



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS  
DE HIDALGO**

**Programa Institucional de Maestría en Ciencias  
Biológicas**

**Área Temática en Ecología y Conservación**



Entomología  
Lab. "Biol. Sócrates Cisneros Paz"

---

**CICLO DE VIDA Y ESTRUCTURA POBLACIONAL DE  
*Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (SCORPIONES:  
BUTHIDAE) EN LA CUENCA DE CUITZEO**

**Que presenta**

**Biol. Víctor Manuel Guzmán Pérez.**

**Para Obtener el Grado de  
Maestro en Ciencias Biológicas**

**Comité Tutorial:**

**Doctor en Recursos Bióticos Javier Ponce Saavedra (Director de tesis)**

**Doctora en Ciencias Biológicas Yvonne Herrerías Diego (Co-director de tesis)**

**Dr. Luis Felipe Mendoza Cuenca**

**Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa**

**M. en C. Marco Antonio Desales Lara**

Morelia Michoacán, Julio 2015.

## Contenido

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	4
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTOS.....	10
RESUMEN GENERAL.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I.....	13
HISTORIA DE VIDA DE <i>Centruroides ornatus</i> Pocock, 1902 (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN LA CUENCA DE CUITZEO .....	13
RESUMEN .....	13
INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS.....	20
Área de estudio.....	20
Trabajo de campo.....	23
Factor de crecimiento .....	24
RESULTADOS.....	24
Número de ínstaes y factor de crecimiento para <i>Centruroides ornatus</i> .....	24
Tamaño de la camada y la relación con el tamaño de la hembra.....	26
El cortejo y comportamiento de apareamiento .....	28
Comportamiento post apareamiento .....	32
Parto .....	33
DISCUSIÓN .....	36
Factor de crecimiento.....	36
Tamaño de la camada y la relación con el tamaño de la hembra.....	37
El cortejo y comportamiento de apareamiento en <i>Centruroides ornatus</i> .....	40
Parto .....	41
CONCLUSIONES .....	43
Literatura citada.....	45
CAPÍTULO II.....	50
ESTRUCTURA POBLACIONAL DE <i>Centruroides ornatus</i> Pocock, 1902 (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN LA CUENCA DE CUITZEO .....	50

Resumen.....	50
Introducción.....	52
Objetivo.....	55
Objetivo Particulares. ....	55
Materiales y métodos.....	56
Área de estudio. ....	56
Trabajo de campo.....	58
Estimaciones poblacionales.....	60
Resultados.....	64
Estimación del tamaño de las poblaciones.....	64
Determinación de la estructura poblacional.....	66
Proporción de sexos.....	70
Determinación de la fenología en <i>C. ornatus</i> .....	71
Patrón de actividad superficial.....	73
Capacidad de desplazamiento diferencial entre adultos de ambos sexos.....	80
Discusión.....	81
Conclusiones.....	88
Literatura citada. ....	88

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO (A Y B) EN LA CUENCA DE CUITZEO; CHEHUAYITO MUNICIPIO DE ÁLVARO OBREGÓN MICHOACÁN. ELABORADO CON INSUMOS DE ALLENDE (ALLENDE Y MENDOZA, 2007) Y GOOGLE EARTH® .....	22
FIGURA 2. REGRESIÓN LINEAL Y ECUACIÓN DE PREDICCIÓN DEL TAMAÑO DE CRÍAS CON RESPECTO AL TAMAÑO DE LA HEMBRA (LCTX).....	27
FIGURA 3. REGRESIÓN LINEAL Y ECUACIÓN DE PREDICCIÓN DEL NÚMERO DE CRÍAS CON RESPECTO AL TAMAÑO DE LA HEMBRA (LCTX).....	28
FIGURA 4. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN <i>C. ORNATUS</i> DESCRIBIENDO LA ETAPA DEL “RECONOCIMIENTO DE PAREJA” (A) Y LA ACEPTACIÓN “AGARRE” (B) ENTRE LA HEMBRA Y EL MACHO. ....	30
FIGURA 5. (A) ETAPA DEL “BESUQUEO” ENTRE LA HEMBRA Y EL MACHO EMPEZANDO ASÍ LA CAMINATA PARA DOS O “PROMENADE A DEUX”, (B) ESPERMATOFORO DEPOSITADO POR EL MACHO DE <i>C. ORNATUS</i> . ....	30
FIGURA 6. SE MUESTRA LA ETAPA DEL ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO O “BARRIDO” (A), PARA QUE EL MACHO PUEDA DEPOSITAR EL ESPERMATOFORO PARA QUE SE PUEDA DAR LA “TRANSFERENCIA ESPERMÁTICA” (B). ....	32
FIGURA 7. SE MUESTRA LA POSICIÓN QUE TOMA LA HEMBRA DE <i>C. ORNATUS</i> PARA CUANDO VA A OCURRIR EL PARTO (A). (B) SE MUESTRA LA “CANASTA MATERNAL” FORMADA POR LA HEMBRA PARA RECIBIR LAS CRÍAS. ....	34
FIGURA 8. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO (A Y B) EN LA CUENCA DE CUITZEO; CHEHUAYITO MUNICIPIO DE ÁLVARO OBREGÓN MICHOACÁN. ELABORADO CON INSUMOS DE ALLENDE (ALLENDE Y MENDOZA, 2007) Y GOOGLE EARTH.....	57
FIGURA 9. IMAGEN DONDE SE MUESTRA LA CARACTERIZACIÓN DEL CUADRANTE A EN EL LUGAR DE ESTUDIO. ....	58
FIGURA 10. IMAGEN DONDE SE MUESTRA LA CARACTERIZACIÓN DEL CUADRANTE B EN EL LUGAR DE ESTUDIO. ....	59

FIGURA 11. IMAGEN DONDE SE MUESTRA COMO SE MARCARON LOS ALACRANES DENTRO DE LOS CUADRANTES. LADO IZQUIERDO EN MESOSOMA QUE REPRESENTA EL NO. 10 Y EN METASOMA EL LADO IZQUIERDO DEL SEGMENTO I QUE REPRESENTA EL NO. 1. EN ESTE EJEMPLO SE MUESTRA CÓMO QUEDARÍA MARCADO EN EL CAMPO EL INDIVIDUO NÚMERO 11. ....	61
FIGURA 12. IMÁGENES DONDE SE MUESTRAN LAS DIFERENTES ACTIVIDADES QUE SE TOMARON EN EL TRABAJO DE CAMPO. A) AL ACECHO, B) CAMINANDO C) EN REPOSO D) ALIMENTÁNDOSE E) CORTEJO. 63	
FIGURA 13. GRÁFICO DONDE SE MUESTRA EL TAMAÑO POBLACIONAL (N) DE <i>C. ORNATUS</i> PARA EL CUADRANTE UNO, CON LA ACTIVIDAD OBSERVADA. ACTIVIDAD S REPRESENTA LOS INDIVIDUOS VISTOS Y N INDIVIDUOS CALCULADOS. ....	64
FIGURA 14. GRÁFICO DONDE SE MUESTRA EL TAMAÑO POBLACIONAL (N) DE <i>C. ORNATUS</i> PARA EL CUADRANTE DOS, CON LA ACTIVIDAD OBSERVADA. ACTIVIDAD S REPRESENTA LOS INDIVIDUOS VISTOS Y N INDIVIDUOS CALCULADOS. ....	65
FIGURA 15. INSTARES REGISTRADOS DE <i>C. ORNATUS</i> DURANTE UN CICLO ANUAL PARA EL CUADRANTE A. 68	
FIGURA 16. INSTARES REGISTRADOS DE <i>C. ORNATUS</i> DURANTE UN CICLO ANUAL PARA EL CUADRANTE B. 69	
FIGURA 17. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL MEDIDA EN DENSIDAD DE INDIVIDUOS DURANTE UN CICLO ANUAL PARA EL CUADRANTE A. ....	72
FIGURA 18. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL MEDIDA EN DENSIDAD DE INDIVIDUOS DURANTE UN CICLO ANUAL PARA EL CUADRANTE B. ....	73
FIGURA 19. PATRÓN DE ACTIVIDAD SUPERFICIAL MEDIDA EN ABUNDANCIA RELATIVA POR SEXO EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DEL AÑO PARA EL CUADRANTE A. ....	75
FIGURA 20. REGISTROS MENSUALES DE CORTEJOS ASÍ COMO LOS MESES DONDE SE REGISTRARON HEMBRAS CON CRÍAS PARA EL CUADRANTE A. ....	76
FIGURA 21. PATRÓN DE ACTIVIDAD SUPERFICIAL MEDIDA EN ABUNDANCIA RELATIVA POR SEXO Y POR EDAD EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DEL AÑO PARA EL CUADRANTE B. ....	78
FIGURA 22. REGISTROS MENSUALES DE CORTEJOS ASÍ COMO LOS MESES DONDE SE REGISTRARON HEMBRAS CON CRÍAS PARA EL CUADRANTE B. ....	79
FIGURA 23. DISTANCIA PROMEDIO RECORRIDA ENTRE MACHOS Y HEMBRAS EN EL CUADRANTE A. ....	80

FIGURA 24. DISTANCIA PROMEDIO RECORRIDA ENTRE MACHOS Y HEMBRAS EN EL CUADRANTE B.....	81
CUADRO 1. VALORES DE LOS RANGOS ESTIMADOS POR ÍNSTAR CON LOS FACTORES DE CRECIMIENTO DE 1.3 PARA LOS PRIMEROS ÍNSTARES Y 1.4 PARA EL ÚLTIMO. SE INCLUYE LA SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA (NS), DE LA CONCORDANCIA CON LAS ASIGNACIONES DE LOS DATOS DE CAMPO. ....	25
CUADRO 2. ESPECIES A LAS CUALES SE LES HA ESTIMADO EL FACTOR DE CRECIMIENTO. ....	37
CUADRO 3. VALORES DEL TAMAÑO DE CAMADA COMPARATIVOS OBSERVADOS EN CUATRO ESPECIES DE <i>CENTRUROIDES</i> DE MICHOACÁN Y OTRAS ESPECIES DE LA FAMILIA BUTHIDAE, TOMADO Y MODIFICADO DE PONCE (2003). ....	39
CUADRO 4. VALORES DE LOS RANGOS ESTIMADOS POR INSTAR CON LOS FACTORES DE CRECIMIENTO DE 1.3 PARA LOS PRIMEROS ÍNSTARES Y 1.4 PARA EL ÚLTIMO, LOS VALORES ASIGNADOS FUERON PROBADOS ESTADÍSTICAMENTE CON LA PRUEBA DE CONCORDANCIA DE JI CUADRADA. ....	67
CUADRO 5. PROPORCIÓN DE SEXOS CON LA PRUEBA DE $\chi^2$ PARA CADA UNO CADA MES MUESTREADO DURANTE UN CICLO ANUAL PARA EL CUADRANTE A. ....	70
CUADRO 6. PROPORCIÓN DE SEXOS CON LA PRUEBA DE $\chi^2$ PARA CADA UNO CADA MES MUESTREADO DURANTE UN CICLO ANUAL PARA EL CUADRANTE B. ....	71

## **DEDICATORIA**

Hoy es el día muy especial en mi vida, no encuentro palabras para agradecer por tanto. Sé que mi lucha no ha sido fácil, pero este sueño anhelado jamás fue imposible para mí, gracias le doy al destino por haberme dado la oportunidad de conocer un universo desconocido para muchos inclusive para mí. No fue fácil llegar a esto pero mis padres me mostraron que nada es imposible en esta vida, cada día les doy gracias por mostrarme y enseñarme tanto, por cuidar y proteger a mi familia, es grande la felicidad que tengo en el corazón estar gozando de tanto amor. Gracias papá, gracias mamá; por todo lo que han hecho por mi hasta el día de hoy.

Es por esto que sigo firme, porque fueron ustedes quienes siempre me encaminaron por el bien a hacer lo correcto siempre, y estoy inmensamente orgulloso de ser su hijo ya que ustedes son mi más grande fortaleza, la fuerza que me hace vivir a diario y pensar en el día de mañana.

Papá eres muy especial en mi vida, todavía no nacía y ya te estaba admirando, recuerdo cada momento de mi vida a tu lado ya que hemos pasado por muchas cosas, recuerdo siempre cada palabra que me dices, las guardo en el corazón y nunca olvido; aquella vez que me dijiste hijo al perder una batalla, la guerra mientras estés vivo va a continuar; sigue adelante, lucha por tus sueños estas vivo, sigue firme nunca pises las huellas que vamos dejando los que ya pasamos, busca y has tus propias huellas sin mirar las que te perjudiquen, eso padre yo nunca lo olvido, lo llevo a cuentas cada día de mi vida.

Mi madre, mi princesa divina, mi mayor inspiración la mujer que me apoya cada día a ser una buena persona, con sus consejos y sobre todo, por ser mi mejor amiga, la que siempre me escucha, la que me alienta a diario. No encuentro palabras para describir lo maravillosa y especial que eres para mí, te amo mamá aún más que a mi propia vida; esta dedicatoria va para ustedes, les deseo toda la felicidad del mundo y que a partir de ahora nuestro mundo sea diferente lleno de amor y bendición. Les he demostrado que todos los viajes son largos, pero no imposibles de lograrlos, y con eso soy más que vencedor y victorioso. Agradecido estoy también con todos mis hermanos, por no soltarme de la mano, caminaron junto con migo todo este tiempo y hoy he alcanzado un sueño más de los que tengo en mi lista. Gracias por todo familia ya que ha sido un camino largo y difícil y muchas veces sin ustedes a mi lado, pero se los contare todo cuando los vuelva a ver, imagínense nadie sabía las cosas buenas y malas que hemos pasado pero en algún momento cambiaron para ver las cosas diferentes, ver el panorama completo. Recordar esos días de trabajo duro y que nos llevaron a ver de manera diferente, para buscar un lugar mejor para los nuestros; como no hablar de la familia si es todo lo que tenemos todo lo que hemos sido se los debemos a ellos por todo mil gracias.

A mi esposa y a mi hija.

La vida está llena de muchas sorpresas, momentos de alegría y de tristeza pero en mi vida existen dos hermosas princesas que me llenan de felicidad, agradecido estoy por todas las bendiciones, y haberme encontrado con este par de princesas

que las amo con todo mi corazón, las cuales son excusas suficientes para recortar mi día y a mi casa regresar, son un par de mágicas princesas con pijamas y con trenzas que juegan a ser mamas, y que se han dado cuenta que soy débil y con solo una sonrisa pueden todo conseguir; de mi corazón se volvieron dueñas y me alegran la existencia con solo pensar en ellas.

**Si no estás luchando por ser una mejor persona entonces no vale la pena.**

*Victor Manuel Guzmán Pérez.*

## **AGRADECIMIENTOS.**

En primer lugar agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por haberme dado la oportunidad de continuar mi formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo financiero que me brindaron para llevar a cabo este proyecto.

A todo el personal del laboratorio de Entomología Sócrates Cisneros Paz, en especial al Dr. Javier Ponce Saavedra por haberme apoyado y dado la oportunidad de realizar este proyecto.

A la Dra. Yvonne Herrerías Diego por el apoyo brindado en el esquema ecológico dentro de este proyecto.

A los Doctores Luis Felipe Mendoza Cuenca, José Isaac Figueroa de la Rosa y al M. en C. Marco Antonio Desales Lara, por las correcciones y críticas constructivas a este trabajo así como los consejos brindados.

Al Dr. T. G. Benton, por haberme proporcionado información, sobre los temas tratados en este trabajo, así como sus valiosos consejos.

Al M. en C. Hugo Chagolla por su apoyo así como su amistad incondicional.

A toda mi familia, por creer siempre en mí y sobre todo a mis hermanos (Ilda Daniel, Blas, Esteban y Mary Carmen Guzmán Pérez. Por darme su apoyo y su incomparable amistad.

A mis abuelos Blas Guzmán†, Agustín Pérez López†, y Reymunda Zavala Orosco†, quienes durante sus últimos años de vida me dieron los mejores consejos que jamás olvidare.

A mi esposa Lizbeth Gaona Escamilla, a todos mis amigos Jesús López, Cristian Sotelo, Jesús Alcántar, Bulmaro López y Misael Sotelo por haberme ayudado con el trabajo de campo.

Mis más sinceros agradecimientos a todos ellos por levantar la mano cuando requería de su apoyo.

Con todos los buenos deseos del mundo mil gracias.

## **RESUMEN GENERAL.**

Se describe la historia de vida y se determina la estructura poblacional de *Centruroides ornatus* en la localidad de "Chehuayito", Municipio de Álvaro Obregón, estado de Michoacán, ubicada en la cuenca de Cuitzeo. Se establecieron dos cuadrantes de 1000 m<sup>2</sup> separados por 500 metros lineales, en los cuales se hicieron muestreos mensuales durante un ciclo anual, utilizando lámparas de luz negra para la detección de los animales; para estimar el tamaño poblacional se utilizó el método de captura y recaptura múltiple de Jolly-Saber (1965), los animales se marcaron en el mesosoma y metasoma con pintura acrílica no tóxica, asignándole un número a cada ejemplar y así poder identificarlo si se recapturaban. Se registró sexo, longitud del cefalotórax, el sitio exacto de captura y la actividad aparente del individuo. Con esto, se determinó la estructura poblacional, proporción de sexos, fluctuación poblacional medida en densidad, actividad superficial y capacidad de desplazamiento. Los aspectos reproductivos se complementaron con datos de laboratorio, determinándose el factor de crecimiento, la relación entre el tamaño de la camada y tamaño de crías con respecto al tamaño de las hembras, la descripción del apareamiento, el parto y el pos apareamiento.

**Palabras Clave:** Captura-recaptura, densidad, apareamiento, parto, actividad superficial.

## ABSTRACT

Life history is described and the population structure of *Centruroides ornatus* was registered in the village known as "Chehuayito" in the Municipality of Alvaro Obregon, Michoacán, located in the Cuitzeo basin. Two quadrants of 1000 m<sup>2</sup> with a separation of 500 m were established. In which monthly samplings were made during an annual cycle, using black light to detect animals; to estimate the population size was used the method of capture and recapture multiple Jolly-Saber (1965), the animals are marked in the mesosoma and metasoma with non-toxic acrylic paint, assigning a number to each individual and be able to identify if recaptured. Sex, carapace length, the exact site of capture and apparent activity of the individual was recorded. With this, population structure, sex ratio, population. Density, fluctuation extent, surface activity and displacement capacity was determined. Reproductive aspects were supplemented with laboratory data; It determined growth factor, the relationship between litter size and offspring size relative to the size of females, the description of mating, birth and after mating.

Keywords: Capture-recapture, density, mating, delivery, surface activity.

# CAPÍTULO I

## HISTORIA DE VIDA DE *Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN LA CUENCA DE CUITZEO

### RESUMEN

El presente trabajo se realizó en una localidad ubicada a orillas del Lago de Cuitzeo en el municipio de Álvaro Obregón, estado de Michoacán, conocida como “Chehuayito”. La finalidad fue establecer en campo algunos aspectos de la historia de vida de *Centruroides ornatus* Pocock 1902, especie de alacrán de importancia médica. Los aspectos reproductivos se complementaron con trabajo en el laboratorio. En campo se delimitaron dos cuadrantes de 1000 m<sup>2</sup> cada uno en los que se hicieron muestreos mensuales durante un año (Mayo de 2013 a Abril de 2014). Se determinó el factor de crecimiento usando medidas reales del instar 1 y el factor de crecimiento estimado en mudas del instar 2 al 3 y de 3 al 4 obtenidas en laboratorio, complementado con datos de hembras y machos adultos comprobados con presencia de crías en el dorso y espermátóforos esclerosados respectivamente. Se aplicó un análisis de regresión para establecer la relación entre el tamaño de camadas y tamaño de crías con respecto al tamaño de las hembras (n=10). Se filmaron dos apareamientos desde el cortejo hasta la deposición del espermátóforo para describir el patrón de este comportamiento. Se determinó un factor de crecimiento de 1.3 para los primeros cinco ínstaes y de 1.4 para el sexto y se encontró que en esta especie se requieren de cinco mudas y

seis instares para llegar al estado adulto, pudiendo ser sexualmente maduros, tanto hembras como machos en el quinto ínstar.

El promedio del número de crías por hembra fue de  $15.2 \pm 3.43$  y la camada tiene 17 crías en promedio  $\pm 4.34$  ( $n=10$ ), con un máximo de 24 y un mínimo de 8. Las hembras más pequeñas tienen crías proporcionalmente más grandes; mientras que las hembras grandes tienen crías proporcionalmente más pequeñas. También se describe el comportamiento post apareamiento y el parto observado en dos hembras, en la primera tuvo una duración de 1 hora con 13 segundos y en la segunda 45 minutos con 15 segundos.

Palabras clave: Cortejo, Apareamiento, Hembras. Crías, Factor Dyar, Instar.

## INTRODUCCIÓN

Los parámetros relacionados a la vida de un individuo desde su nacimiento hasta su muerte, los que determinan su capacidad de sobrevivir y dejar descendencia fértil es lo que conocemos como historia de vida. Ejemplo de estos parámetros son: 1) edad a la cual alcanzan el estado adulto, 2) grado de dependencia de los progenitores después del nacimiento, 3) sistema de apareamiento utilizado por la población, 4) número de crías que puedan tener, entre otros (Márquez, 2000).

La reproducción de los alacranes presenta características únicas en varios aspectos de su historia de vida que los diferencia del resto de los artrópodos terrestres, como son: el cortejo, la compleja fertilización por medio de un espermatóforo, el desarrollo embrionario ovovivíparo que puede durar desde varios meses a casi dos años, el cuidado materno a veces seguido de un grado de comportamiento social, y los tiempos de desarrollo post-embrionario que pueden ser extraordinariamente largos de 7 hasta 85 meses (Polis, 1990; Lourenco *et al.*, 2003).

Todos los alacranes son iteróparos, tienen varios eventos reproductivos durante su ciclo de vida (Polis y Sissom, 1990). En algunas especies de alacranes, principalmente de la familia Vaejovidae, se ha observado que después de la fecundación la hembra queda con una parte del espermatóforo taponando su orificio genital (el spermatocleutro), el cual tiene una función importante en evitar futuras inseminaciones a pesar de que ocurran nuevos apareamientos (Benton,

2001). Este comportamiento puede garantizar el éxito reproductivo con un sólo o pocos eventos de apareamiento a lo largo de su vida y así incrementar su adecuación. En los búlidos este comportamiento no se ha observado (Ponce, 2003).

Algunos autores como Polis y Sissom (1990) y Tayarovic *et al.* (2000) dividen a los eventos reproductivos de los alacranes en cuatro fases: iniciación, “*promenade a deux*” del frances caminata para dos, transferencia espermática y terminación. Otros como Peretti (1991, 1995, 1996) señalan tres fases: Inicial, central y final. Ponce *et al.* 2003 hace una descripción del cortejo que incluye: aceptación de la hembra; el agarre; los balanceos y sacudimientos conocidos como “*Male juddering*”, del inglés balanceo y sacudimientos; “*promenade a deux*” y la limpieza del terreno; seguidos de un masaje queliceral o “besuqueo”; expulsión y pegado del espermátforo al sustrato; y finalmente la transferencia espermática. Lo anterior es evidencia que el cortejo y apareamiento en escorpiones implican una compleja serie de comportamientos, muchos de los cuales se conservan entre una misma categoría taxonómica (Polis y Sissom, 1990). En todos los sistemas de apareamiento de escorpiones se han descrito períodos del cortejo con conductas estereotipadas, seguidas de una transferencia de esperma a la hembra por medio de un espermátforo estacionario (Solís, 2009).

La inversión reproductiva de las hembras está directamente enfocada a utilizar los requerimientos para maximizar su adecuación mediante la producción de grandes o pequeñas camadas. Generalmente, la condición física de cada descendiente se correlaciona con mayor inversión materna. La opción de la hembra de producir

grandes camadas con jóvenes pequeños crea un conflicto en la aptitud de la hembra y sus crías. Así, la distribución óptima de los recursos de los padres tiende a basarse en la relación costo beneficio para los hijos (Smith y Fretwell, 1974; Stearns, 1992; Fox y Czesak, 2000).

Las observaciones empíricas han señalado que las hembras más grandes típicamente producen la descendencia más grande (Stearns, 1992). La investigación teórica predice que el tamaño de la hembra y el tamaño de la descendencia suelen estar correlacionados (Smith y Fretwell, 1974). Estas observaciones se explican en función de que las hembras más grandes tienen más espacio disponible para almacenar los embriones en desarrollo y la defensa, o son mejores en la obtención, almacenamiento y asignación de recursos para la reproducción (Brown *et al.* 2003; Brown, 2004). En la mayoría de las especies de artrópodos, el tamaño de la puesta aumenta con el aumento del cuerpo de la hembra (Fox y Czesak, 2000), lo que sugiere una ventaja en adecuación de las hembras más grandes.

La época reproductiva se define como el periodo en que ocurren cortejos y nacimientos. En esta etapa los machos cambian su conducta debido a un incremento en su actividad superficial, comportamiento que se da entre machos por competencia en busca de hembras en un área compartida (Benton, 1992). Por otro lado, en la mayoría de las especies no tropicales de alacranes hay una época definida para la reproducción (Williams, 1987), mientras que para especies tropicales la época reproductiva no está bien definida, por lo que los apareamientos y partos se pueden presentar en cualquier época del año (Polis,

1990 y Ponce, 2003). Después del parto, en las hembras también se ha observado que durante el tiempo en que las crías duran sobre su dorso existe una reducción en la actividad de "forrajeo" (Benton, 2001).

Debido a lo anterior, el estudio del comportamiento reproductivo ha sido más eficiente en condiciones de laboratorio, ya que se puede dar un seguimiento preciso de la pareja y conocer el vigor de las progenies. Sin embargo, en el laboratorio la cría de alacranes puede ser difícil debido a la alta tasa de mortalidad que tienen los primeros instares de desarrollo, principalmente en las primeras mudas (Sissom y Francke, 1983). Esto último es una de las principales razones por la cual existe poca información sobre la historia de vida de los alacranes, aunque algunos autores como Francke (1976, 1981, 1982), Francke y Jones (1982), Sissom y Francke (1983) y Lourenco y Cloudsley-Thompson (1999) señalan que existen entre cinco a siete instares para alcanzar la madurez sexual.

De acuerdo con Francke (1976), existen tres formas para conocer el número de instares que tiene una especie: a) método indirecto: mediante el cual se miden todos los individuos inmaduros de una muestra disponible para establecer clases de tamaño. Es un análisis visual que identifica las separaciones de las clases de tamaños en un modelo lineal que relaciona caracteres morfométricos; b) el método directo: que requiere de la cría de los especímenes en laboratorio, donde se conocen las mudas de cada instar desde que eclosionan hasta alcanzar su madurez; y c) el método mixto: que consiste en usar los valores obtenidos de una historia de vida parcial y extrapolar mediante el factor de crecimiento el resto de los instares.

Los datos utilizados en el método indirecto, en el tamaño de las muestras de individuos sexualmente maduros y los datos obtenidos con el método directo, en particular factores de progresión, ya han sido utilizados con resultados en la reconstrucción del ciclo de vida de diferentes especies de alacranes de las familias Buthidae, Diplocentridae y Vaejovidae (Sissom y Francke, 1983; Francke y Sissom, 1984; Ponce y Díaz-Mora, 2002; Ponce, 2003; Quijano-Ravell *et al.* 2011). En particular para *Centruroides ornatus* Pocock 1902, no existe información sobre el número de instares de desarrollo, ni la edad de los primeros eventos reproductivos. Sin embargo se ha observado en algunas especies como es el caso de *Centruroides gracilis* Latreille, 1804, que puede haber dos estrategias de apareamiento: 1) Machos pequeños que maduran un instar antes y ya no mudan más, y 2) Machos grandes que completan todas sus mudas, existiendo una diferencia de 50 días en la edad de madurez entre los machos de ambas estrategias (Francke y Jones, 1982).

## **OBJETIVOS**

Determinar algunos parámetros de historia de vida de *C. ornatus*.

### **Objetivos Particulares.**

Conocer el factor de crecimiento, número y características de tamaño en los instares necesarios para alcanzar la etapa adulta, así como número promedio de crías por camada y su relación con el tamaño de la hembra de *C. ornatus*, en condiciones de laboratorio.

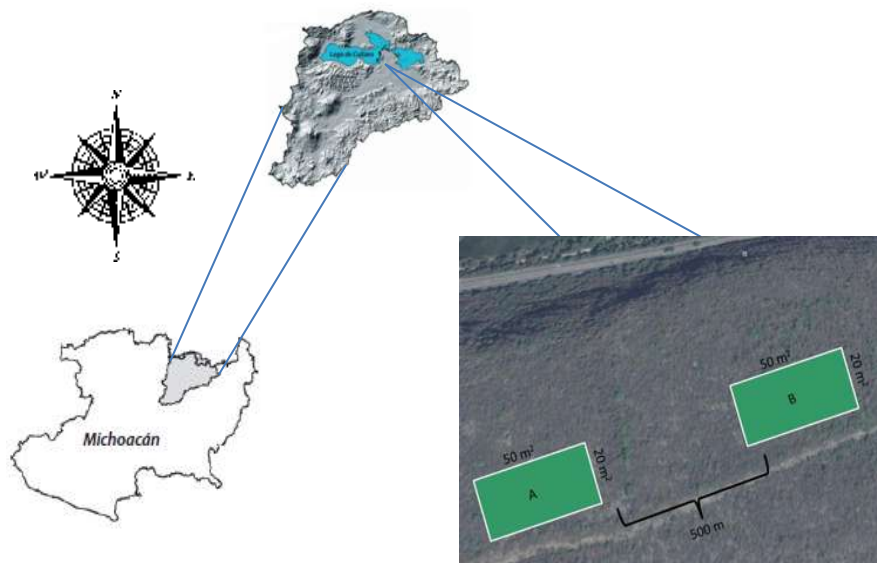
## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **Área de estudio.**

Los ejemplares con los que se llevó a cabo el trabajo fueron capturados en una localidad de la cuenca de Cuitzeo, conocida como Chehuayito, municipio de Álvaro Obregón en el estado de Michoacán, México, localizado en los 19° 51' 47" de latitud Norte y en los 101° 07' 59" de longitud Oeste y cuya altitud está entre 1892 y 1960 m. Presenta un clima templado con lluvias en verano, donde su régimen de lluvias es caracterizado por presentar diez veces más en el mes más húmedo (julio) con 150 mm que en el mes más seco (febrero) de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (2004), su fórmula climática es (Cb(wo)(w)) (Allende y Mendoza, 2007).

En el área de estudio se definieron dos cuadrantes (A - B) con una superficie de 1000 m<sup>2</sup> cada uno y 500 m de distancia entre uno y otro. Cada cuadrante tuvo una orientación Este-Oeste. Las coordenadas del cuadrante (A) fueron: 10° 53'34" latitud Norte y 101°05'16" longitud Oeste; para el cuadrante (B): 10°53'35" latitud Norte y 101°05'17" longitud Oeste (Fig. 1). La vegetación se caracteriza por un matorral subtropical arbóreo muy perturbado, con fenología subcaduca de hojas micrófilas y cracicaule. Crece sobre terreno plano y ladera con una inclinación de 10°. Está en altitudes de 1752 a 2100 m. Se observan 3 estratos: arbóreo con una cobertura de 15 % a 20% con una altura de 5 a 7 m; arbustivo con una cobertura de 0% a 15% con una altura de 2 a 4 m y herbáceo con una cobertura de 2% a 7% con una altura de 1 a 2 m.

La vegetación es muy escasa, presenta un estado de conservación malo por su uso para la ganadería. Las especies que se encuentran en esta área son: *Acacia pennulata*, *Acacia farnesiana*, *Erythrina coralloides*, *Ipomea murucoides*, así como diferentes especies del género *Opuntia* (Henríquez, 2012).



**Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio (A y B) en la Cuenca de Cuitzeo; Chehuayito Municipio de Álvaro Obregón Michoacán. Elaborado con insumos de Allende (Allende y Mendoza, 2007) y Google Earth ®**

## **Trabajo de campo.**

Los muestreos se llevaron a cabo cada mes durante cuatro días consecutivos en un ciclo anual comenzando en Mayo de 2013 y terminando en Abril de 2014. Todos los muestreos se realizaron durante los primeros 15 días de cada mes. En campo se hicieron observaciones para registrar eventos de cortejo, apareamiento y hembras con crías, para establecer si existe relación entre la frecuencia de algunas de las conductas con alguna temporada o época del año en particular.

Por la dificultad de registrar el apareamiento en campo, en el mes de septiembre del 2013 se llevaron 20 hembras y 20 machos adultos al laboratorio de Entomología "Sócrates Cisneros Paz" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, donde se colocaron en frascos de plástico con sustrato procedente de la localidad de estudio. Se registraron dos apareamientos mediante una cámara de video de 8 mm (marca SONY, modelo DCR TRV730E), estos fueron registrados con individuos recientemente capturados en campo los cuales fueron grabados durante las dos horas siguientes. Con estos mismos animales se describe el comportamiento post apareamiento.

Una vez ocurrido el apareamiento, se separaron las hembras para dar seguimiento hasta el parto y posterior desarrollo de las crías, desafortunadamente ninguna de las dos logró llegar al parto. También se hicieron filmaciones del parto, monitoreando 10 hembras preñadas traídas de la localidad en estudio durante las 24h, y se logró filmar el parto de 2 de éstas hembras, contabilizando el número de crías, incluyendo las que fueron canibalizadas. Para obtener datos más precisos

sobre el número de crías por camada, las 8 hembras preñadas que murieron en cautividad, fueron disecadas para contabilizar los embriones y obtener el número de crías por camada; se midió la longitud del cefalotórax (LCFX), y la longitud del segmento caudal V (LSCV), como referentes de tamaño de la madre y compararlas con las medidas de las crías.

### **Factor de crecimiento**

Se determinó el factor de crecimiento usando medidas observadas del instar 1 (n=130), el factor de crecimiento observado en mudas del instar 2 a 3 y de 3 a 4 (n=5) más los datos medidos de adultos de hembras y machos sexualmente maduros, comprobados con la presencia de crías en el dorso y espermátóforos esclerosados respectivamente.

Para probar si el instar estimado corresponde con el instar observado, se aplicó una prueba de concordancia de Ji cuadrada a las asignaciones que se hicieron a los datos obtenidos en campo ( $p < 0.05$ )

## **RESULTADOS.**

### **Número de instares y factor de crecimiento para *Centruroides ornatus***

Se encontró que la especie *C. ornatus* requiere de seis instares para alcanzar su mayor talla, pero puede ser madura sexualmente en el instar cinco, tanto en hembras como en machos. El factor que presentó mejor ajuste ( $p < 0.01$ ) con los datos observados fue de 1.3 para la longitud del caparazón cefalotorácico de los 5 primeros instares y de 1.4 para el cambio de instar de 5 a 6, utilizando estimaciones del valor promedio y rango observado en los adultos de hembras y

machos y las crías obtenidas en el laboratorio. Con los valores máximo y mínimo estimados se asignaron las edades a todos los alacranes medidos en campo, obteniendo seis íntares de los cuales el quinto representaría machos y hembras adultas de tamaño pequeño y el sexto los “grandes” (Cuadro 1), los cuales proporcionalmente son menos abundantes (15.5 %) del total registrado de adultos).

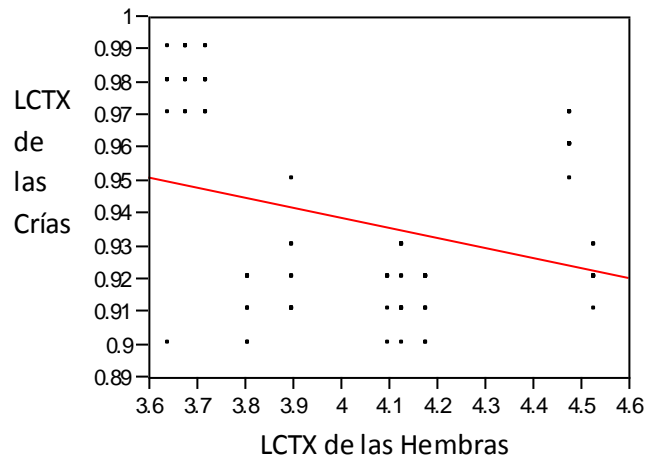
**Cuadro 1. Valores de los rangos estimados por íntar con los factores de crecimiento de 1.3 para los primeros íntares y 1.4 para el último. Se incluye la significancia estadística (NS), de la concordancia con las asignaciones de los datos de campo.**

Rangos Estimados	Max Min	Hembras adultas grandes	$\chi^2$ 0.72 n= 46	Significancia (p<0.05)
		4.72 4.6		
Rangos Estimados	Max Min	Machos adultos grandes	0.60 n= 80	NS
		4.48 4.22		
Rangos Estimados	Max Min	Hembras adultas pequeñas	0.08 n= 443	NS
		4.23 3.6		
Rangos Estimados	Max Min	Machos adultos pequeños	0.08 n= 655	NS
		4.16 3.13		
Rangos Estimados	Max Min	Instar 4	0.40 n= 440	NS
		2.71 2.46		
Rangos Estimados	Max Min	Instar 3	1.10 n= 78	NS
		1.94 1.76		
Rangos Estimados	Max Min	Instar 2	0.19 n= 47	NS
		1.38 1.26		
Rangos Estimados	Max Min	Instar 1		
		0.99 0.9		

### **Tamaño de la camada y la relación con el tamaño de la hembra.**

El promedio de crías sobre el dorso de hembras que parieron y murieron en laboratorio fue de  $13 \pm 3.4$  con un máximo de 16 y un mínimo de 10 ( $n=10$ ). Para tener datos exactos se disecaron 10 hembras preñadas que murieron en el laboratorio antes de parir, con estos datos se obtuvo un promedio de  $17 \pm 4.34$  crías con un máximo de 24 y un mínimo de 8.

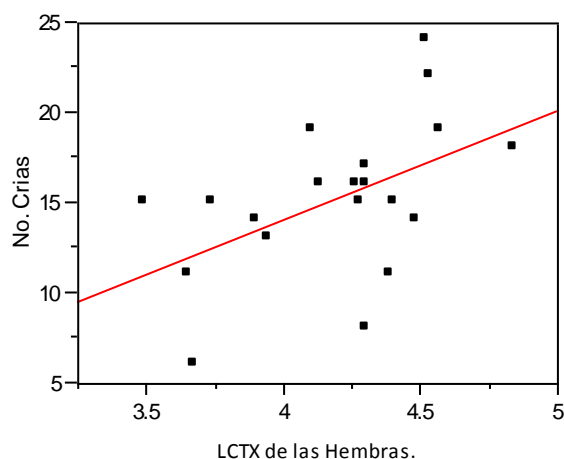
La población analizada de *Centruroides ornatus* en esta población tuvo una longitud promedio del caparazón cefalotorácico (LCTX) de las crías traídas del campo y que murieron en el laboratorio de  $0.936917 \pm 0.21$  mm ( $n=130$ ). Las hembras tuvieron en promedio  $13$  crías  $\pm 3.50$  por parto. De acuerdo a la ecuación de regresión el coeficiente o tasa de cambio fue negativo ( $-0.0306$ ), lo que significa que por cada milímetro que aumente el tamaño de la hembra el tamaño de la cría disminuirá en esa proporción (Fig. 2). Esta relación es estadísticamente significativa ( $p= 0.0004$ ); lo cual indica que las hembras más pequeñas tienen crías proporcionalmente más grandes; mientras que las hembras grandes tienen crías proporcionalmente más pequeñas.



$$LCTX \text{ cría} = 1.0609628 - 0.030584 LCTX \text{ Hembra.}$$

**Figura 2. Regresión lineal y ecuación de predicción del tamaño de crías con respecto al tamaño de la hembra (LCTX).**

Con la prueba de regresión aplicada para el tamaño de la hembra con respecto al número de crías (Fig. 3), se obtuvo una relación positiva estadísticamente significativa ( $p=0.0235$ ), lo que 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. Por el contrario entre menor sea el tamaño de la hembra menor será el número esperado de crías.



$$\text{No. Crías} = -10.00937 + 6.017273 \text{ LCTX Hembra}$$

**Figura 3. Regresión lineal y ecuación de predicción del número de crías con respecto al tamaño de la hembra (LCTX).**

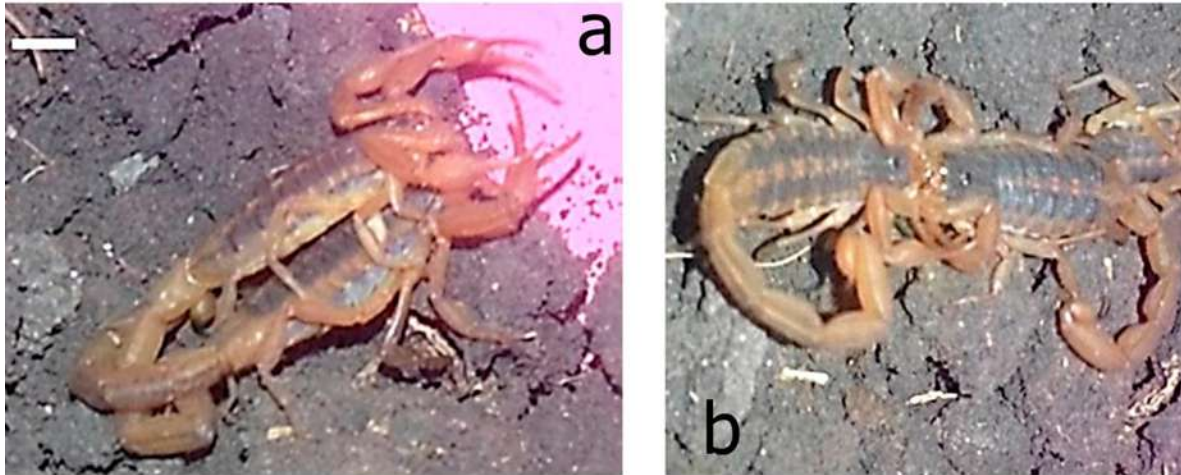
### **El cortejo y comportamiento de apareamiento**

De los individuos adultos llevados al laboratorio (n=40), se pudo filmar el apareamiento de dos parejas el cual se divide en seis fases, las cuales se describen a continuación:

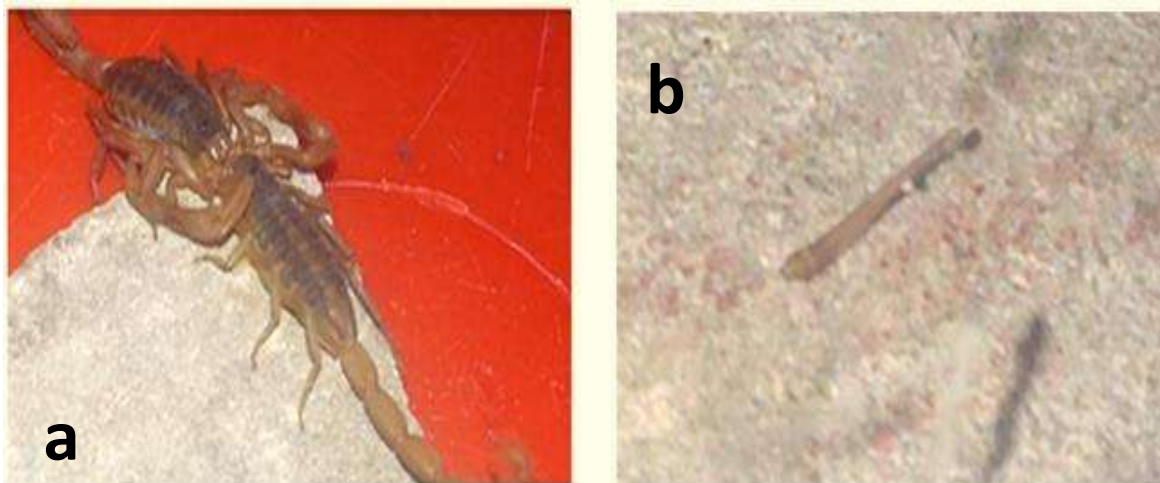
**“EL RECONOCIMIENTO DE PAREJA”:** En esta parte del cortejo, el macho asume la iniciativa de aproximarse a la hembra empezando a caminar detrás de ella con movimientos pectinales hacia atrás y hacia adelante. Una vez que el macho se acerca a la hembra la toma de una de sus quelas y comienza a encimarse en la hembra tomándola de la otra quela por encima del caparazón cefalotorácico, cuando esto sucede con las pectinas aún en movimiento, el macho comienza a frotarlas encima del mesosoma de la hembra y entonces se observa

un forcejeo entre ambos, la hembra trata de alejar al macho, dando pinchazos con su aguijón a este entre los terguitos en el mesosoma (Fig. 4a). El macho comienza a caminar delante de ella para posicionarse y tomarla de las quelas, de tal manera que las quelas de la hembra quedan entre los dedos de los pedipalpos del macho, con esto se da el “**AGARRE**” (Fig. 4b), fase del cortejo necesaria para que se inicia la siguiente etapa dentro del cortejo que se describe como “**DANZA**” o caminata para dos del francés “*promenade a deux*”, con una duración de 5 minutos y sesenta segundos en uno de los casos y en el otro de 13 minutos con dos segundos. Una vez que esto sucede, se derivan una serie de movimientos coordinados de ambos apareantes, siendo el macho quien comienza a jalar a la hembra, balanceando su cuerpo de un lado a otro acompañado por un jaloneo simultáneo de las quelas de los pedipalpos de la hembra, la cual en principio opone resistencia, lo que se observa por pequeñas pausas en las que la hembra se queda parada, es entonces cuando el macho se acerca y ocurre intercambio de masajes quelicerales, comportamiento denominado como “**BESUQUEO**”. Cuando esto sucede el macho hace movimientos metasomales lentos hacia ambos lados de su cuerpo, estimulando a la hembra para que continúe la caminata. Si hay otros alacranes cerca, el macho utiliza su metasoma para alejarlos, esto porque en uno de los casos filmados, había más individuos en el recipiente donde fueron colocados, para ser video grabados. Durante la caminata, el macho se encuentra en busca de un sustrato adecuado para fijar el espermatóforo. Cuando el macho identifica el sustrato adecuado (en este trabajo en los dos apareamientos observados usaron piedras con superficie lisa, lo cual

puede representar una preferencia reproductiva para esta especie). En esta etapa también hay otro acto de masaje queliceral o “**BESUQUEO**” (Fig. 5a).



**Figura 4. Comportamiento reproductivo en *C. ornatus* describiendo la etapa del “RECONOCIMIENTO DE PAREJA” (a) y la aceptación “AGARRE” (b) entre la hembra y el macho.**

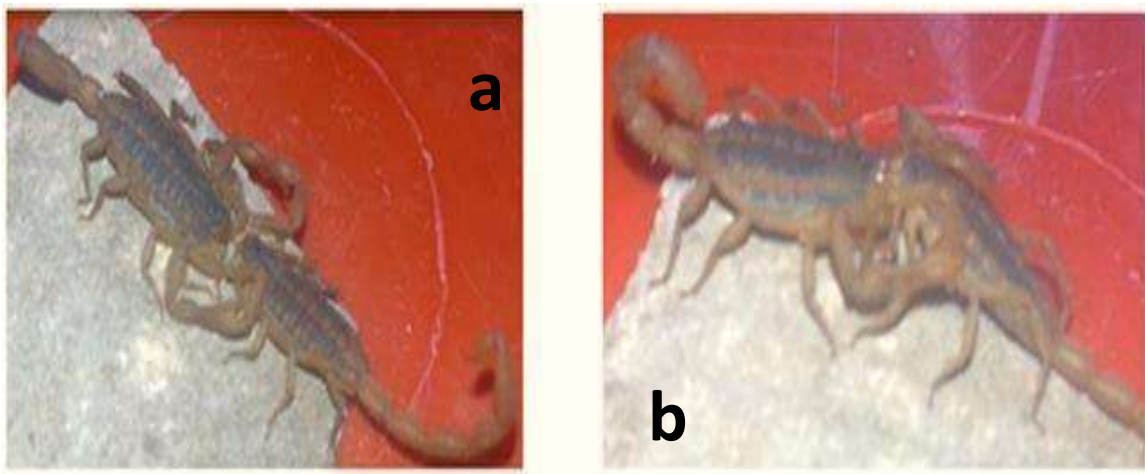


**Figura 5. (a) Etapa del “BESUQUEO” entre la hembra y el macho empezando así la caminata para dos o “Promenade a deux”, (b) Espermatozoon depositado por el macho de *C. ornatus*.**

## “ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO”

En esta fase ambos apareantes agitan rápidamente su primer par de patas tocándose simultáneamente; esto lo hacen con movimientos hacia atrás y hacia adelante, acompañados de movimientos de los quelíceros y movimientos de los pedipalpos hacia atrás y hacia adelante; en uno de los apareamientos se contaron 20 movimientos metasomales del macho hacia atrás y hacia adelante, mientras que en el otro apareamiento solo se contaron 15, lo que indica que encontró el sustrato adecuado para depositar el espermatóforo, en el primer caso estos movimientos tienen una duración de 48 segundos y en el otro 58 segundos, posteriormente el macho procede a limpiar el sitio en el que depositará el espermatóforo con un movimiento de su primer par de patas; este acondicionamiento es conocido como “**BARRIDO**” (Fig. 6a). Cuando esto sucede el macho inicia una serie de movimientos metasomales circulares por encima de su cuerpo (12 y 10 en los casos observados), más amplios hacia la parte posterior del cuerpo, con acercamientos de su opérculo genital al sustrato, hasta que se queda completamente quieto con el metasoma extendido hacia la parte posterior del cuerpo, durando 15 segundos en un caso y 13 en el otro. Cuando termina este proceso hace un levantamiento del mesosoma quedando apoyado únicamente en los dos últimos pares de patas y realiza movimientos verticales, este comportamiento parece estar relacionado con la expulsión del espermatóforo en el lugar seleccionado. Una vez fijo el espermatóforo, entonces jala a la hembra hacia adelante tratando de que su opérculo genital quede justo por encima del

espermátforo, con esto la hembra abrirá su opérculo genital permitiéndole tomar la masa espermática. Esta etapa tuvo una duración de 20 segundos en un caso y 33 en el otro y se conoce como **“TRANSFERENCIA ESPERMÁTICA”** (Fig. 6b). El espermátforo es de tipo flageliforme característico de la familia Buthidae con el tronco casi recto y el gancho basal al ducto espermático localizado en posición casi distal (Fig. 5b), lo que puede observarse en los restos esclerosados que quedan pegados al sustrato. Las hembras durante todo el apareamiento presentan la parte metasomal en posición de reposo.



**Figura 6. Se muestra la etapa del acondicionamiento del terreno o “BARRIDO” (a), para que el macho pueda depositar el espermátforo para que se pueda dar la “TRANSFERENCIA ESPERMÁTICA” (b).**

### **Comportamiento post apareamiento**

Después de que se lograra la absorción por penetración del espermátforo, aún en intentos fallidos se presenta la fase del comportamiento post-apareamiento, la cual consiste en un jaloneo por parte de la hembra tratando de romper el agarre,

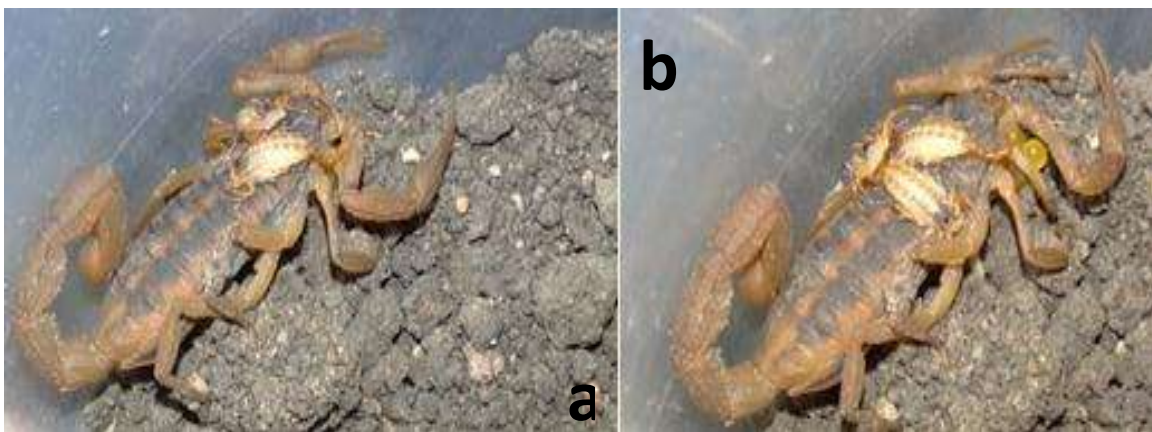
mientras que el macho reacciona con una serie de movimientos agresivos hacia la hembra tratando aún de sujetarla, esto lo hace con la finalidad de alejar a la hembra para poderla soltarla ya que en esta fase la hembra toma una actitud de defensa en contra del macho; aunque una vez que el macho suelta a la hembra este no huye y se queda en posición de acecho, mientras que la hembra con movimientos amenazantes trata de ahuyentarlo, esta fase tuvo una duración de 71 segundos y 64 segundos en los dos casos observados.

La duración total del cortejo y apareamiento en uno de los casos fue de 7 minutos con 34 segundos y en el otro de 15 minutos 74 segundos. Terminado el apareamiento, se da la fertilización e inicia el periodo de gestación. Las hembras separadas después del apareamiento duraron en gestación 3 meses, esto porque no se lograron mantener vivas, lo cual significa que el tiempo de gestación es mayor. En cambio las que se trajeron ya preñadas de la localidad en estudio y que se lograron filmar los partos, eran hembras que ya les faltaba poco tiempo para el parto, ya que al término de una semana en cautiverio, parieron.

## **Parto**

De 10 hembras preñadas observadas en laboratorio se pudo filmar el parto de dos de ellas, registrándose en ambos casos durante el día. La duración fue de 1 hora con 13 minutos y de 45 minutos 15 segundos, en los dos casos observados, iniciando con la hembra tomando una posición semejante a cuando está al acecho con la diferencia de que en este evento el primero y segundo par de patas están levantados y orientados hacia adelante al igual que el cefalotórax y la parte

anterior del mesosoma, mientras que las patas traseras se encuentra flexionadas de tal manera que genera espacio debajo del cuerpo, a la altura del opérculo genital y con el primer par de patas formando lo que se conoce como la “canasta maternal” (Fig. 7b). Esta “canasta” es utilizada para recibir a los recién nacidos. Las quelas de los pedipalpos permanecen abiertas y el metasoma levantado y dirigido hacia la parte anterior (Fig. 7a).



**Figura 7. Se muestra la posición que toma la hembra de *C. ornatus* para cuando va a ocurrir el parto (a). (b) Se muestra la “canasta maternal” formada por la hembra para recibir las crías.**

Aparentemente en cada contracción la hembra mueve los pedipalpos y el cuerpo suavemente hacia ambos lados para acompañar el nacimiento de cada una de las crías, las cuales nacen de una en una de forma variable bien sea de cabeza, o con el segmento metasomal primero. En los partos observados las crías nacen envueltas en una membrana, la cual rompen por sí mismas o con ayuda de los quelíceros de la madre, inmediatamente las crías suben al dorso de la progenitora utilizando las patas y pedipalpos de la misma. Se observó que las crías suben de uno en uno o hasta 3 ó 4 a la vez, tardando en promedio 12 minutos en llegar al

dorso de la madre (n=11). Estas se acomodan sin un orden aparente en el dorso de la madre. En uno de los partos observados se pudo ver canibalismo de la hembra quien se comió a 7 de las 14 crías paridas. Las crías cayeron del dorso de la hembra al estar pariendo y aunque intentaban volver a trepar ya no lo lograban y entonces la hembra al terminar el proceso del parto se alimentó de ellas.

## DISCUSIÓN

### Factor de crecimiento

El factor de crecimiento es una herramienta que permite establecer las edades en que se encuentran los alacranes; en su origen fue establecido por Dyar y Rhinebeck (1890), quienes midieron cápsulas cefálicas de insectos y encontraron que hay un crecimiento que puede explicarse con un modelo de incremento geométrico entre el tamaño de la edad inicial y la siguiente, por efecto del crecimiento discontinuo de los artrópodos. En particular para insectos establecieron que el crecimiento equivale a la raíz cúbica de 2, en el supuesto de que al crecer el animal duplica su masa, repartiendo este incremento en las tres dimensiones posibles, volumen, ancho y largo, por lo que para cada una se tendrá un incremento aproximado de 1.26-1.27 con respecto al tamaño anterior. Este principio fue retomado para otros grupos de artrópodos y en el caso de los alacranes (Sissom y Francke, 1983; Francke y Sissom, 1984; Ponce, 2003; Lourenço *et al.*, 2003; Lourenço y Goodman, 2006; Lourenço *et al.*, 2007; Lourenço *et al.*, 2008; Lourenço y Cloudsley-Thompson, 2010; Quijano-Ravell *et al.*, 2011; Michael, 2012), encontraron que puede establecerse un factor muy semejante y así poder determinar de manera indirecta el número de estadios necesarios para completar el ciclo de vida. Hay varios trabajos en los que se ha determinado un factor de crecimiento en especies de alacranes, encontrando variación desde 1.18 en *Tityus melanosticus* Pocock 1893 (Lourenço *et al.*, 2008) hasta 1.33 en *Tityus ocelote* (Francke y Stockwell, 1987) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Especies a las cuales se les ha estimado el factor de crecimiento.**

Espece	Autor	Factor	No. Instares
<i>Tityus melanosticus</i> Pocock 1893	Lourenço <i>et al.</i> (2008)	1.18	7
<i>Grosphus hirtus</i> Kraepelin 1901	Lourenço y Goodman (2006)	1.23	6
<i>Vaejovis bilineatus</i> Pocock	Sissom y Francke (1983)	1.26	6
<i>Vaejovis coahuile</i> Williams 1968	Francke y Sissom (1984)	1.24	6
<i>Chaerilus philippinus</i> Lourenco y Ythier 2008	Lourenço <i>et al.</i> (2008)	1.26	6
<i>Chactas reticulatus</i> Kraepelin 1912	Lourenço <i>et al.</i> (2003)	1.29	6
<i>Hottentotta caboverdensis</i> Lourenço y Ythier 2006	Lourenço <i>et al.</i> (2007)	1.29	7
<i>Tityus confluens</i> Borelli 1899	Michael (2012)	1.3	5
<i>Tityus ocelote</i> Francke y Stockwell 1987	Michael (2012)	1.33	5
<i>Tityus (Atreus) neblina</i> Lourenço 2008	Lourenco y Cloudsley-Thompson (2010)	1.29	5 y 6
<i>Hadrurus gertschi</i> Soleglad	Quijano-Ravell (2011)	1.27	7
<i>Centruroides balsasensis</i> Ponce y Francke 2004	Ponce (2003)	1.29	7
<i>Centruroides ornatus</i> Pocock 1902	Este trabajo	1.3	5 y 6
<i>Vaejovis aff. occidentalis</i> Hoffmann 1931	Ponce y Díaz-Mora (2002)	1.26	5 y 6

En este trabajo se determinó para *C. ornatus* un factor de crecimiento de 1.3 para los primeros instares y de 1.4 para el cambio de instar de 5 a 6.

### **Tamaño de la camada y la relación con el tamaño de la hembra.**

Se han realizado investigaciones sobre la inversión reproductiva de las hembras, definiéndose que estas se enfocan en utilizar los recursos para maximizar su aptitud mediante la producción de grandes camadas. En general las hembras más grandes tienen más espacio disponible para almacenar los embriones en

desarrollo, o son mejores en la obtención, la defensa, el almacenamiento y la asignación de recursos para la reproducción, por lo que sus camadas son más grandes, mientras que las hembras pequeñas tiene camadas menores (Brown *et al.*, 2003; Brown, 2004).

Es por esto, que el tamaño de la camada en alacranes es muy variable, el promedio en general con los datos disponibles es de 26 individuos por camada con un rango de 6 a 50 crías. Esta variación es comparable con la observada en otros grupos de arácnidos como Amblypygi (15-50); Pseudoscorpiones (3-40); Schizomida (6-30); Uropygi (12-40) Solifugae (20-164) y Opiliones (6-100) (Kästner, 1968).

Los datos obtenidos en este estudio muestran en promedio 17 individuos por camada, con un mínimo de 8 y un máximo de 24, variación similar a las camadas conocidas para otras especies (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Valores del tamaño de camada comparativos observados en cuatro especies de *Centruroides* de Michoacán y otras especies de la familia Buthidae, tomado y modificado de Ponce (2003).**

ESPECIE	TAMANO DE CAMADA	REFERENCIA
<i>C. anchorellus</i> Armas	22	Armas 1980
<i>C. exilicauda</i> (Wood)	24	Baerg 1954 (en Francke y Jones 1982)
<i>C. gracilis</i> (Latreille)	6	Baerg 1954 (en Francke y Jones 1982)
	20, 22 y 34	Armas 1980
	20, 26, 30, 42, 46	Francke y Jones 1982
<i>C. griseus</i> (C.L. Koch)	35	Baerg 1954 (en Francke y Jones 1982)
<i>C. guanensis</i> Franganillo	11	Armas 1980
<i>C. insulanus</i> (Thorell)	50	Baerg 1954 (en Francke y Jones 1982)
<i>C. limpidus</i> Karsch	12-30	Ponce 2003
<i>C. tecomanus</i> Hoffmann	25-36	Ponce 2003
<i>C. margaritatus</i> (Gervais)	40	Baerg 1954 (en Francke y Jones 1982)
<i>C. robertoi</i> Armas	11, 14	Armas 1981
<i>C. balsasensis</i> (Ponce y Francke 2004)	19-36	Ponce 2003
<i>C. vittatus</i> (Say)	23	Baerg 1954 (en Francke y Jones 1982)
<i>T. bastosi</i> Lourenço	20-30	Lourenço y Cloudsley-Thompson 2000
<i>T. insignis</i> (Pocock 1889)	20-30	Lourenço y Cloudsley-Thompson 2000
<i>T. strandi</i> Werner	20-30	Lourenço y Cloudsley-Thompson 2000
<i>C. ornatus</i> (Pocock 1902).	8-24	Guzmán-Pérez en prep.

Se determinó que las hembras de mayor tamaño tienen camadas más grandes pero formadas por individuos pequeños; asimismo las hembras de menor tamaño, tienen camadas más pequeñas pero formadas por individuos más grandes, situación que no se había reportado.

La relación entre tamaños de camada grandes y crías pequeñas así como camadas pequeñas formadas por crías grandes, no se habían reportado anteriormente para ninguna especie de alacrán, lo cual indica que esta especie no solo apuesta por la sobrevivencia al producir grandes camadas con individuos pequeños, sino también por camadas con menos individuos pero de mayor tamaño, lo que les pudiera ofrecer una mayor supervivencia.

### **El cortejo y comportamiento de apareamiento en *Centruroides ornatus***

Con base a los cortejos observados en el laboratorio con *Centruroides ornatus* Pocock 1902 se describen seis etapas: reconocimiento de pareja, agarre, danza, besuqueo, acondicionamiento del terreno o barrido y la transferencia espermática.

Algunas diferencias importantes de *Centruroides ornatus* con respecto a las descripciones de algunas otras especies de alacranes de las cuales se conoce su cortejo y apareamiento como en *Hadrurus arizonensis* Ewing 1928 (Tallarovic *et al.*, 2000), *Scorpiops iuridus* Zhu Lourenco y Qi 2005 (Jiao y Zhu, 2010), *Tityus (Atreus) magnimanus* Pocock, 1897 (Ross, 2009) y *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke 2004 (Ponce *et al.*, 2003) son:

Durante el reconocimiento de pareja el macho con movimientos pectinales hacia atrás y hacia adelante se acerca a la hembra, la toma de una de sus quelas y se sube al dorso de la hembra (Fig. 4a) para tomarla de la otra quela por encima del caparazón cefalotorácico; cuando esto sucede con las pectinas aún en movimiento, el macho comienza a frotarlas encima del mesosoma de la hembra y se presenta un forcejeo en el que la hembra trata de alejar al macho, dando

pinchazos con su aguijón en las membranas pleurales entre los terguitos del mesosoma para hacerlo caminar frente a ella y completar el agarre; este comportamiento se registra por primera vez para una especie del género *Centruroides*.

## **Parto**





Debido a que los nacimientos ocurren generalmente en lugares protegidos como madrigueras o bajo objetos, la mayoría de las observaciones sobre el comportamiento de parto de los alacranes se toman de los estudios de laboratorio (Williams, 1969). Un hecho interesante que surge de todos estos estudios es la notable similitud de comportamientos estereotipados a través de las especies.

En el caso de este estudio se registraron dos partos, ambos durante el día ya que por la noche no hubo registros de alumbramientos. En ningún otro trabajo sobre la descripción del parto en alacranes se había determinado el tiempo que dura este proceso, lo que en este caso se reporta de 1 hora con 13 minutos en uno de los casos y en el otro fue de 45 minutos 15 segundos. En *Centruroides ornatus* el parto inicia con la hembra tomando una posición con el segundo par de patas delanteras levantadas al igual que el cefalotórax y la parte anterior del mesosoma, mientras que las patas traseras se encuentra flexionadas hacia debajo formando lo que se conoce como “canasta maternal” Armas (1980). Esta “canasta” es utilizada para recibir a los nuevos individuos siendo este comportamiento variable entre los alacranes; en los Vejovidos (Williams, 1969) las hembras utilizan los dos primeros pares de patas para formar la cesta; mientras que Armas (1980) y Ponce

(2003) mencionan en forma generalizada que el género *Centruroides* sólo utiliza el primer par de patas delanteras para formar esta cesta, lo cual ocurre también en *Centruroides ornatus*. Mientras están naciendo las crías, las quelas de los pedipalpos permanecen abiertas y el metasoma levantado hacia la parte anterior, en cada contracción la hembra mueve los pedipalpos y el cuerpo suavemente hacia ambos lados (izquierdo y derecho) para acompañar el nacimiento de cada una de las crías, las cuales nacen de una en una. En los alacranes katoicogénicos que son los que se desarrollan en huevos pequeños y con poco vitelo, los embriones crecen en divertículos ciegos del oviducto sin membrana embrionaria, en estos el metasoma sale primero y se presentan en las familias Diplocentridae, Ischnuridae y Scorpionidae. En cambio en los Apoicogénicos que son los que se desarrollan en huevos muy grandes y con mucho vitelo, el embrión como es el caso del género *Centruroides*, crece sobre el oviducto y está rodeado por una membrana embrionaria (Polis, 1990 y Solís, 2009). En los partos observados las crías nacen envueltas en una membrana y suben al dorso de la hembra utilizando las patas y pedipalpos de la hembra, una vez ahí se liberan por sí mismos o la hembra les ayuda con los quelíceros a liberarse de la membrana; estas observaciones de manera generalizada son iguales a las que han hecho autores como Williams (1969) y Lourenço (2000). También se determinó que las crías suben al dorso de la hembra de uno en uno o hasta tres o cuatro a la vez, observación que se reporta por primera vez, tardando en promedio 12 minutos en llegar al dorso de la madre. En uno de los partos observados se pudo ver canibalismo de la hembra quien se comió a 7 de las 14 crías paridas. Observado con las crías que se cayeron del dorso de la hembra al estar pariendo, estas crías

intentaban volver a trepar al dorso de la hembra pero ya no lo lograban, era entonces cuando la hembra al terminar el proceso del parto se los comenzaba a comer. Este canibalismo puede suceder debido a las condiciones de laboratorio y las condiciones de estrés, producto del cautiverio como fue observado en *Tityus trivittatus* Kraepelin (Peretti, 1994 en Mahsberg, 2001), sin embargo los datos observados por Mahsberg (2001), con *Pandinus* demuestran que este comportamiento post-parto en el que se implica un proceso de canibalismo selectivo sobre las crías que no logran subir al dorso de la madre o que tienen algún tipo de problema físico, como deformaciones, anomalías en los apéndices u otro tipo de malformaciones.

## CONCLUSIONES

-  *Centruroides ornatus* requiere de 5 mudas y de 5 a 6 ínstaes para alcanzar el estado adulto.
-  El factor de crecimiento para los primeros cinco ínstaes es de 1.3 y de 1.4 para el último.
-  El promedio de crías por hembra es de 17, con un rango de 8 a 24 crías.
-  Se encontró que entre mayor sea el tamaño de la hembra se espera un mayor número de crías, pero de tamaño pequeño y por el contrario, entre menor sea el tamaño de la hembra menor será el numero esperado de crías, aunque estas serían de mayor tamaño.

☛ Se describieron 6 etapas en el cortejo y comportamiento de apareamiento las cuales son: reconocimiento de pareja, agarre, danza, besuqueo, acondicionamiento del terreno o barrido y la transferencia espermática.

☛ Por primera vez se reporta comportamiento del macho que incluye subirse al dorso de la hembra para intentar completar el agarre y el que la hembra use su aguijón para inyectar en las membranas pleurales al macho para que baje y así completar el agarre.

## Literatura citada.

- Armas, L. F. 1980. Aspectos de la biología de algunos escorpiones cubanos. *Poeyana*. 211:1-12.
- Allende, H. T. y Mendoza, M. E. 2007 Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo. No. 63 México, versión impresa ISSN 0188-4611.
- Benton, T. G. 1992. "Scorpions in a cold climate." *New Scientist*, vol. 134(1821).15.
- Benton, T. G. 2001. Reproductive ecology. In Brownell, P., and Polis, G. A. (eds.), *Scorpion Biology and Research*, Oxford University Press, New York, 278.
- Brown, C. A., Sanford, B. M. y Swerdon, R. R. 2003. Clutch size and offspring size in the wolf spider *Pirata sedentarius* (Araneae, Lycosidae). *The Journal of Arachnology* 31:285-296.
- Dyar, H. G. y Rhinebeck N. Y. 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche* 5: 420-422.
- Enríquez, V. O. L. 2012. Hábitats de la cuenca del lago de Cuitzeo. Tesis de licenciatura. De la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Fox, C. W. y Czesak, M. E. 2000. Evolutionary ecology of progeny size in arthropods. *Annual Review of Entomology* 45:341-369.
- Francke, O. F. 1976. Observations on the life history of *Uroctonus mordax* Thorell (Scorpionida, Vaejovidae). *Bulletin of the British Arachnology Society* 3:254-260.
- Francke, O. F. 1981. Birth behavior and life history of *Diplocentrus spitzeri* (Scorpiones: Diplocentridae). *Southwestern Naturalist* 25: 517- 524.

- Francke, O. F. 1982. Parturition in scorpions (Arachnida, Scorpiones): A review of the ideas. *Revue arachnology*. 4:27-37.
- Francke, O. F. y Jones, S. K. 1982. The life history of *Centruroides gracilis* (Scorpiones, Buthidae). *Journal of Arachnology*, 10:223-239.
- Francke, O. F. y Sissom, D. W. 1984. Comparative review of the methods used to determine the number of molts to maturity in scorpions (Arachnida) with analysis of the post-birth development of *Vaejovis coahuilae* Williams (Vaejovidae). *Journal of Arachnology* 12:1-20.
- Jiao, G. B. y Zhu, M. S. 2010. Courtship and mating of *Scorpiops iuridus* Zhu, Lourenco y Qi 2005 (Scorpiones: Euscorpiinae), from X'Zang province, China. *Venenom Anim Toxins*: 15(1):156.
- Kaestner, A. 1968. *Invertebrate Zoology*, Vol. 2. Interscience Publ. A. D. John Wiley y Sons. 472 pp.
- Lourenco, W. R. y Cloudsley-Thompson J. L. 1999. Variation in energy spent on reproduction between forest and savanna populations of *Pandinus imperator* (Koch) (Scorpiones, Scorpionidae) in the Ivory Coast. *Bulletin of the British Arachnological Society* 11 (4): 136-138.
- Lourenco W. R. 2000. Reproduction in scorpions, with special reference to parthenogenesis. In: Toft S, Scharff N, editors. *European Arachnology 2000. Proceedings of the 19th European Colloquium of Arachnology*; 71-85.
- Lourenco, W. R. y Goodman, S. M. 2006. Notes on the postembryonic development and ecology of *Grosphus hirtus* Kraeplin 1901 (Scorpiones: Buthidae) from the Parck National d'Ankarafantsika, northwest Madagascar. *Zoologischer* 244:181-185.
- Lourenco, W. R. y Cloudsley-Thompson, J. L. 2010. The life cycle of *Tityus (Atreus) neblina* Lourenco, 2008 (Scorpiones, Buthidae) in "Cerro de la Neblina", Brazil/Venezuela. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 47: 293-298.

- Lourenco, W. R., Andrzejewski, V. y Cloudsley-Thompson, J. L. 2003. The Life History of *Chactas reticulatus* Kraepelin, 1912 (Scorpiones, Chactidae), with a Comparative Analysis of the Reproductive Traits of Three Scorpion Lineages in Relation to Habitat. *Zoologischer Anzeiger* 242:63-74.
- Lourenco, W. R., Ythier, E. y Cloudsley-Thompson, J. L. 2007. Parthenogenesis in *Hottentotta caboverdensis* Lourenco y Ythier, 2006 (Scorpiones, Buthidae) from the Cape Verde Islands. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 41: 193-196.
- Lourenco, W. R., Ythier, E. y Cloudsley-Thompson, J. L. 2008. Observations on the life history of *Chaerilus philippinus* (Scorpiones, Chaerilidae) from the Philippines. *C.R. Biologies*, 331: 896-900.
- Márquez, E. 2000. "Historias de vida" [[prof.usb.ve/ejmarque/cursas/ea2181/demo01.html](http://prof.usb.ve/ejmarque/cursas/ea2181/demo01.html)] 27 de Febrero de 2015.
- Mahsberg, D. 2001- Brood care and social behavior. En: P. Brownell y G. Polis (Eds.). *Scorpion Biology and Research*. New York. 257-277.
- Michel, S. 2012. Developmental stages and reproductive biology in *Tityus confluens* Borelli 1899 and *Tityus ocelote* Francke y Stokwell 1987 (Scorpiones: Buthidae), Department of evolutionary biology, Faculty of life science. University of Viena, Austria. Vol.21: 1-16.
- Peretti, A. V. 1991. Comportamiento de apareamiento de *Zabius fuscus* (Thorell) (Buthidae, Scorpiones). *Bol. Soc. Biol. Concepción, Chile*, 62:123-146.
- Peretti, A. V. 1995. Structure and function of the hemispermatothore and spermatophore of *Bothriurus flavidus* Kraepelin (Scorpiones, Bothriuridae). *Iheringia, Sér. Zool.*, (78): 29-37.
- Peretti, A. V. 1996. Análisis del comportamiento de transferencia espermática de *Bothriurus flavidus* Kraepelin (Scorpiones, Bothriuridae). *Rev. Soc. Entomol. Arg.* 55.

- Polis, G. A. 1990. *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press, California, USA. 587 p.
- Polis, G. A. y Sissom, W. D. 1990. Life history. In: G. A. Polis (Ed.). *The biology of scorpions*. California, Stanford University Press, 587 p.
- Ponce, S. J. 2003, *Ecología y distribución del Género Centruroides Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae)*, Tesis Doctoral, en la depresión del balsas en el estado de Michoacán México, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias.
- Ponce, S. J. y Díaz-Mora, C. 2002. Alacranes (ARACHNIDA: SCORPIONES) de Colola, Municipio de Aquila, Michoacán, México. *Revista Ciencia Nicolaita* 33:19-28.
- Ponce, S. J., Moreno B. R. J. y Miranda L. E. P. 2003. Cortejo y comportamiento de apareamiento de *Centruroides* sp. nov. (Scorpiones: Buthidae) en condiciones de laboratorio. *Biológicas* 5. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 64-70.
- Quijano, R. A. F., Ponce, S. J. y Francke, O. F. 2011. Ciclo de vida de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Luridae) en una localidad del Estado de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología*, 19:133-145 p.p.
- Ross, L. K. 2009. Notes and observations on courtship and mating in *Tityus (Atreus) magnimanus* Pocock, 1897 (Scorpiones: Buthidae). *J Venom Anim Toxins incl Trop Dis*; 15(1):43-53.
- Smith, D. R. y Fretwell, S. D. 1974. The optimal balance between size and number of offspring. *American Naturalist* 108 (962):499-506.
- Stearns, S. C. 1992. *The Evolution of Life Histories*. Oxford, Oxford University Press, 262 p.

- Sissom, D. W. y Francke, O. F. 1983. Post-Birth development of *Vaejovis bilineatus* Pocoko (Scorpiones: Vaejovidae). Department of biological sciences, Texas Tech University Lubbock, Texas. J. Arachnol. 11:69-75 p.p.
- Solís, B. C. 2009. Apareamiento de *Diplocentrus melic* (Scorpionidae: Diplocentrinae) trabajo de experiencia resepcional. Universidad Veracruzana, facultad de Biología; 1-28 pp.
- Tallarovic, S. K., Melville, J. M. y Brownell, P. H. 2000. Courtship and mating in the giant desert hairy scorpion, *Hadrurus arizonensis* (Scorpionida, Iuridae). J Insect Behav; 13(6):827-38.
- Williams, S. C. 1969. Birth activities of some North American scorpions. Proc. Calif. Acad. Sci., 37:1-24.
- Williams, S.C. 1987. Scorpion bionomics. Annual Review of Entomology, 32: 275-295.

## CAPÍTULO II.

### **ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN LA CUENCA DE CUITZEO**

#### **Resumen**

El trabajo se llevó a cabo en una localidad ubicada a orillas del Lago de Cuitzeo en el municipio de Álvaro Obregón, estado de Michoacán, conocido como “Chehuayito”, con la finalidad de establecer en campo algunos aspectos ecológicos de *Centruroides ornatus* Pocock 1902. Se delimitaron dos cuadrantes de 1000 m<sup>2</sup> cada uno, en los que se hicieron muestreos mensuales durante un año, para estimar tamaños poblacionales utilizando el método de captura y recaptura múltiple de Jolly-Saber (1965). Los animales se marcaron en el mesosoma y metasoma con pintura acrílica no tóxica, asignándole un número a cada ejemplar y así poder identificarlo si se recapturaba. Se utilizó un esfuerzo de cuatro horas/hombre, definidas como una hora de trabajo efectivo por persona utilizando una lámpara de luz ultravioleta. Se registró sexo, longitud del cefalotórax, el sitio exacto de captura, la actividad aparente del individuo y la hora de colecta. Con respecto al tamaño poblacional, se encontró que para el cuadrante A, la estimación máxima fue en agosto con 186.7 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (1867 ind./Ha), y la mínima en abril con 34 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (340 ind./Ha); para el cuadrante B la estimación máxima fue en mayo con 65.8 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (658 ind./Ha), y la mínima en enero con 3.2 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (32 ind./Ha). Se determinó la estructura poblacional y se

encontraron 4 instares y dos tamaños de adultos. En cuanto a la proporción sexual, para el cuadrante A se encontró diferencia en junio, septiembre, octubre, noviembre y marzo, registrándose más machos que hembras ( $2\♂:1\♀$ ), mientras que para el cuadrante B la diferencia se tuvo en junio, septiembre y enero, siendo mayor el número de hembras ( $1\♂:2\♀$  y  $1\♂:3\♀$ ). Con respecto a la fenología, para el cuadrante A se obtuvo una mayor densidad de individuos en mayo, julio, agosto, octubre y noviembre, mientras que para el cuadrante B la mayor densidad se presentó en mayo, julio y octubre. En cuanto a la actividad superficial, en ambos cuadrantes las principales actividades fueron caminando, al acecho y en reposo; las menos frecuentes fueron alimentándose y en cortejo. Para el desplazamiento se obtuvo que en el cuadrante A, las hembras caminan más durante marzo, abril y mayo, mientras que en el cuadrante B, se encontró un mayor desplazamiento de los machos en mayo, diciembre, enero y marzo.

## Introducción

Los escorpiones son invertebrados terrestres que pertenecen al Phylum Arthropoda, Subphylum Chelicerata, Clase Arachnida, Orden Scorpiones (Francke, 2014). Se alimentan principalmente de insectos y arañas, aunque también se da el canibalismo cuando los individuos son pequeños (González, 2012). Estos arácnidos salen durante la noche de sus madrigueras o refugios y esperan al acecho a sus presas, llegando a devorar varios insectos por noche. Las especies más grandes pueden cazar incluso pequeños vertebrados, es por eso que desde el punto de vista ecológico, se les considera como reguladores de poblaciones de artrópodos (Prendini, 2006). De igual manera, cuando las circunstancias así lo imponen, pueden permanecer largos periodos sin comer, y soportar ayunos que pueden durar hasta varios meses, durante los cuales su metabolismo se reduce al mínimo (Charry, 2006).

Sin embargo, existe poca información sobre los parámetros poblacionales de los alacranes, como la densidad, proporción de sexos, la estructura de edades y el tamaño de las poblaciones, así como el comportamiento específico (Ponce, 2003). Se tienen conocimientos básicos de ecología de poblaciones de muy pocas especies; por ejemplo, *Paruroctonus mesaensis* Stahnke, 1957; *Hadrurus arizonensis* Ewing, 1928; *Paruroctonus luteolus* Gertsch y Sologlad, 1966 y *Vaejovis confusus* Stahnke, 1940 (Polis y McCormick, 1986); *Urodacus yaschenkoi* Birula, 1903; *Urodacus manicatus* Thorell, 1876 de la familia Urodacidae, *Centruroides vittatus* Say, 1821 (Brown *et al.*, 2002 y Yamashita,

2004); *Thestylus aurantiurus* Yamaguti y Pinto-da-Rocha, 2003 (Yamaguti y Pinto-da-Rocha, 2006); *Mesobuthus gibbosus* Brulli, 1832 (Kaltsas *et al.*, 2006); *Buthus occitanus* Amoreux, 1789 (Castilla y Pons, 2007) y *Microtityus jaumei* Armas, 1974 (Cala-Riquelme y Colombo, 2010).

En México, los pocos estudios sobre aspectos ecológicos se reducen a unas cuantas especies del género *Centuroides*. Ponce *et al.* (1999) determinan épocas de apareamiento de *C. infamatus* Koch, 1844 y *C. limpidus* Karsch, 1879 y la entonces subespecie *tecomanus*. Describen dos períodos de apareamiento, entre julio y agosto y entre octubre y diciembre para *C. infamatus*, para *C. limpidus*, además de las dos épocas determinadas para *C. infamatus*, se sugiere un comportamiento iteróparo con una tercera época de apareamiento en el mes de abril. Estimando también el tamaño promedio para los diferentes estadios por los que pasan ambas especies hasta alcanzar el estado adulto. Ponce *et al.* (2006) considerando dos edades, adultos y juveniles en ambos sexos determinaron la actividad superficial y utilización del hábitat por *C. balsasensis* encontrando que los juveniles representaron una proporción menor (28%) del total de observaciones y el resto fueron adultos distribuidos en 40% de machos adultos y 32% de hembras. Durante la noche la actividad principal es la del acecho (52%), seguido por los que se encontraron caminando (23%) o en reposo (22%). Este patrón fue consistente independientemente de la edad o el sexo. Con respecto a las diferentes partes del hábitat, el sitio de captura más frecuente fue sobre el suelo (30%) o sobre las piedras (20%). El patrón de actividad y uso del hábitat no es diferente dependiendo del sexo ni de la edad. Es relativamente más común

encontrar juveniles sobre ramas y en esta edad no se registraron sobre corteza, microhábitat que quizá este reservado para los adultos. Con *C. limpidus* Ponce y Vázquez (2007) midieron la frecuencia de captura, estimaron proporción sexual, tamaño de la población, densidad y biomasa, encontrando que la mayor frecuencia de captura se presentó en la época más seca y cálida del año, en el mes de mayo, antes de las lluvias. Los ejemplares se clasificaron en adultos y juveniles obteniendo que el 62.86% fueron adultos, con mayor abundancia de hembras, sin que esto represente una proporción sexual distinta a 1:1. El resto de los individuos fueron juveniles que representaron el 37.14% de la abundancia. Se utilizó el método de marcaje-recaptura de Lincon-Petersen (Krebs, 2000), para estimar el tamaño poblacional en 800 m<sup>2</sup>, encontrando una población de 35 individuos, lo que equivale a cuatro alacranes por cada 100 m<sup>2</sup>, de donde la densidad en el área es de 0.044 alacranes/m<sup>2</sup>. La biomasa en peso fresco fue obtenida para la población fue de 0.223 Kg/Ha, en la época de secas. Ponce y Díaz-Mora (2002) en el Municipio de Aquila, Michoacán, determinaron que *C. tecomanus* Hoffmann (entonces subespecie de *C. limpidus*) fue la especie dominante con un 76.54%, y con una proporción de sexos 1:1, mientras que la segunda especie más abundante fue *Vaejovis* aff. *occidentalis* Hoffmann (21.73 %). Las especies menos abundantes fueron *V. aff. Intrepidus* (1.48 %), ya que se registraron únicamente seis ejemplares y sólo un ejemplar de *C. nigrenscens* Pocock (0.25 %). También se realizó un análisis morfométrico de las dos especies dominantes y se estimó el número de instares necesarios para llegar al estado adulto, utilizando para ello las medidas de los individuos adultos y los recién nacidos aún sobre el dorso de su madre. Ellos encontraron que es muy probable

que *Vaejovis aff. occidentalis* requiera de seis instares para llegar a su etapa reproductiva y los instares preadultos en campo tengan en su longitud corporal muy parecida a los adultos.

Estos parámetros poblacionales como estructura poblacional, abundancias, épocas de apareamiento, actividad superficial y proporción sexual son fundamentales para la comprensión y el estudio de la biología y la ecología de escorpiones que están siendo generados con trabajos como el que ahora se presenta. Debido a la importancia médica que tienen diversas especies del género *Centruroides* entre ellas *C. ornatus* Pocock 1902, es relevante conocer su situación en esta región, en la cual su presencia puede considerarse un problema de salud pública.

### **Objetivo**

Determinar la estructura poblacional de *C. ornatus* en la cuenca del Lago de Cuitzeo.

### **Objetivo Particulares.**

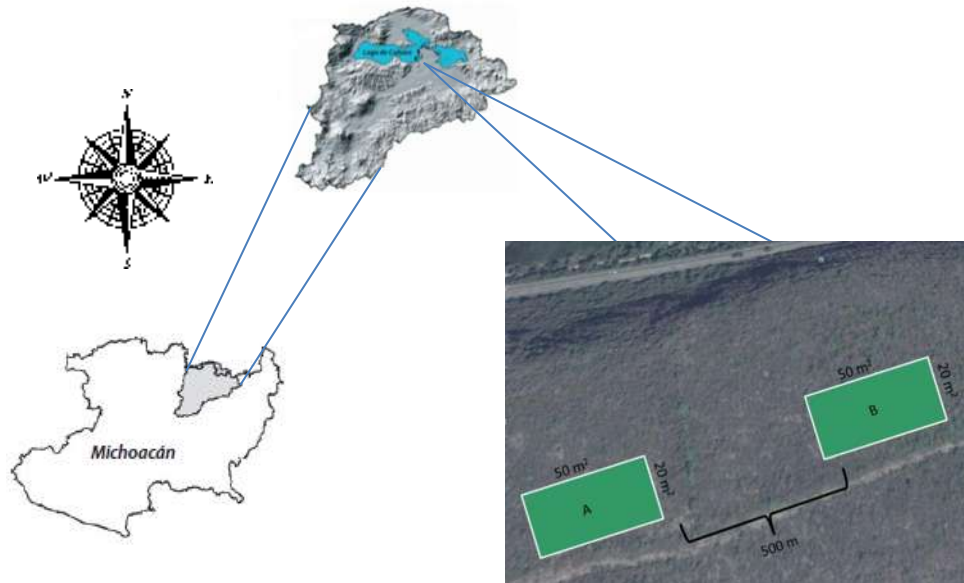
- Determinar el tamaño poblacional, proporción de sexos y estructura de edades de la población de *C. ornatus* en “El Chehuayito”, Mpio. de Álvaro Obregón, Michoacán.
- Establecer la fenología mediante la fluctuación poblacional medida en densidad y patrón de actividad superficial medida en abundancia relativa por sexo y por edad, durante un ciclo anual.

- Determinar la capacidad de desplazamiento diferencial entre adultos de ambos sexos.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio.**

El muestreo se llevó a cabo en dos sitios seleccionados en una localidad de la cuenca de Cuitzeo, conocido como Chehuayito Municipio de Álvaro Obregón Michoacán México, localizado en los 19° 51' 47" de latitud Norte y en los 101° 07' 59" de longitud Oeste y cuya altitud está entre 1892 y 1960 msnm (Fig. 1). En el área se encuentran principalmente suelos arcillosos (Vertisoles, Acrisoles) y francos (Andosoles). Tiene un clima templado con lluvias en verano, donde su régimen de lluvias es caracterizado por presentar diez veces más precipitación en el mes más húmedo (Julio) que en el mes más seco (Febrero), de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (2004), su fórmula climática es (Cb(wo)(w)) (Allende y Mendoza, 2007).



**Figura 8. Ubicación de los sitios de estudio (A y B) en la Cuenca de Cuitzeo; Chehuayito Municipio de Álvaro Obregón Michoacán. Elaborado con insumos de Allende (Allende y Mendoza, 2007) y Google Earth.**

La vegetación se caracteriza por un matorral subtropical arbóreo muy perturbado, este tipo de asociación vegetal con fenología subcaducifolio, de hojas micrófilas y crasicale, crece sobre terreno plano y laderas con una inclinación de  $10^\circ$ . Está en altitudes de 1752 a 2100 msnm. Se observan 3 estratos: el arbóreo con una cobertura de 15% a 20% con una altura de 5 a 7 m, el arbustivo con una cobertura de 0% a 15% con una altura de 2 a 4 m, y el herbáceo con una cobertura de 2% a 7% con una altura de 1 a 2 m. La vegetación es muy escasa, presenta un estado de conservación malo por su uso para la ganadería. Las especies que se encuentran en esta área son: *Acacia pennulata*, *Acacia farnesiana*, *Erythrina coralloides*, *Ipomea murucoides*, así como diferentes especies del género *Opuntia* (Enríquez, 2012).

## **Trabajo de campo.**

En esta localidad se delimitaron dos cuadrantes (A y B) de 1,000 m<sup>2</sup> (50 m x 20 m) cada uno, separados al menos 500 m uno del otro, con el fin de incluir la mayor parte de la heterogeneidad del sitio. Se delimitaron utilizando estacas y cuerdas marcando con aerosol no tóxico cada esquina de los cuadrantes. El cuadrante A se caracteriza por presentar zonas más abiertas, con menos cobertura arbórea y arbustiva, con una mayor exposición a la luz solar y por lo tanto con menor humedad. En esta zona se encuentra una gran cantidad de rocas cubiertas por pastizales y herbáceas, esto hace suponer que hay una mayor disponibilidad de refugios y de recursos (Fig. 9).



**Figura 9. Imagen donde se muestra la caracterización del cuadrante A en el lugar de estudio.**



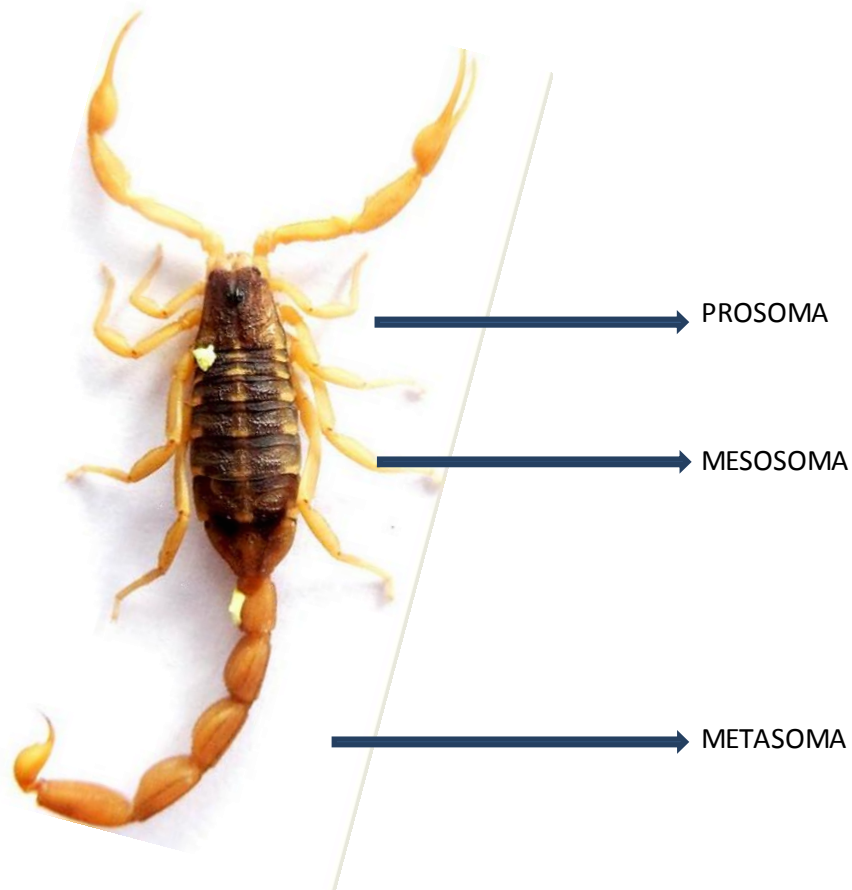
**Figura 10. Imagen donde se muestra la caracterización del cuadrante B en el lugar de estudio.**

Por el contrario el cuadrante B, tiene más cobertura arbórea y arbustiva, así como herbácea, con menos zonas rocosas y una mayor cantidad de pastizales, lo cual pudo haber afectado el muestreo debido a la poca visibilidad, ya que no permitía la total penetración de la luz uv a la hora del muestreo. Esta zona tiene una menor exposición al sol, y por lo tanto se encuentra una mayor humedad (Fig. 10).

En ambos cuadrantes, los muestreos se llevaron a cabo cada mes durante cuatro días consecutivos en un ciclo anual, todos ellos se realizaron durante los primeros 15 días del mes, con la finalidad de aprovechar los días sin luna llena.

## **Estimaciones poblacionales.**

Se utilizó el método de captura y recaptura múltiple de Jolly-Saber (1965), del programa Ecological Methodology (Krebs, 2000), para estimar el tamaño de la población. Se asumió que la población era abierta, donde existían cambios debido a los nacimientos, muertes, ganancias y pérdidas por migración e inmigración (Smith y Smith, 2001). Se utilizó un esfuerzo de 4 horas (definidas como 1 hora de trabajo efectivo por cada persona utilizando una lámpara de luz ultravioleta), recorriendo el cuadrante buscando en las rocas, pasto, árboles, etc. Los alacranes encontrados fueron marcados en el mesosoma y metasoma utilizando pintura acrílica no tóxica y una ramita, utilizando un formato numérico tomando los 7 segmentos del mesosoma como las decenas, tanto del lado izquierdo como del lado derecho llegando hasta el número 140, y los 5 segmentos del metasoma como las unidades tomando en cuenta también el lado izquierdo y el derecho (Fig. 11). Para cada individuo marcado se registró el sexo, longitud del cefalotórax, el sitio exacto de captura, la actividad aparente del individuo y la hora de colecta. Las mismas mediciones se hicieron para la recaptura. Al atraparse un ejemplar, se colocó dentro de una bolsa de plástico Ziploc® en el sitio en el que se encontró para ser liberado al final del trabajo de recaptura. Estos datos se vaciaron a una hoja de cálculo para tener información sobre: la estructura poblacional, tamaño poblacional, proporción de sexos y proporción de adultos.



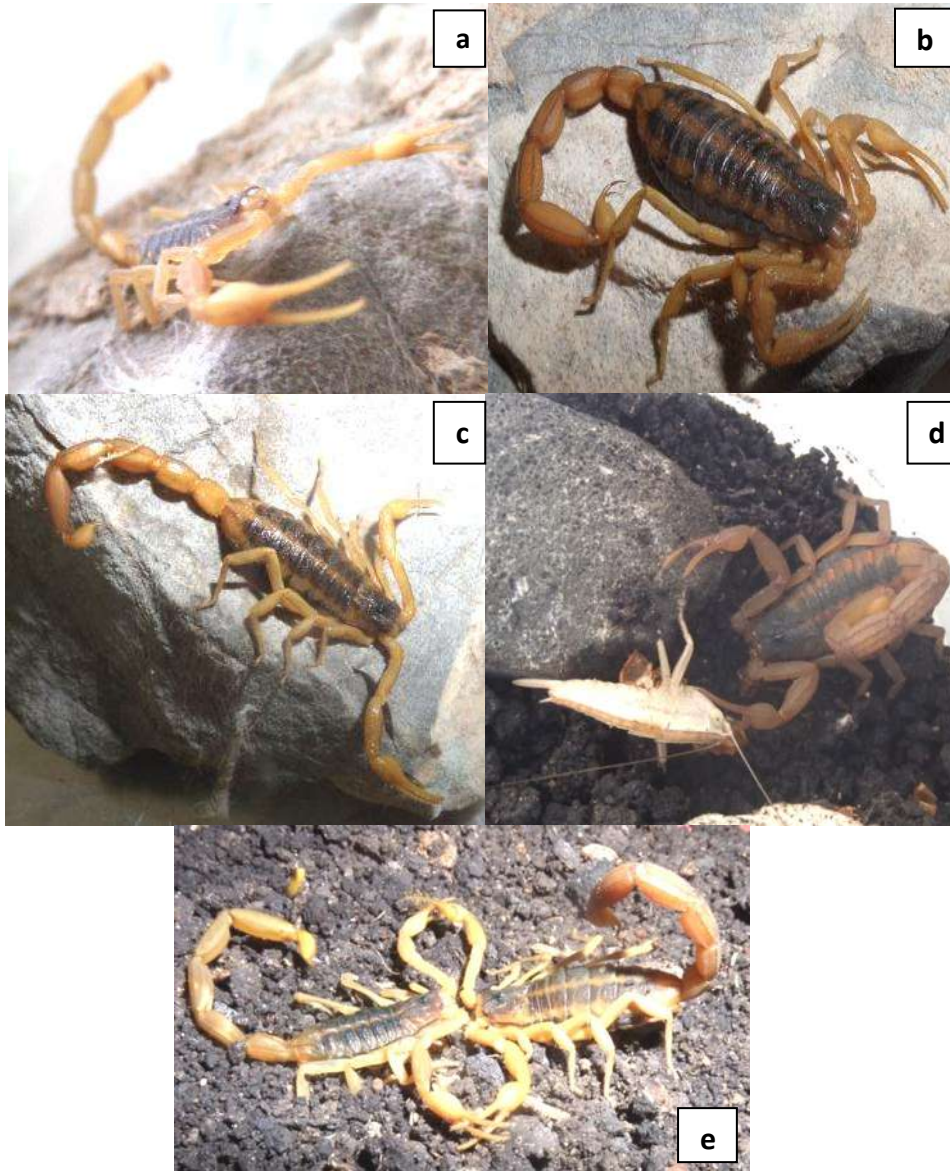
**Figura 11. Imagen donde se muestra como se marcaron los alacranes dentro de los cuadrantes. Lado izquierdo en mesosoma que representa el No. 10 y en metasoma el lado izquierdo del segmento I que representa el No. 1. En este ejemplo se muestra cómo quedaría marcado en el campo el individuo número 11.**

### **Análisis de Datos**

La fenología fue establecida midiendo la fluctuación poblacional durante un ciclo anual, considerando la distribución de los diferentes instares durante el año. Para obtener la densidad se consideraron los cuadrantes usados para la captura y las estimaciones derivadas de la aplicación del método de captura-recaptura. Para

determinar el patrón de actividad superficial, se registraron los datos de la actividad aparente del individuo tomando cinco actividades básicas: a) **al acecho** se registraría cuando el animal estaba en posición estática, con el metasoma levantado, con los pedipalpos levantados y con las quelas abiertas (Fig 12a); b) **en reposo** que se caracteriza por la posición de la cola, la cual cuando el animal no espera una presa o está en un sitio protegido, se encuentra sobre el sustrato, y los pedipalpos no están extendidos o levantados, sino recogidos hacia el cuerpo y con las quelas cerradas (Fig. 12b); c) **caminando** cuando se encontraba al individuo trasladándose de un lugar a otro (Fig. 12c); d) **alimentándose** al encontrarlos con alimento sujetándolo con las quelas y pegados a los quelíceros (Fig. 12d) y e) **en cortejo** al encontrarlos en pareja y tomados por los pedipalpos (Fig. 12e). También se midió la abundancia relativa por mes, por sexo y por edad utilizando dos edades: adultos y juveniles.

El desplazamiento lineal de los animales se obtuvo de los valores obtenidos del registro en un sistema de coordenadas **X-Y** (20 x 50 m) utilizados en ambos cuadrantes, en donde se registró cada ejemplar al ser marcado y al ser recapturados. Se calculó el desplazamiento que ocurre en un lapso de 24 y 48 horas.



**Figura 12. Imágenes donde se muestran las diferentes actividades que se tomaron en el trabajo de campo. a) Al acecho, b) caminando c) en reposo d) alimentándose e) cortejo.**

## Resultados.

### Estimación del tamaño de las poblaciones.

Se capturaron 2559 individuos de los cuales hubo 1816 capturas y 743 recapturas. En el cuadrante A se tuvo una estimación mínima de 3.4 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (340 individuos/Ha) correspondientes al mes de abril del 2014, mientras que la estimación máxima para este cuadrante fue de 18.67 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (1867 individuos/Ha) correspondiente al mes de agosto 2013. Se observaron dos picos poblacionales en la temporada de lluvias, el primero en el mes de agosto (1867.1 individuos/Ha) y el segundo en octubre (1102 individuos/Ha) y un tercer pico en la época de secas en el mes de enero (1302 individuos/Ha) (Fig. 13).

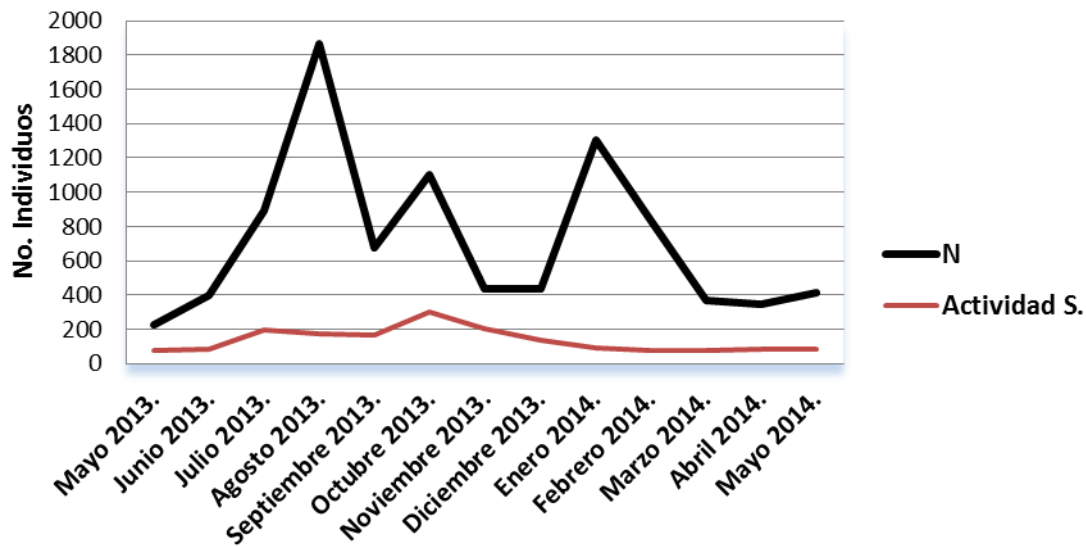


Figura 13. Gráfico donde se muestra el tamaño poblacional (N) de *C. ornatus* para el cuadrante uno, con la actividad observada. Actividad S representa los individuos vistos y N individuos calculados.

El cuadrante B presentó una estimación mínima de 0.32 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (32 individuos/Ha), que corresponde al mes de enero del 2014, mientras que la estimación máxima para este cuadrante fue de 6.58 alacranes por cada 100 m<sup>2</sup> (658 individuos/Ha) que corresponde al mes de mayo del 2014. Se presentaron tres picos poblacionales al igual que en el cuadrante A; sin embargo, estos fueron en diferentes meses, julio del 2013 (393 individuos/Ha) y mayo del 2014 (658.5 individuos/Ha) (Fig. 14).

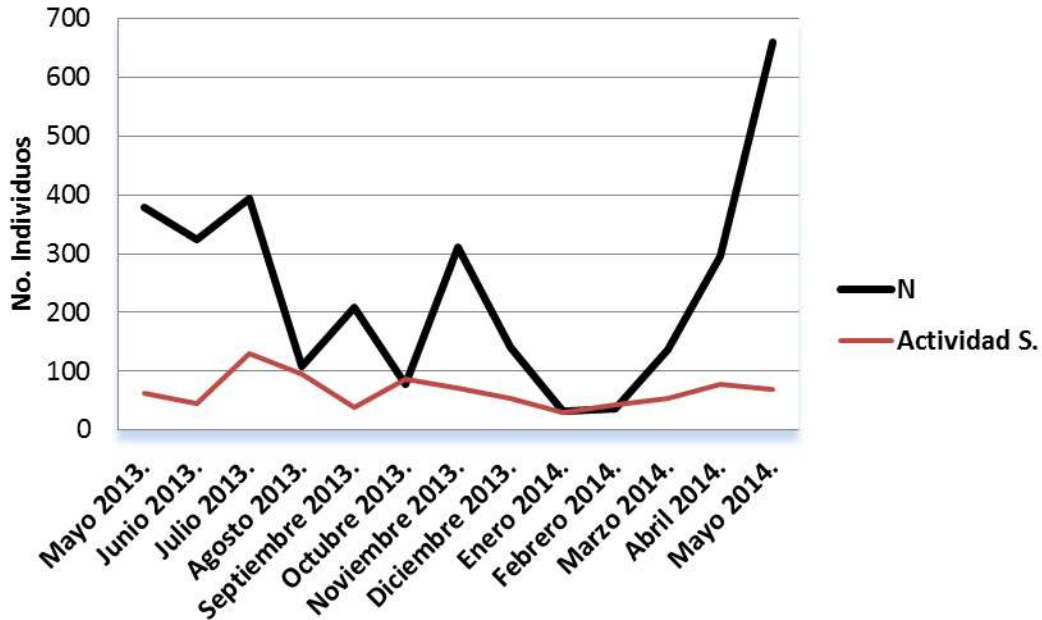


Figura 14. Gráfico donde se muestra el tamaño poblacional (N) de *C. ornatus* para el cuadrante dos, con la actividad observada. Actividad S representa los individuos vistos y N individuos calculados.

## **Determinación de la estructura poblacional**

Con la información de los alacranes medidos en el campo, incluyendo capturas y recapturas, se realizó la asignación de edades de acuerdo con la longitud del cefalotórax (LCTX) (Cuadro 4). Se distinguieron cuatro instares (no se incluyeron los animales de instar 1 por estar sobre la madre y 2 por no poder detectarlos en actividad) y dos tamaños de adultos. Los adultos fueron catalogados de acuerdo con la longitud del cefalotórax; los machos grandes midieron entre 4.22 y 4.48 mm; machos pequeños de 3.13 a 4.16; hembras grandes de 4.6 a 4.72 y hembras pequeñas de 3.13 a 4.16.

Para ambos cuadrantes los machos adultos pequeños fueron los más abundantes seguidos de las hembras adultas pequeñas. En los cuatro instares preadultos se observó que el instar cuatro está presente todo el año con fluctuaciones a través del año, lo cual puede ser un reflejo de su transición a adulto y el reclutamiento de los instares precedentes, siendo el pico mayor en el mes de octubre en el cuadrante A y en mayo en el cuadrante B. Los instares 3 y 2 fueron los menos frecuentes. El canibalismo en esta especie puede ser un factor que promueva que los instares más pequeños permanecen ocultos o con poca visibilidad y por eso no fueran detectados en su actividad superficial (Figs. 15 y 16).

**Cuadro 4. Valores de los rangos estimados por instar con los factores de crecimiento de 1.3 para los primeros instares y 1.4 para el último, los valores asignados fueron probados estadísticamente con la prueba de concordancia de Ji cuadrada.**

<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Hembras adultas grandes</b>
	<b>Min</b>	4.72 4.6
<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Machos adultos grandes</b>
	<b>Min</b>	4.48 4.22
<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Hembras adultas pequeñas</b>
	<b>Min</b>	4.23 3.6
<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Machos adultos pequeños</b>
	<b>Min</b>	4.16 3.13
<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Instar 4</b>
	<b>Min</b>	2.71 2.46
<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Instar 3</b>
	<b>Min</b>	1.94 1.76
<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Instar 2</b>
	<b>Min</b>	1.38 1.26
<b>Rangos Estimados</b>	<b>Max</b>	<b>Instar 1</b>
	<b>Min</b>	0.99 0.9

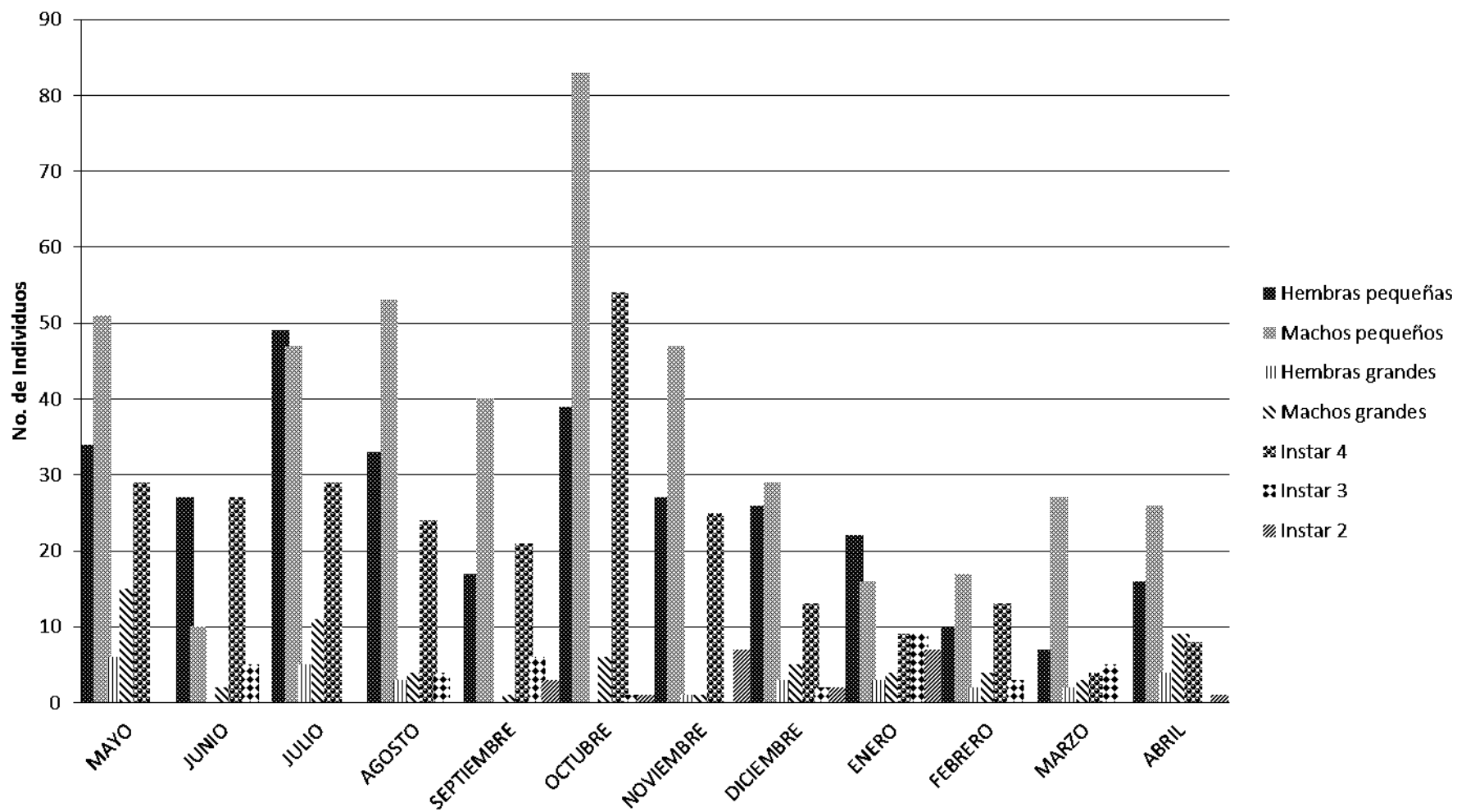


Figura 15. Instares registrados de *C. ornatus* durante un ciclo anual para el cuadrante A

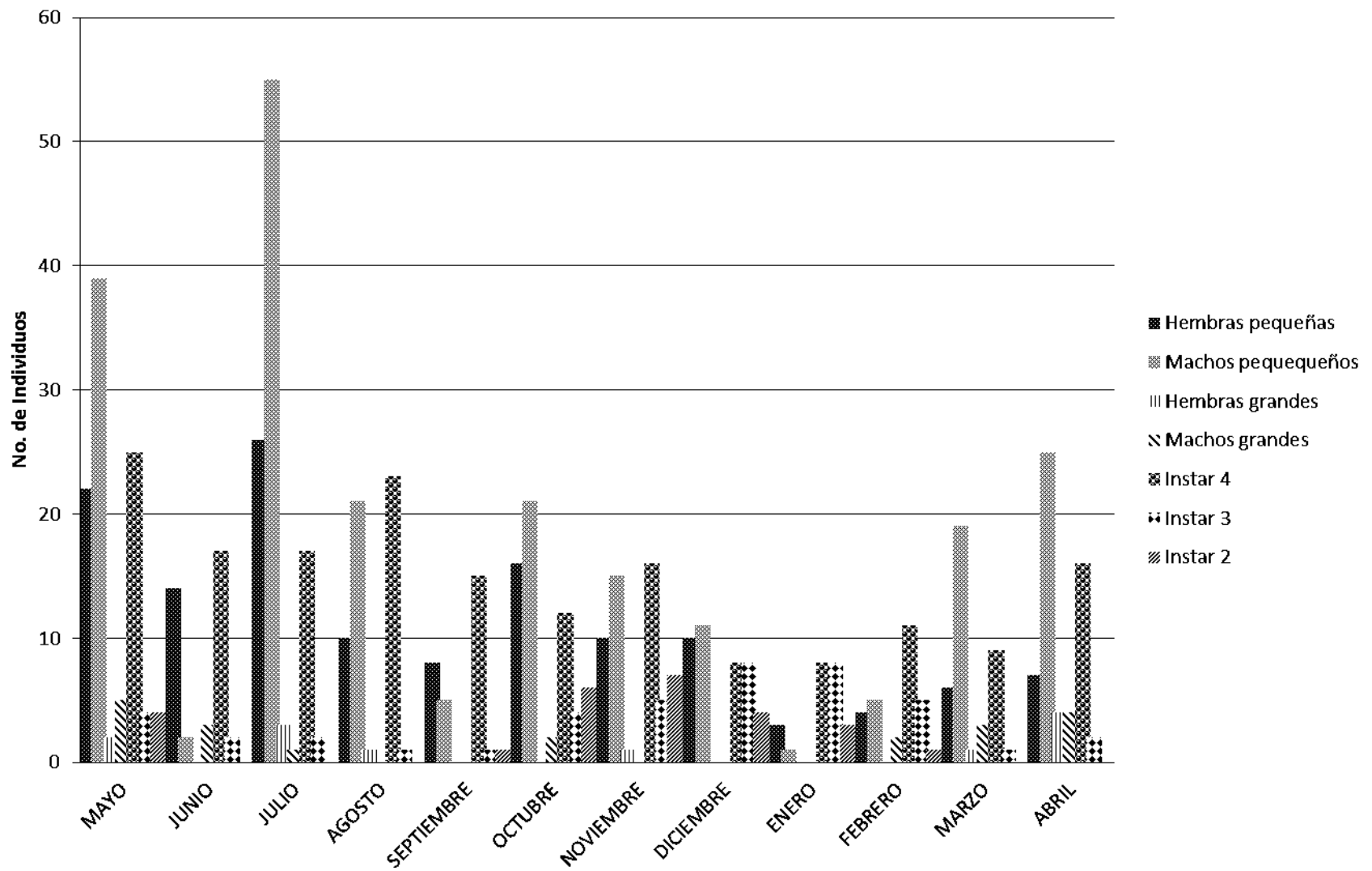


Figura 16. Instares registrados de *C. ornatus* durante un ciclo anual para el cuadrante B

## Proporción de sexos.

Para determinar la proporción sexual para cada cuadrante, los valores obtenidos tanto de hembras como de machos fueron sometidos a la prueba estadística de  $\chi^2$ , partiendo de la hipótesis nula de que los valores esperados eran de una proporción 1♂:1♀. De acuerdo con los datos obtenidos, el cuadrante A presentó diferencia en la proporciones sexual a través del año, los meses de junio, septiembre, octubre, noviembre y marzo, presentaron diferencias estadísticamente significativas, encontrándose que la proporción es diferente en estos meses, siendo mayor para machos que para hembras (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Proporción de sexos con la prueba de  $\chi^2$  para cada uno cada mes muestreado durante un ciclo anual para el cuadrante A.**

MESES	Ji Cuadrada	Proporción sexual
		♂ : ♀
MAYO	0.2	1 : 1
JUNIO	8.73	2 : 1
JULIO	0.35	1 : 1
AGOSTO	0.42	1 : 1
SEPTIEMBRE	7.91	2 : 1
OCTUBRE	14.86	2 : 1
NOVIEMBRE	5.24	2 : 1
DICIEMBRE	0.05	1 : 1
ENERO	1.85	1 : 1
FEBRERO	0	1 : 1
MARZO	10.26	2 : 1
ABRIL	0.78	1 : 1

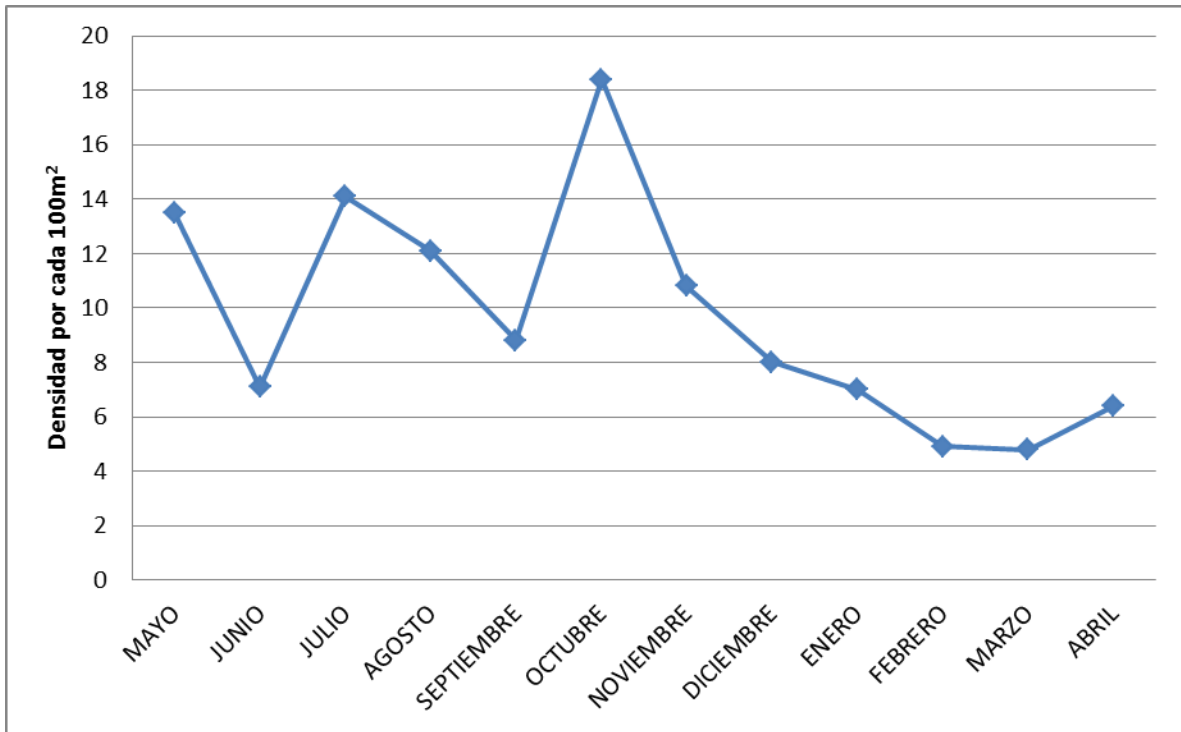
En el caso del Cuadrante B, se presentaron diferencias significativas de la proporción en los meses de junio, septiembre y enero, siendo mayor para hembras que para machos, lo contrario al cuadrante uno (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Proporción de sexos con la prueba de  $\chi^2$  para cada uno cada mes muestreado durante un ciclo anual para el cuadrante B.**

Meses	Ji Cuadrada	Proporción sexual
		♂ : ♀
MAYO	1.44	1 : 1
JUNIO	7.11	1 : 2
JULIO	0.98	1 : 1
AGOSTO	0.02	1 : 1
SEPTIEMBRE	7	1 : 3
OCTUBRE	0.49	1 : 1
NOVIEMBRE	1.52	1 : 1
DICIEMBRE	0.03	1 : 1
ENERO	5.33	1 : 3
FEBRERO	2.91	1 : 1
MARZO	2.63	1 : 1
ABRIL	1.14	1 : 1

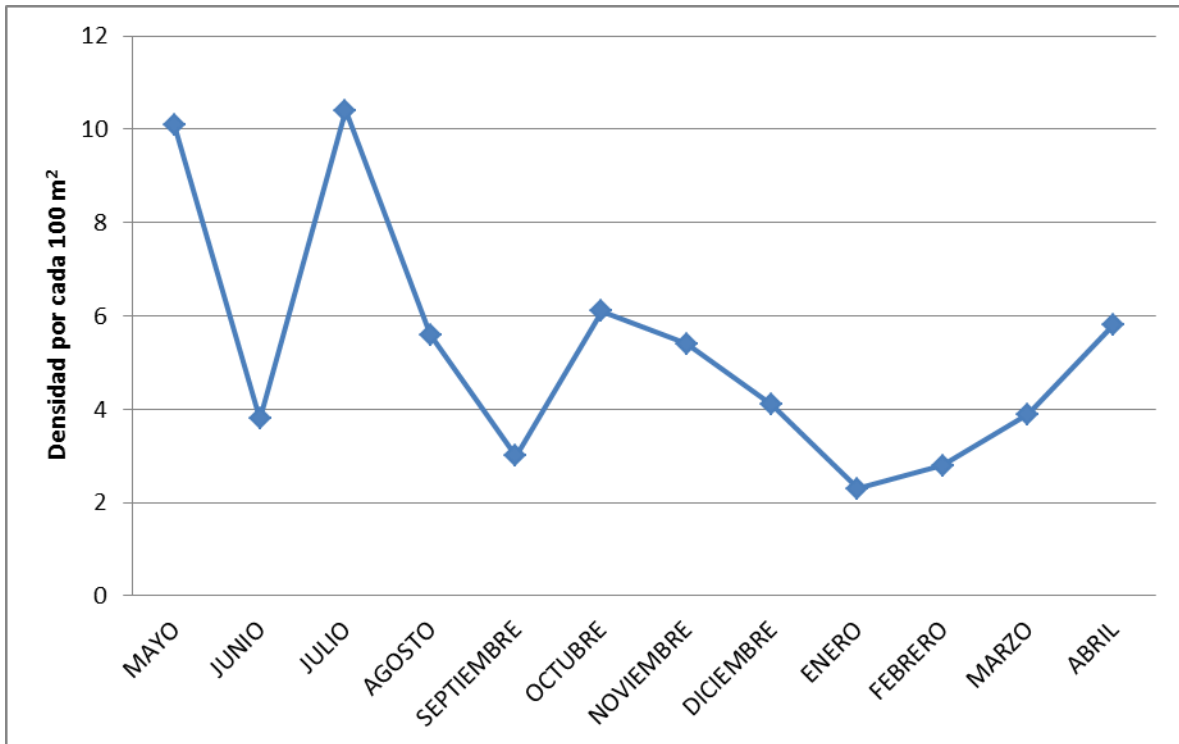
#### **Determinación de la fenología en *C. ornatus***

La fenología se estableció utilizando la densidad estimada por cada 100 m<sup>2</sup>, por mes durante un ciclo anual. Para el cuadrante A, se obtuvo una mayor densidad de individuos en los meses de mayo (0.135 individuos/m<sup>2</sup>), julio (0.141 individuos/m<sup>2</sup>), agosto (0.121 individuos/m<sup>2</sup>), octubre (0.184 individuos/m<sup>2</sup>) y noviembre (0.108 individuos/m<sup>2</sup>), mientras que con una menor densidad se tienen los meses de febrero (0.049 individuos/m<sup>2</sup>), marzo (0.048 individuos/m<sup>2</sup>) y abril (0.064 individuos/ m<sup>2</sup>) (Fig. 17).



**Figura 17. Fluctuación poblacional medida en densidad de individuos durante un ciclo anual para el cuadrante A.**

Por otro lado en el cuadrante B la mayor población se presentó en los meses de mayo (0.101 individuos/m<sup>2</sup>), julio (0.104 individuos/m<sup>2</sup>) y octubre (0.061 individuos/m<sup>2</sup>), mientras que con una menor densidad se tienen los meses de septiembre (0.003 individuos/m<sup>2</sup>), enero (0.023 individuos/m<sup>2</sup>) y febrero (0.028 individuos/m<sup>2</sup>) (Fig. 18).



**Figura 18. Fluctuación poblacional medida en densidad de individuos durante un ciclo anual para el cuadrante B.**

### **Patrón de actividad superficial**

Las actividades nocturnas registradas durante el muestreo para el cuadrante A fueron básicamente caminando, al acecho y en reposo (Fig. 19). Estas actividades se pueden generalizar entre sexos y juveniles. Sólo en algunos periodos se registró la actividad de alimentación. Los cortejos se presentaron para la mayor parte del año, aunque hubo algunos meses en los que no se registró como fueron mayo, enero y marzo; mientras que las crías se registraron en los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

Hay un incremento en la actividad superficial de los machos durante la época reproductiva, y por consecuencia se registra un mayor número de estos. En este caso se graficaron el número de machos y de hembras adultos que se encontraron caminando, para ver si este comportamiento se mantenía en esta especie, con esto se encontró para este cuadrante que los machos en los meses de mayo, agosto y octubre hay picos importantes en cuanto al número de individuos capturados, lo cual refleja un evento de búsqueda, sin embargo, los apareamientos y nacimientos de crías registrados en los diferentes meses a lo largo del año, sugieren que se presentan tres periodos reproductivos uno al fin de la temporada seca (Marzo-Mayo) y otros dos en la temporada de lluvias (julio-agosto y octubre), sin embargo, los partos señalan que hay posibilidad de apareamientos a lo largo de todo el año (Fig. 20).

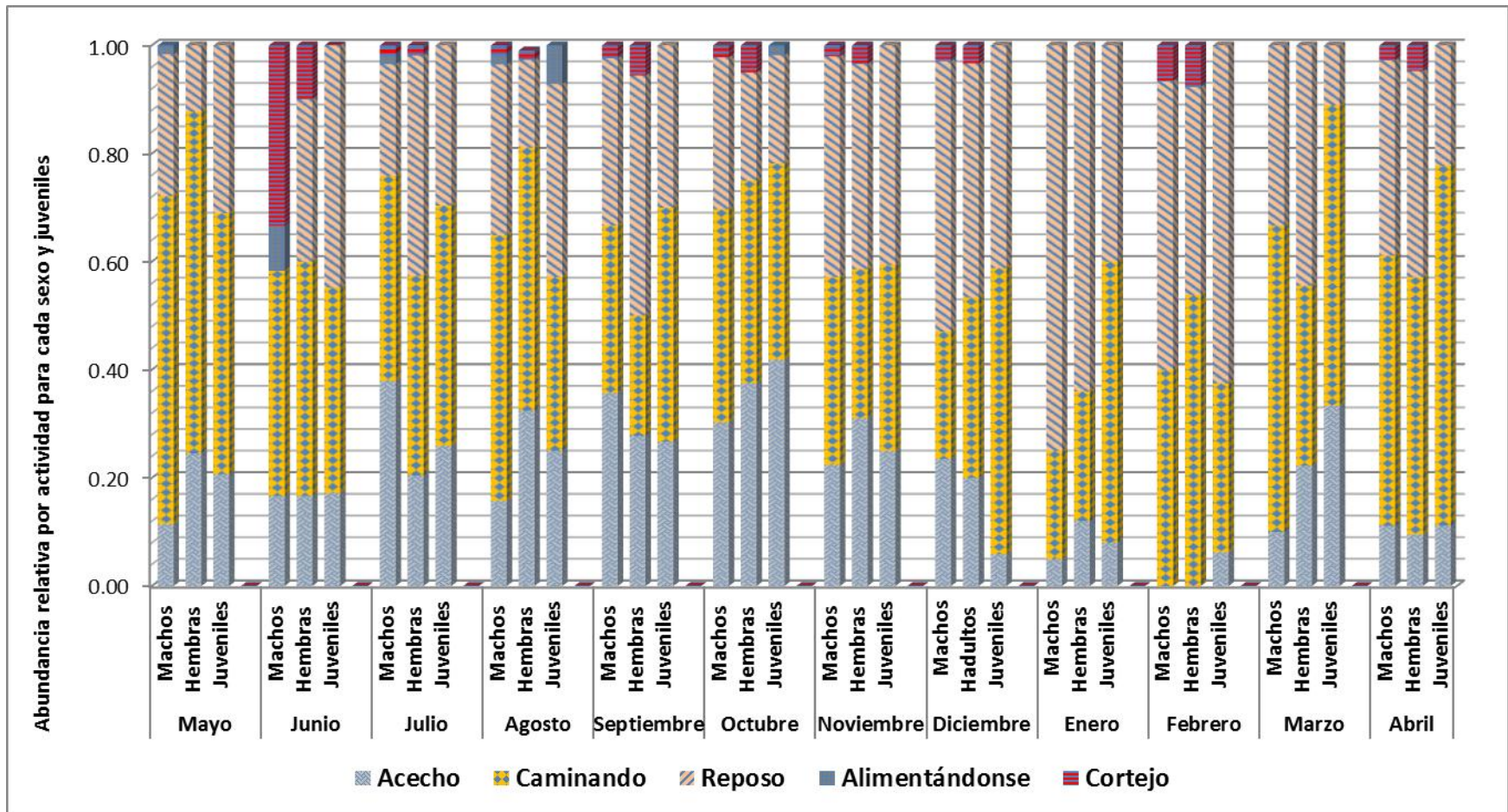


Figura 19. Patrón de actividad superficial medida en abundancia relativa por sexo en las diferentes estaciones del año para el cuadrante A

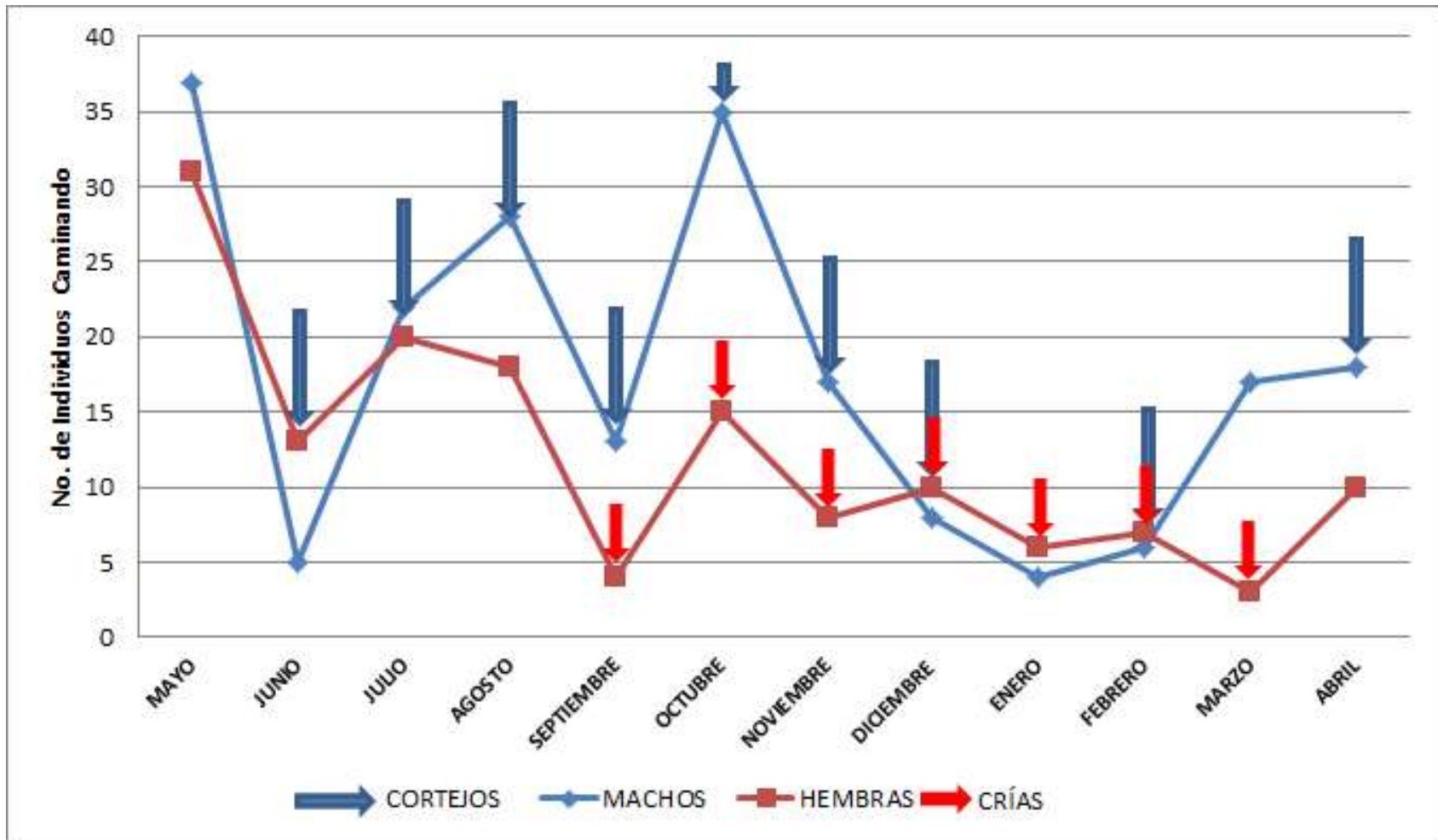


Figura 20. Registros mensuales de cortejos así como los meses donde se registraron hembras con crías para el cuadrante A.

Para el cuadrante B se observó el mismo patrón de actividad (Fig. 21). En este cuadrante se registraron con menos frecuencia los cortejos así como las hembras con crías, siendo junio y octubre los únicos meses que se registraron cortejos. En este cuadrante los meses de mayo, julio y octubre son los que presentan picos importantes en cuanto al número de individuos capturados, lo cual refleja un evento de búsqueda; sin embargo, para este cuadrante sólo se registraron cortejos en los meses de junio y octubre, mientras que sólo para agosto, octubre y noviembre se registraron crías (Fig. 22).

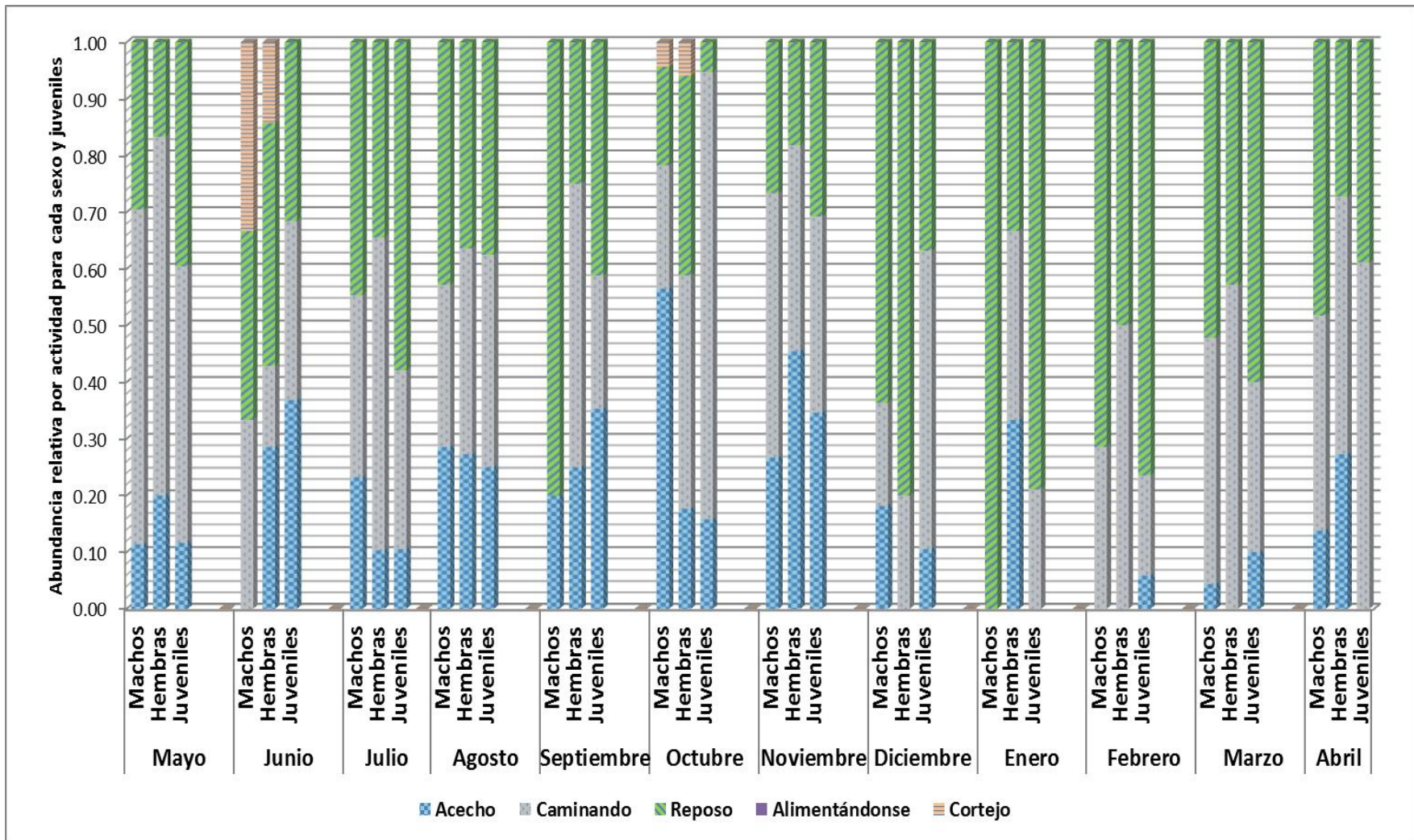


Figura 21. Patrón de actividad superficial medida en abundancia relativa por sexo y por edad en las diferentes estaciones del año para el cuadrante B.

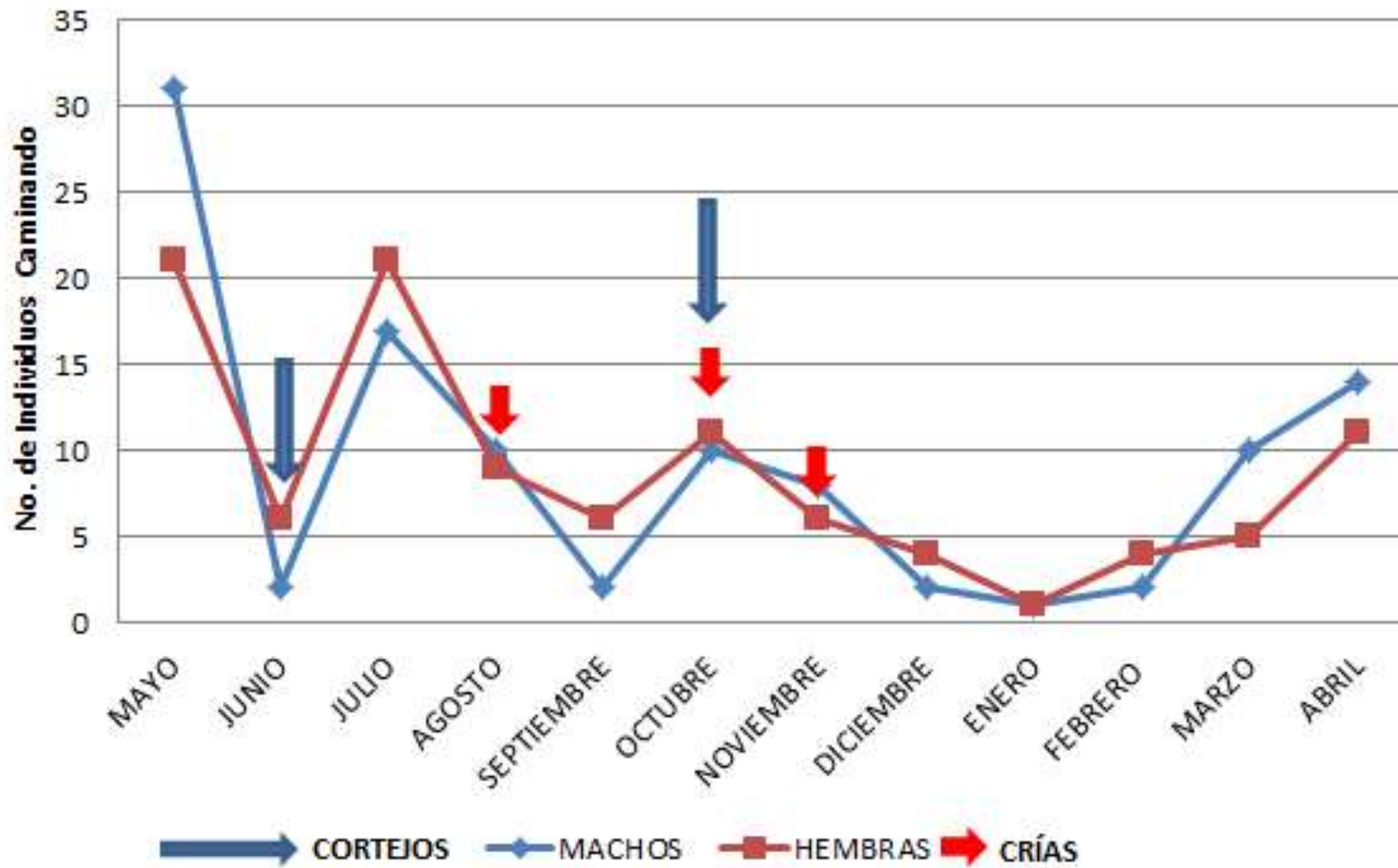
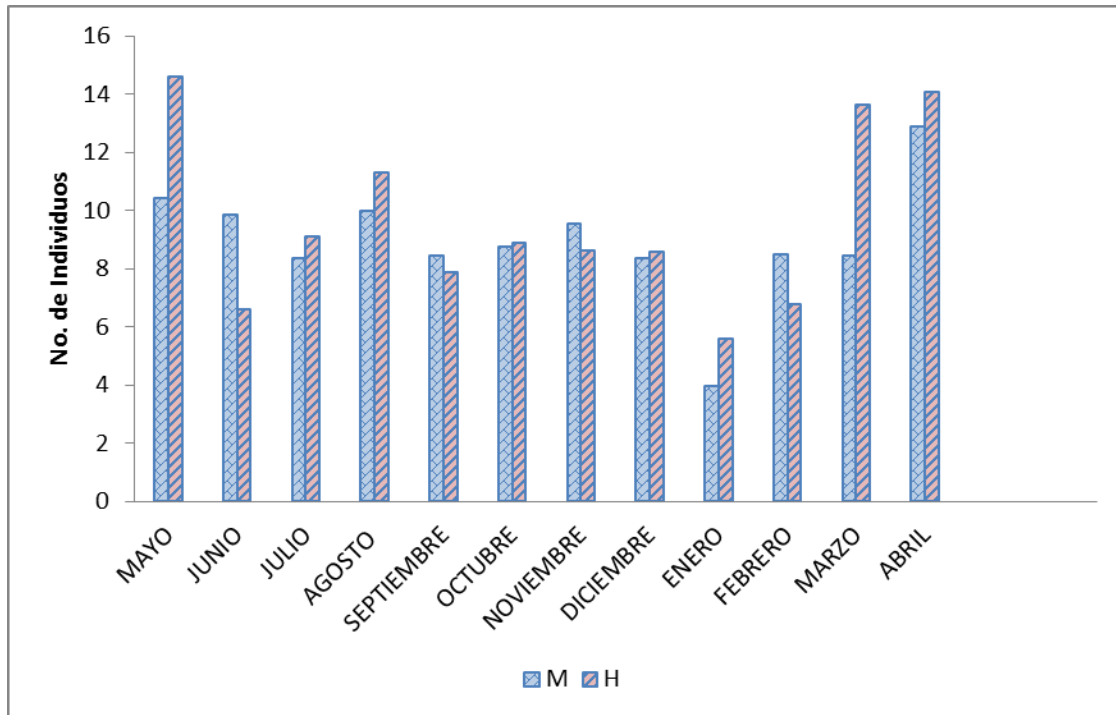


Figura 22. Registros mensuales de cortejos así como los meses donde se registraron hembras con crías para el cuadrante B.

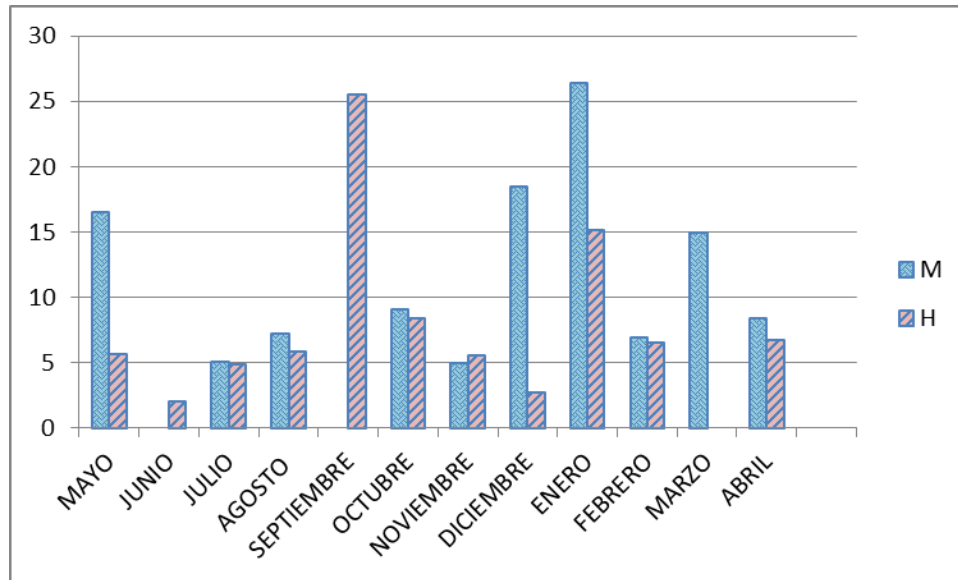
### Capacidad de desplazamiento diferencial entre adultos de ambos sexos.

En el cuadrante A, se observa que las hembras durante los meses de marzo, abril y mayo tienen un mayor desplazamiento promedio 14.09 m, (5.57-14.61 m) mientras que para el resto de los meses muestran un patrón similar en la distancia recorrida entre machos y hembras (Fig. 23).



**Figura 23. Distancia promedio recorrida entre machos y hembras en el cuadrante A.**

Para el cuadrante B se obtuvo un mayor desplazamiento de los machos en los meses de mayo, diciembre, enero y marzo en promedio 19.08 m (4.96-26.41 m), mientras que en las hembras se observó mayor desplazamiento sólo en septiembre y enero en promedio 16.35 m (2.68-25.54 m), en el resto de los meses muestran un patrón similar en la distancia recorrida entre ambos sexos (Fig. 24).



**Figura 24. Distancia promedio recorrida entre machos y hembras en el cuadrante B.**

## Discusión

En este trabajo se capturaron 2559 individuos de los cuales hubo 1816 capturas y 743 recapturas. Estos resultados son altos en comparación con los encontrados en otras especies de la misma familia, donde también se utilizó el método de captura-recaptura; por ejemplo en: *Mesobuthus gibbosus* Brulli, 1832 (n= 290) (Kaltsas *et al.*, 2006) y *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke, 2004 (n= 280) (Ponce, 2003). Por otro lado, en otros trabajos donde también hicieron la estimación del tamaño poblacional, en los cuales las capturas se llevaron a cabo con trampas de caída y no con el método de captura-recaptura los resultados siguen siendo altos ejemplo de esto es en: *Bothriurus asper* Pocock, 1893 (n= 74); *Bothriurus rochai* Mello-Leitão, 1932 (n=20) y *Rhopalurus rochai* Borelli, 1910 (n= 4) (Araújo, *et al.*, 2010).

En este trabajo se observa un pico en el tamaño poblacional para el cuadrante A en el mes de septiembre, mientras que el menor tamaño poblacional se ubica en el mes de marzo. En el caso del cuadrante B el mayor tamaño poblacional se tiene en el mes de mayo y el menor en el mes de julio. Estas estimaciones pueden estar relacionadas con la disponibilidad de alimento y las épocas de apareamiento (McCormick y Polis 1990; Polis y Sissom 1990), así como por la diferencia en la heterogeneidad de cada cuadrante.

Las estimaciones de densidad para *C. ornatus*, en el cuadrante A son de 0.184 individuos/m<sup>2</sup> y de 0.048 individuos/m<sup>2</sup>, mientras que para el cuadrante B son de 0.104 individuos/m<sup>2</sup> y de 0.003 individuos/m<sup>2</sup>. Estas densidades son altas al igual que lo encontrado por Polis (1990), para otras especies de búlidos, como *Centruroides exilicauda* Wood que van de 0.18 individuos/m<sup>2</sup> a 0.2 individuos/m<sup>2</sup> y en *Centruroides margaritatus* Gervais con 0.4 individuos/m<sup>2</sup>; y son mayores a los encontrados en *Compsobuthus acutecarinatus* Birula con una densidad de 0.0017 individuos/m<sup>2</sup> en Israel (Zinner y Amitai 1969 citado en Polis 1990) y en *Tityus fasciolatus* Pessôa 0.0002 individuos/m<sup>2</sup> en Brasil (Lourenço 1978 citado en Polis 1990).

Los factores que afectan la densidad de la población son muchos, como la competencia inter e intraespecífica, la influencia de factores abióticos, la disponibilidad de presas y la presencia o ausencia de especies de escorpiones simpátricas (Polis, 1990). En este caso *C. ornatus* era la única especie de escorpión en el área de estudio, esto no es tan común ya que Polis (1990), realizó una revisión de 100 trabajos de los cuales solo ocho sitios tenían una especie; la disponibilidad de alimento fue alta durante la época de lluvias y baja hacia la

temporada de secas, lo cual puede ser reflejo de un incremento en la actividad superficial de los organismos relacionado con la presencia de una mayor cantidad de presas, o a un incremento en la temporada de apareamiento.

*Centruroides ornatus*, presentó dos tamaños de adultos llegando a la madurez sexual en los instares cinco o seis. Se registraron eventos de apareamiento al fin de la temporada seca y en el periodo de lluvias. Este comportamiento está ligado con la posibilidad que tienen las hembras fertilizadas de aprovechar la mayor abundancia de alimento que se presenta durante y después de la época de lluvias, de esta manera tendrán menos problemas para la gestación; esto coincide con el trabajo realizado con *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke (Ponce, 2003); *Mesobuthus gibbosus* (Brulli) (Kaltsas *et al.*, 2006) y *Hadrurus gertschi* Soleglad (Quijano-Ravell *et al.*, 2011). Sin embargo esto no descarta la posibilidad de apareamientos a lo largo de todo el año, como se generaliza para las especies de alacranes de ambientes tropicales (Polis, 1990).

En *C. ornatus*, el instar inmediato anterior al adulto, en este caso el IV o el V dependiendo del tamaño del adulto, se registró con incremento a partir del mes de mayo y hasta noviembre, lo cual puede indicar la duración del cambio de instar. A partir del mes de diciembre la situación se invierte y se aprecia una mayor cantidad de adultos que de preadultos, lo que podría representar el cambio del instar V al instar VI que serán los adultos reclutados el verano siguiente. Esto hace suponer que en las poblaciones los diferentes instares se están sustituyendo de manera sincrónica, incorporándose a los siguientes instares hasta llegar a adultos (Ponce, 2003).

La determinación de la proporción de sexos se realizó en adultos, los valores obtenidos tanto de hembras como de machos fueron sometidos a la prueba estadística de  $\chi^2$ , partiendo de la hipótesis inicial con los valores esperados de la proporción 1♂:1♀, utilizada para alacranes no partenogénéticos de las que hasta ahora se tiene información (Ponce, 2003). Para el cuadrante A, se encontró una proporción mayor de machos que de hembras con 2♂:1♀ para los meses de junio, septiembre, octubre, noviembre y marzo, indicando periodos de apareamiento. Algunos ejemplos que apoyan lo anterior son con *Bothriurus asper* Pocock, donde la proporción fue de 14♂:1♀; y en *Bothriurus rochai* Mello-Leitão, 1932 en donde la proporción fue de 7♂:1♀ (Araújo, et al., 2010). En el caso del cuadrante B, tenemos una mayor proporción de hembras 1♂: 2♀ para el mes de junio, y 1♂:3♀ para los meses de septiembre y enero. Este incremento de hembras para el cuadrante B, tal vez se debe a que hay una mayor cobertura arbórea, arbustiva así como de herbácea, por lo tanto, la disponibilidad de alimento puede ser mayor que en el cuadrante A. Estos resultados están relacionados con el aumento de insectos en la temporada de lluvias, cuando el número de presas es más alto, coincidiendo con lo reportado en Polis (1980) para *Paruroctonus mesaensis* Stahnke. También lo podemos atribuir a las diferencias de comportamiento entre machos y hembras, los machos adultos de muchas especies se mueven durante la época de reproducción, este movimiento los predispone a que tengan una alimentación menor, o una incidencia mayor a la depredación por algunos vertebrados o a tener una muerte por efecto térmico, pero incrementa la probabilidad de encontrar una hembra y poderse reproducir (Polis y Farley, 1979).

La actividad superficial de *C. ornatus* tiene fluctuaciones a lo largo del año, bajando en el invierno y primavera, intermedia en verano y alto en el otoño. Para el cuadrante A la mayor densidad se presentó en los meses de mayo, julio, agosto, octubre y noviembre y una menor en los meses de febrero, marzo y abril; mientras que para el cuadrante B la mayor fluctuación se tiene en los meses de mayo, julio y octubre, y los meses con menor fluctuación son septiembre enero y febrero. Este patrón es común en muchas especies de escorpiones por ejemplo *Compsobuthus acutecarinatus* Bacon (Zinner y Amitai, 1969); *Superstitionia donensis* Stahnke (Hibner, 1971); *Uroctonus mordax* Thorell (Bacon, 1972) y *Paruroctonus mesaensis* Stahnke (Tourlotte, 1974), encontraron que estas especies de escorpiones cambian los patrones espaciales en función de la temporada.

La actividad superficial es una respuesta directa a la disponibilidad de alimento, la cual está a su vez relacionada con la estacionalidad, sobre todo en regiones no tropicales en las que el cambio es muy marcado entre las estaciones (McCormick y Polis, 1990). Las actividades más frecuentes durante la noche fueron las de caminando, en busca de pareja o para alimentarse; también es común encontrarlos en reposo y al acecho, encontrándolos principalmente en las orillas o en las oquedades de piedras, bajo las hojas secas y verdes de los arbustos; mientras que las actividades menos frecuentes fueron las de cortejo y alimentándose. Equiparando este trabajo con el de *Centruroides balsasensis* realizado por Ponce (2003), quien obtiene que el patrón de actividad no es diferente dependiendo del sexo, ni de la edad. Además, los juveniles se encontraron con mayor frecuencia caminando o al acecho en espacios abiertos

como el suelo o en la hojarasca y muy poco sobre piedras; mientras que los adultos fueron muy comunes tanto en el suelo como sobre piedras y se les registró con mucho menor frecuencia en la hojarasca. Los juveniles no se registraron bajo cortezas, hábito que quizá esté reservado para los adultos.

Con respecto al desplazamiento, los individuos del cuadrante A, las hembras durante los meses de marzo, abril y mayo presentaron un mayor desplazamiento, en promedio 14.09 m (5.57-14.61 m), mientras que los machos durante los meses de mayo, junio y abril se desplazaron en promedio 11.04 m (3.95-12.87 m). El resto de los meses mostraron un patrón similar a la distancia recorrida entre machos y hembras. En el cuadrante B, se presentaron desplazamiento de los machos en los meses de mayo, diciembre, enero y marzo, recorriendo en promedio distancias de 19.08 m (4.96-26.41 m) y las hembras se desplazaron durante los meses de septiembre, octubre y enero en promedio 16.35 (2.68-25.54 m). El resto del año no hubo diferencias entre sexos. En este trabajo no se encuentran diferencias en la capacidad de desplazamiento entre sexos ya que los individuos pertenecientes a la familia Buthidae tienen como característica moverse mucho, es una familia con especies muy vágiles, generalmente se desplazan en busca de alimento recorriendo el terreno en busca de presas, así como de hembras para aparearse en el caso de los machos (Polis, 1990; Ponce, 2003). A esta especie no se le puede dar un ámbito hogareño bien definido, aunque si argumentar que es una especie que no se mueve mucho en 48 horas, alrededor de unos 10 a 15 metros del lugar donde fue observado la primera vez. Muchas especies de este género habitan bajo corteza, bajo piedra o bajo hojarasca dependiendo de la actividad en la que se encuentren. En comparación con la

investigación realizada con *Euscorpium flavicaudis* De Geer (Benton, 1992), la distribución de la distancia recorrida entre avistamientos es sesgada a los machos que fueron re observados a menos de un metro del lugar del primer avistamiento, comparando con la distancia recorrida en las que se re observaron las hembras, que fue de dos metros; sin embargo se observaron individuos que se movieron hasta 63.6 m.

Es probable que la fluctuación de los parámetros medidos en este trabajo como; el tamaño poblacional, proporción de sexos, estructura de edades, fluctuaciones poblacionales y la actividad superficial medida en un ciclo anual, estén relacionados principalmente con la disponibilidad de los recursos ya que la actividad superficial estuvo influenciada por las temporadas de lluvias y secas. La disponibilidad y abundancia de presas, sufren cambios estacionales, donde las presas se clasifican de acuerdo a su disponibilidad, como estacionales o anuales; cada año algunos escarabajos, polillas, grillos y arañas, son estacionales y que se incluyen a lo largo del año en la dieta de muchas especies de escorpiones incluyendo a *C. ornatus*.

## Conclusiones

1. Los tamaños de población de *C. ornatus* en el área de estudio son grandes, con mayores abundancias entre abril y agosto.
2. La proporción de sexos varía a favor de los machos 2♂:1♀, y en otros meses a favor de las hembras 1♂:2♀, 1♂:3♀.
3. La fluctuación tiene la misma variación en ambos cuadrantes trabajados a lo largo del año, durante el invierno y primavera con bajas densidades y altas en el otoño.
4. El patrón de actividad superficial no mostró diferencia dependiente del sexo con las actividades caminando, al acecho y en reposo como las más frecuentes.
5. No hubo diferencias en la capacidad de desplazamiento entre ambos sexos.

## Literatura citada.

- Allende, H. T. y Mendoza M. E. 2007. Análisis hidrometeoro lógico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo, invest. Geog. No. 63 México, versión impresa ISSN 0188-4611.
- Araújo, C. S., Candido, D. M., Araújo, F. P., Díaz, C. S. y Vasconcelos, A. 2010. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil, zoology 27 (3): 372–376.
- Bacon, A. D. 1972. Ecological Studies on a Population of *Uroctonus mordax* Thorell. Master's Thesis, California State University, San Francisco, 54 pp.

- Benton, T. G. 1992. The ecology of the scorpion *Euscorpilus flavicaudis* in England, Department of Zoology, University of Cambridge, Downing St., Cambridge CB2 3EJ, J. Zool., Lond. 226, 351-368.
- Brown, C. A., Davis, J.M., Oconnell D.J. y Formanowitz Jr. 2002. Surface density and nocturnal activity in a west Texas assemblage of Scorpions. Southwestern Naturalist 47: 409-419.
- Charry, H. 2006. Accidentes por picadura de escorpión. En: Memorias del primer simposio de Toxicología Clínica "César Gómez Villegas". Laboratorios Probiol Ltda. Facultad de medicina Fundación Universitaria San Martín, 1-26 pp.
- Castilla, A. M. y Pons, G. X., 2007. Primeros datos sobre la población de escorpiones *Buthus occitanus* en las Islas Columbretes (Mediterraneo España). Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 50: 257-268. ISSN 0212-260x. Palma de Mallorca.
- Cala-Riquelme, F. y Colombo, M., 2010. Ecology of the scorpion, *Microtityus jaumei* in sierra de Canasta Cuba. Journal of Insect Science: Ud. 11/Article 86.
- Enríquez, O. L. V. 2012. Hábitats de la Cuenca de Cuitzeo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tesis de licenciatura.
- Francke, O. F. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida Ex Acari) en México. Revista mexicana de Biodiversidad, Supl.85:S408-S418.
- González, R. J. F. 2012. Intoxicación por picadura de alacrán, subsecretaria de prevención y promoción de la salud. México DF: 13-42 pp.
- Hibner, A. 1971. The Scorpions of Joshua Tree National Monument. Master's Thesis, California State College, Long Beach. 65 pp.

- Kaltsas, D., Stathi, I. y Mylonas, M. 2006. The population structure of *Mesobuthus gibbosus* (Scorpiones:Buthidae) on Koufonisi Island (central Aegean Archipelago, Greece). Marshall University.
- Mccormick, S. J. y Polis, G. A. 1990. Prey, Predators, and Parasites. En: Polis, G. A. (Ed.). The Biology of Scorpions. Stanford University Press. Stanford, California. 294-320.
- Polis, G. A. y Farley, R. D. 1979. Behavior and ecology of mating in the cannibalistic scorpion *Paruroctonus mesaensis* Stahnke (Scorpionida: Vaejoidea). Journal of Arachnology, 7: 33–46.
- Polis, G. A. 1980. Seasonal patterns and age-specific variation in the surface activity of a population of desert scorpions in relation to environmental factors. Journal of Animal Ecology, 49: 1–18.
- Polis, G. A. y McCormick, S. J. 1986. Patterns of resource use and age structure among a guild of desert scorpions. Journal of Animal Ecology 55: 59-73.
- Polis, G. A. 1990. Ecology. En: Polis, G. A (Ed.). The Biology of Scorpions. Stanford University Press. Stanford, California., 247-293 pp.
- Polis, G. A. y Sissom, D. W. 1990. Life History. En: Polis, G. A (Ed.). The Biology of Scorpions. Stanford University Press. Stanford, California., 161-223.
- Ponce, S. J., R. J. Moreno., y C. R. Beutelspacher. 1999. Determinación de la época de apareamiento y estadios pre adulto de *C. infamatus* Koch y de *C. limpidus* Karsch, (Scorpiones: Buthidae). Memoria del XXXIV Congreso Nacional de Entomología, Aguascalientes, México. 3-8 pp.
- Ponce, S. J. y Díaz-Mora. 2002. Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de Colola, Municipio de Aquila, Michoacán, México. Revista Ciencia Nicolaita 33:19-28.
- Ponce, S. J. 2003. Ecología y distribución del Género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), Tesis Doctoral, en la depresión del balsas en el

estado de Michoacán México, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias.

Ponce, S. J., Francke, O. F. y H. A. Suzan. 2006. Actividad superficial y utilización del hábitat por *Centruroides balsasensis* (Scorpiones: Buthidae). *Biológicas* No. 8. 130-137 pp.

Ponce, S. J. y Vázquez, X. J. V. 2007. Aspectos ecológicos de *Centruroides limpidus limpidus* (Karsch) en una localidad de Zitácuaro, Michoacán. *Entomología Mexicana* 6 (1): 71: 75.

Prendini, L. 2006. Scorpion Systematics Research Group, in the division of invertebrate zoology at the American Museum of Natural History (AMNH).

Quijano, R. A. F., Ponce, S. J. y Francke, O. F. 2011. Ciclo de vida de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) en una localidad del Estado de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología*, 19:133-145 p.p.

Smith, R. L. y Smith, T. M. 2001. *Ecología*, Editorial Addison Wesley, 4ª edición, 150 pp.

Tourtlotte, G. I. 1974. Studies on the biology and ecology of the Northern scorpion, *Paruroctonus boreus* (Girard). *The Great Basin Naturalist*, 34(3):167–179.

Yamashita, T. 2004. Surface activity, biomass, and phenology of striped scorpion, *Centruroides vittatus* (Buthidae) in Arkansas, *Euscorpius* publications in *Scorpiology* 17:25-33.

Yamaguti, Y. y Pinto-da-Rocha, R., 2006. Ecology of *Thestylus aurantiurus* of the Parque Estadual de Sierra da Cantarareira, São Paulo, Brazil (Scorpiones: Bothriuridae). *Journal of Arachnology*, 34(1):214-220.

Zinner, H. y Amitai, P. 1969. Observations on hibernation of *Compsobuthus acutecarinatus* E. Sim. and *C. schmiedeknechti* Vachon (Scorpionidea, Arachnida), in Israel. *Israel Journal of Zoology*, 18: 41-47.