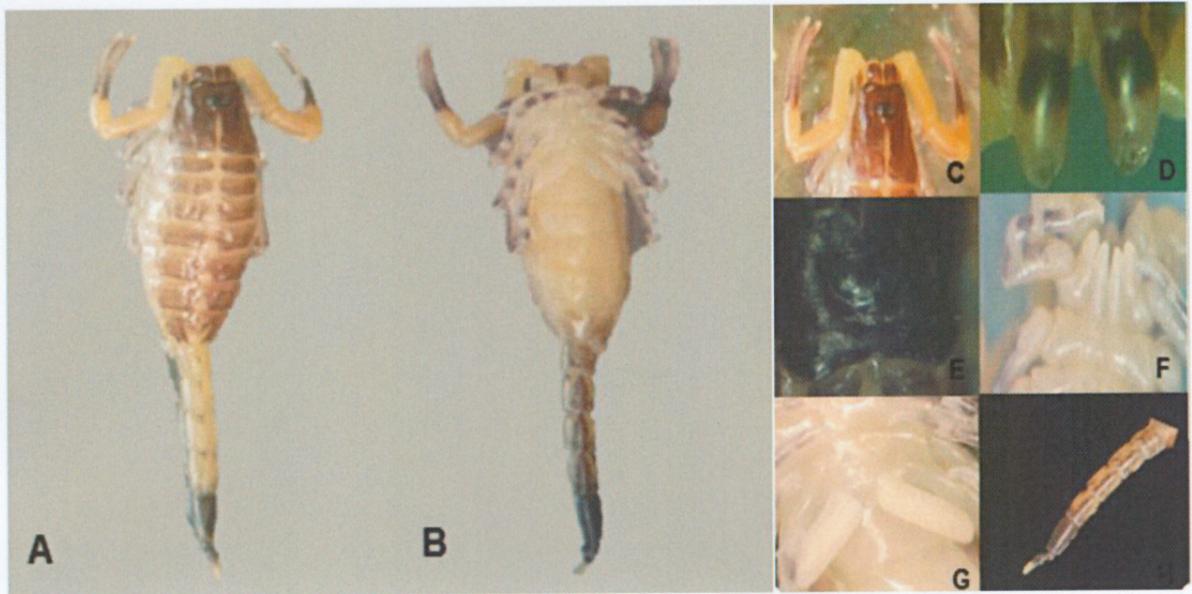


Figura 31. Estadio I de desarrollo post embrionario en *Centruroides* (A-H): A. Vista dorsal B. Vista ventral C. Caparacho y pedipalpos D. Quelíceros E. Ojos medios y ojos laterales F. Procesos maxilares G. Lamelas marginales H. Segmentos caudales.

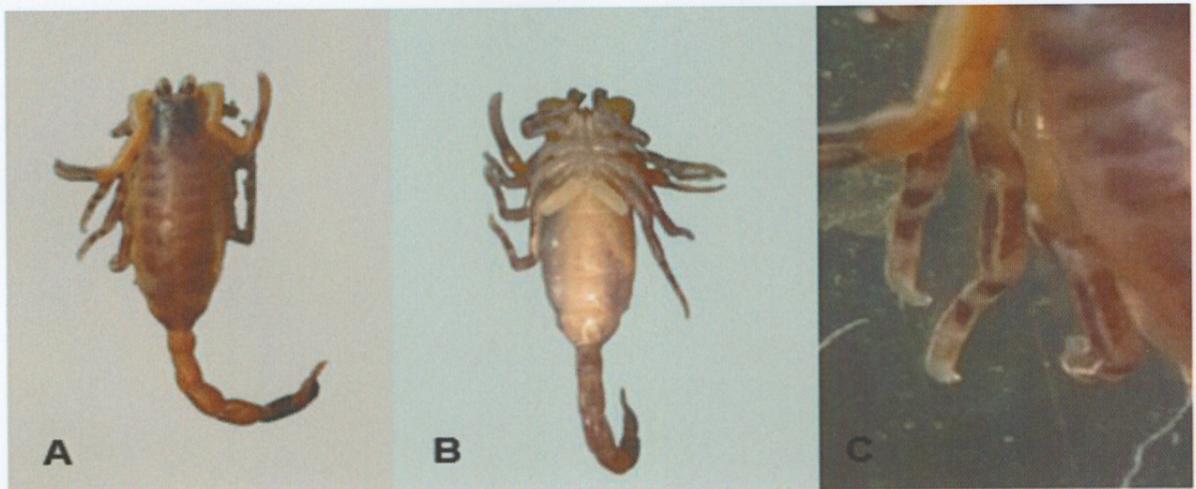


Figura 32. Estadio II de desarrollo post embrionario en *Centruroides* (A-C): A. Vista dorsal B. Vista ventral C. Patelas.

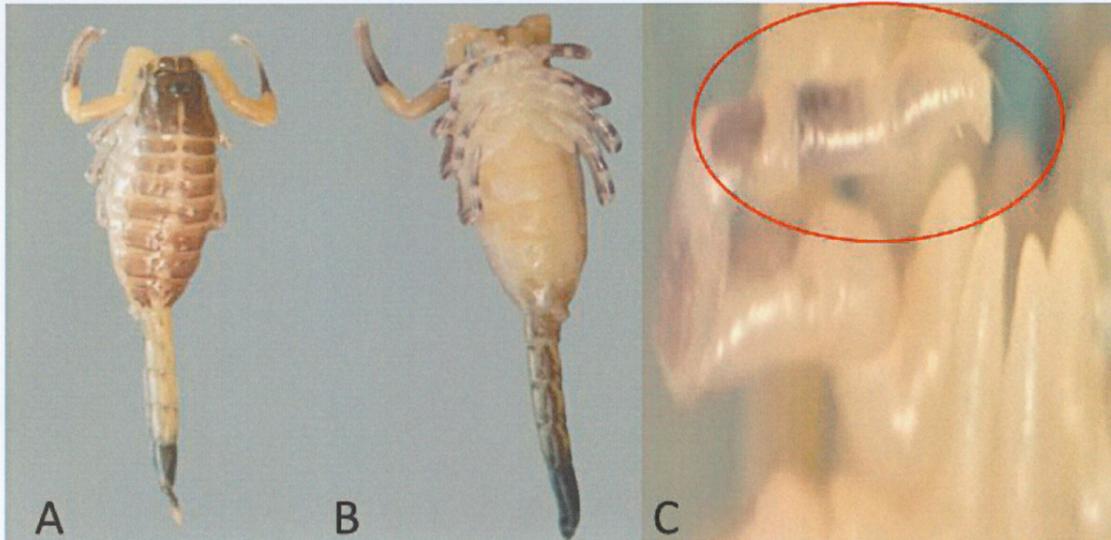


Figura 33. Estadio III de desarrollo post embrionario en *Centruroides* (A-C): A. Vista dorsal B. Vista ventral C. Primera patela con tricomas.

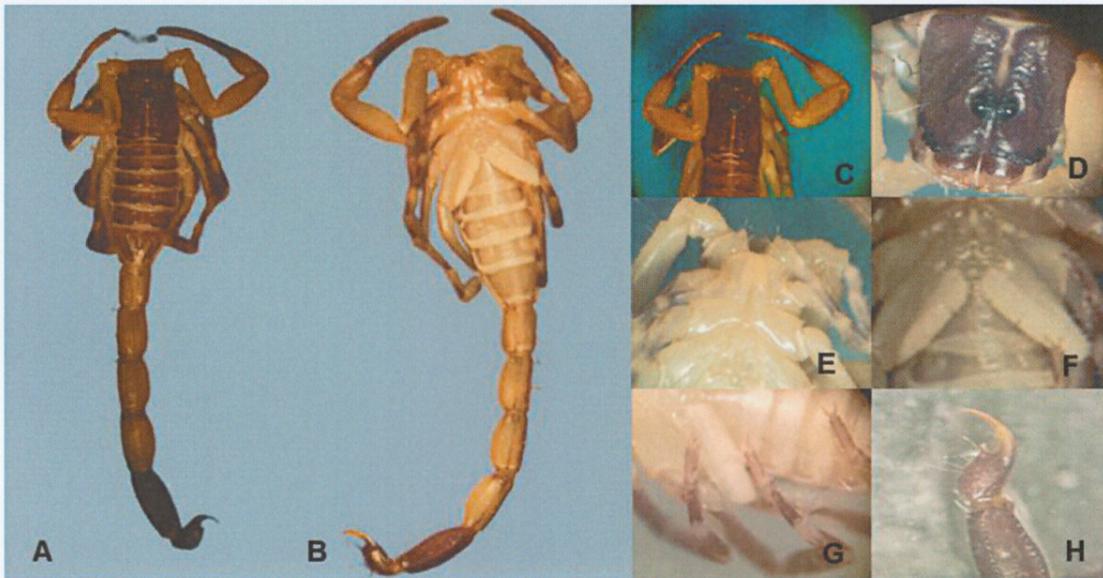


Figura 34. Estadio IV de desarrollo post embrionario en *Centruroides* (A-H): A. Vista dorsal B. Vista ventral C. Granulaciones y tricobotrias en el caparacho y pedipalpos D. Quelíceros con los dedos móviles, los dentículos internos y las cerdas E. Patela I fusionada con los procesos maxilares F. Dientes de las lamelas marginales separados G. Uñas y tricobotrias en las patelas H. Telson desarrollado con tricobotrias.

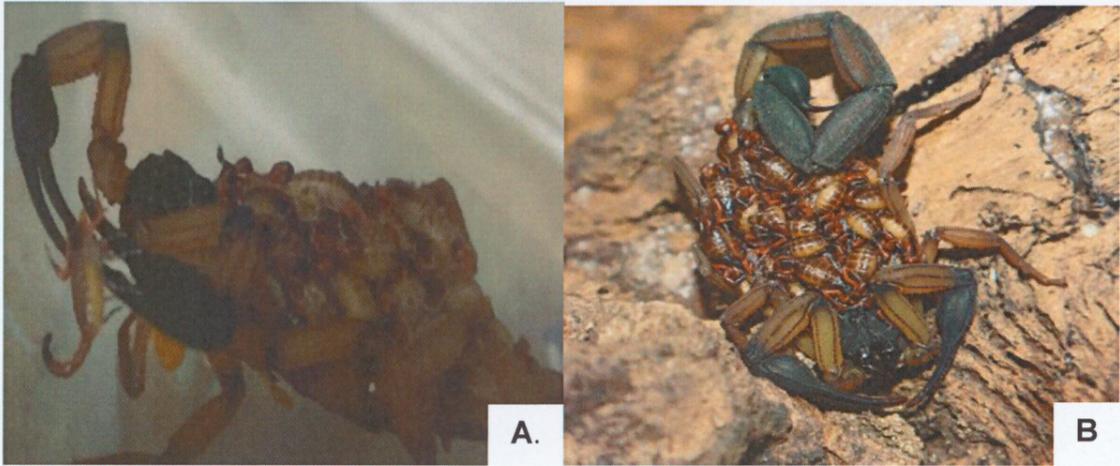


Figura 35. Cuidado parental: A. Crías subiendo al dorso de la madre al nacer B. Crías en el mesosoma de la madre.

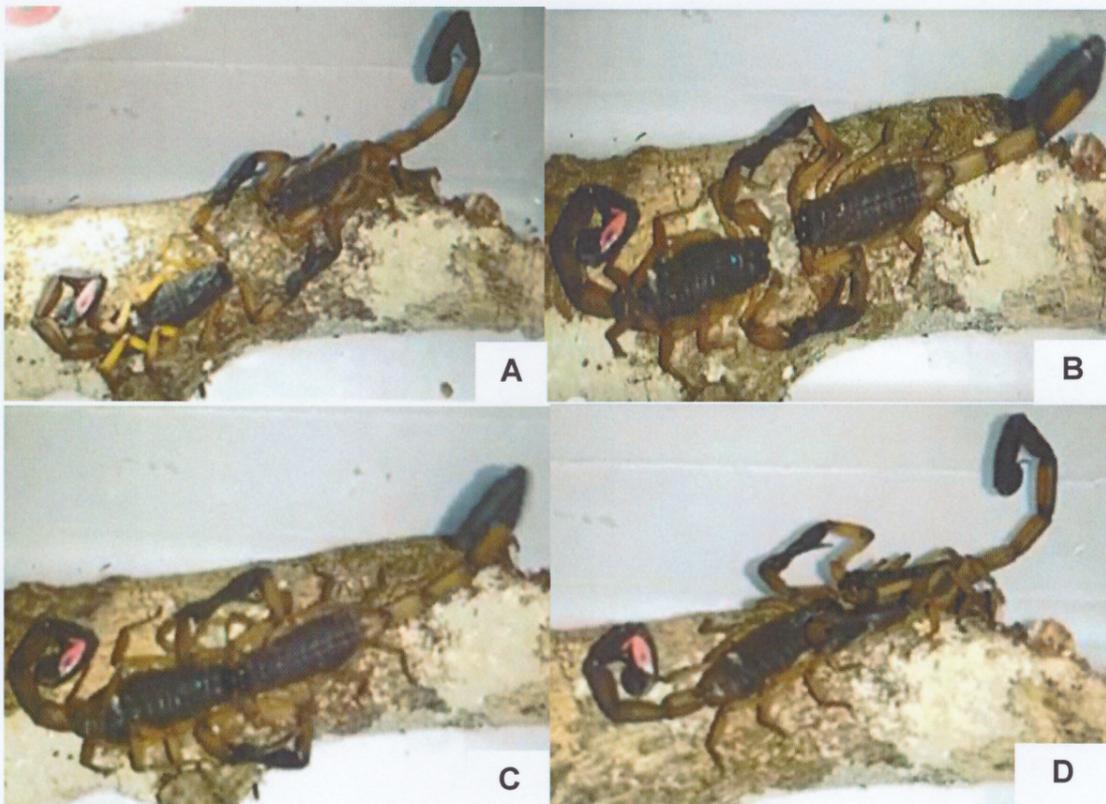


Figura 36. Comportamiento sexual en *Centruroides* durante el cortejo: A. Reconocimiento del sitio y de la hembra B. Danza C. Besuqueo D. Expulsión, pegado del espermatóforo al sustrato y Transferencia espermática. espermática.

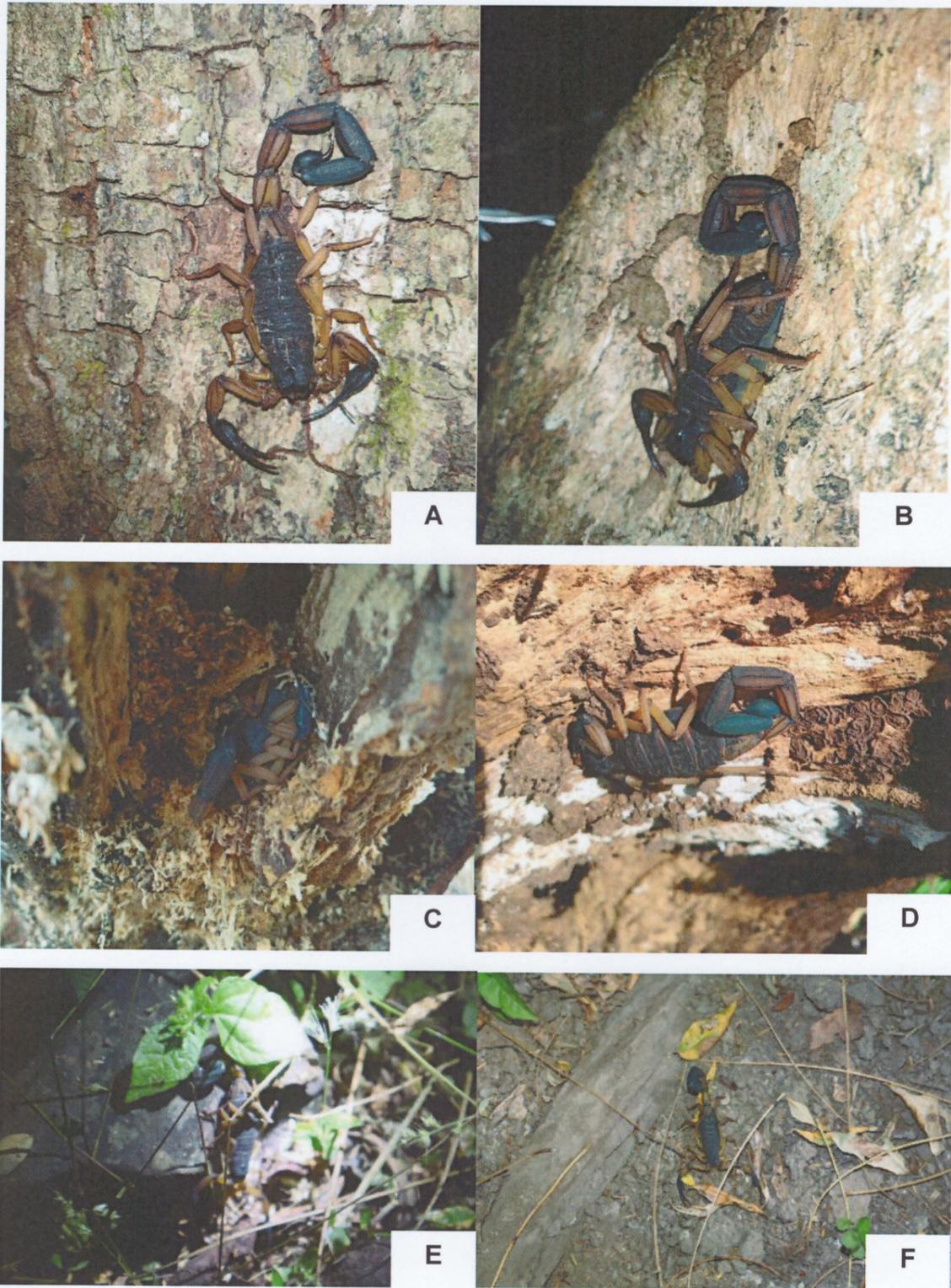


Figura 37. Microhábitats utilizados por escorpiones *Centruroides* observados en la Hacienda Ranatoro, Alanje, Chiriquí (A-F): A-B. Corteza de árbol C-D. Tronco en descomposición E. Roca F. Suelo.



A



B



C



D



E



F



G



H

Figura 38. Dieta observada en campo en escorpiones *Centruroides* (A-H): A. Lagartija B. Gusano C. Mantis D. Grillo E. Chinche F. Saltamonte G. Mariposa H. Cucaracha.



Figura 39. Canibalismo observado en *Centruroides* en condiciones de cautiverio (A-B): A. Hembra comiéndose a otra hembra B. Macho comiéndose a otro macho.

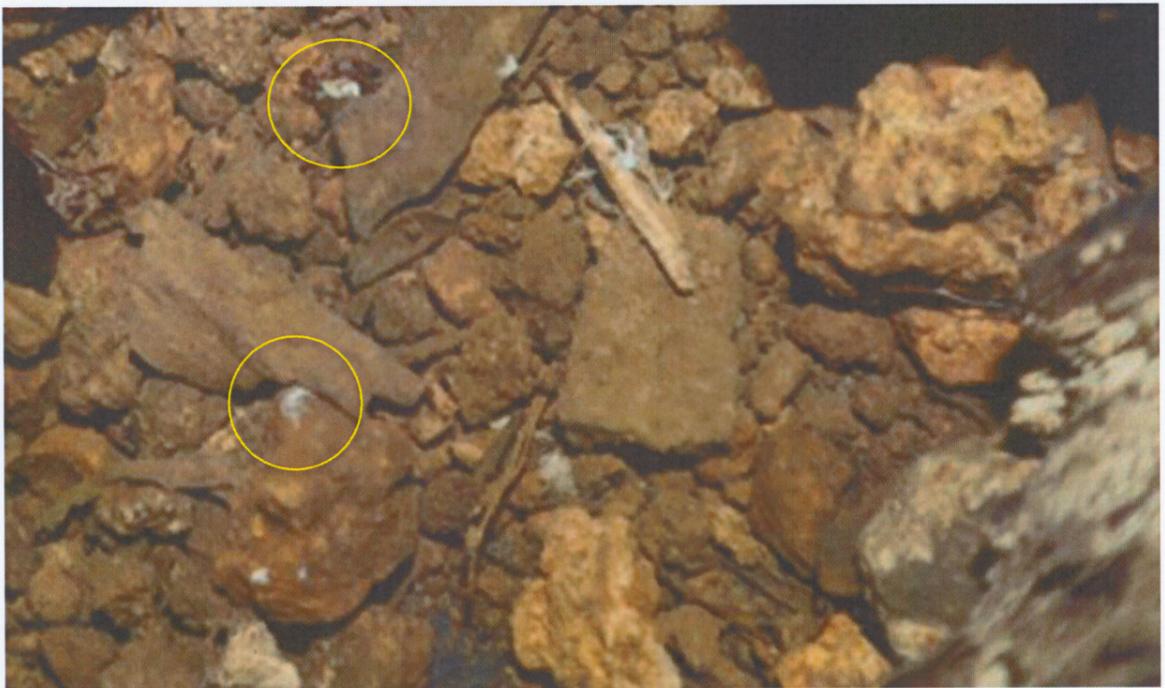
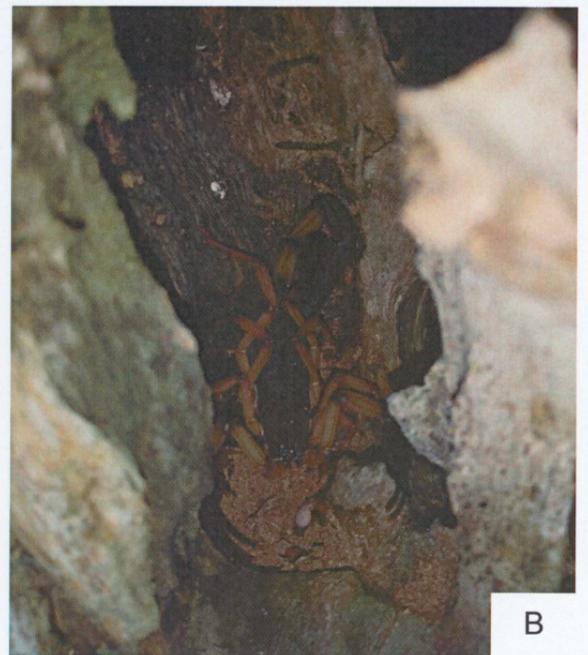


Figura 40. Aspectos de las heces de escorpiones *Centruroides* observadas en condiciones de cautiverio.



A



B

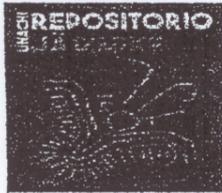


C



D

Figura 41. Actividad superficial observada en hembras y machos *Centruroides* durante los muestreos en campo (A-D): A. Caminando B. Acecho C. Reposo D. Alimentándose.



AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE TRABAJO AL REPOSITORIO JÁ DIMIKE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ (UNACHI)

Yo, María Gabriela Bozzi Dean, con cédula de identidad personal/ pasaporte 4-774-1653, autorizo que mi trabajo (tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación u otro), titulado Biología reproductiva del género Centruroides (Scorpiones: Bothriidae) (Nixon 1897) durante la época seca 2021 en la Hacienda Rocatara, Los Limones, Altonje, Provincia de Chiriquí, República de Panamá sea incorporado al Repositorio JÁ DIMIKE de la Universidad Autónoma de Chiriquí, para fines educativos y no lucrativos, por lo que eximo de cualquier tipo de responsabilidad a la UNACHI y al REPOSITORIO JÁ DIMIKE con respecto a violaciones al Derecho de autor y propiedad intelectual, entre otras, y declaro que soy titular de los derechos de la obra arriba descrita, por lo cual asumo personalmente cualquier responsabilidad emanada de la publicación de la misma.

Firmo para constancia, hoy ____ de ____ de 20__

Nombre: María Gabriela Bozzi Dean

Firma: María G. Bozzi D.

Cédula/Pasaporte: 4-774-1653

Aprobado por Consejo Administrativo, sesión ordinaria n°4 de 23 de agosto de 2018.



AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE TRABAJO AL REPOSITORIO JÁ DIMIKE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ (UNACHI)

Yo, Inés Dariana Quiróz González, con cédula de identidad personal/ pasaporte 4-790-896, autorizo que mi trabajo (tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación u otro), titulado Biología reproductiva del género Centruroides (Scorpiones: Buthidae) (Marx 1839) durante la época seca 2021 en la Hacienda Ranatón, Los Limones, ^{Provincia de} Alonje, Chiriquí, República de Panamá, sea incorporado al Repositorio JÁ DIMIKE de la Universidad Autónoma de Chiriquí, para fines educativos y no lucrativos, por lo que eximo de cualquier tipo de responsabilidad a la UNACHI y al REPOSITORIO JÁ DIMIKE con respecto a violaciones al Derecho de autor y propiedad intelectual, entre otras, y declaro que soy titular de los derechos de la obra arriba descrita, por lo cual asumo personalmente cualquier responsabilidad emanada de la publicación de la misma.

Firmo para constancia, hoy ____ de ____ de 20__

Nombre: Inés Quiróz

Firma: Inés Quiróz

Cédula/Pasaporte: 4-790-896

Aprobado por Consejo Administrativo, sesión ordinaria n°4 de 23 de agosto de 2018.