

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

EFFECTO POR VARIACIÓN EN LA FRECUENCIA ALIMENTICIA Y TIPO DE
ALIMENTO EN EL CRECIMIENTO Y PESO DE *TITYUS ASTHENES* (SCORPIONES:
BUTHIDAE) EN CAUTIVERIO

Miguel Angel Youngs Mitre

Tesis presentada como uno de
los requisitos para optar por la
Licenciatura en Biología con
orientación en Zoología

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2022

HOJA DE APROBACIÓN

Tesis de Licenciatura en Biología con orientación en Zoología

Presentado por:

Miguel A. Youngs M.

8-935-764

Miembros del jurado:

Profesor Alonso Santos Murgas

Profesor Yostin Añino

Profesor Roberto A. Cambra Torok

Universidad de Panamá

Panamá, República de Panamá

2022

Dedicatoria

A mi familia, la cual siempre me ha apoyado en todo momento, especialmente a mis padres, Sonia Mitre y Albert Youngs que me brindaron su apoyo y comprensión, además de siempre velar por mi futuro; A mis amigos por acompañarme en este largo camino como estudiante de biología.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación de Medicamentos y Tóxicos (CIIMET), específicamente a la profesora Hilda Acosta y colaboradores por darme la oportunidad y la confianza de realizar mi tesis dentro de sus instalaciones.

A la Licenciada Ennis Delgado, por brindarme su tiempo, conocimiento y ayuda en elaboración de este proyecto.

A mis asesores de tesis, PhD. Alonso Santos, Mgtr. Yostin Añino y Mgtr. Roberto A. Cambra Torok, por ayudarme en las revisiones, estadísticos y proporcionar información valiosa para mi investigación.

ÍNDICE GENERAL

HOJA DE APROBACIÓN.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.....	9
OBJETIVOS.....	11
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	20
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	25
CAPITULO VI: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS.....	31
ANEXO.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

TABLA 1	Distribución de escorpiones por cuna, tomando en cuenta su frecuencia alimenticia y tipo de alimentación.....	14
TABLA 2	Peso del alimento para ser ofrecido mediante la edad de las crías.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS:

FIGURA 1	Vista panorámica. CIIMET. <i>Google Earth</i>	12
FIGURA 2	Tipos de cunas utilizadas para las crías de <i>Tityus asthenes</i>	13
FIGURA 3	Estereoscopio Leica m205 A, para la medición de escorpiones.....	17
FIGURA 4	Balanza analítica utilizada para pesar los escorpiones.....	18

GRAFICAS:

GRAFICA 1	Tamaño y peso máximo según el tratamiento asignado.....	21
GRAFICA 2	Tamaño y frecuencia a través del tiempo.....	22
GRAFICA 3	Relación potencial del tamaño (mm) y el peso (g) en <i>Tityus asthenes</i>	24

Resumen

La cría de escorpiones en cautiverio es una práctica poco concurrida entre los laboratorios de investigación, por lo cual no se conoce una forma exacta en la que estos animales deban alimentarse para obtener un mejor rendimiento en un ambiente controlado. La siguiente investigación busca conocer el efecto que provoca variar los tipos de alimentos y frecuencias alimenticias en *Tityus asthenes*. Se utilizaron como tipos de alimentos a *Grylloides sigillatus*, *Blaptica dubia*, *Drosophila hydei*, *Shelfordella lateralis* y un mixto de todos los insectos anteriores. Como frecuencia alimenticia, los escorpiones fueron alimentados dos veces a la semana, una vez a la semana, cada 15 días y cada tres semanas. Para la comparación de estos individuos se utilizó un diseño de arreglo factorial mediante pruebas de Anova y se corroboró la normalidad de los modelos utilizando una prueba de Shapiro-Wilk. Para la relación tamaño-peso se utilizó la función *lm* del software estadístico R. Arrojando, que existe diferencias significativas entre los diferentes tipos de alimentos y frecuencias, teniendo en primer lugar que los tipos de alimentos más recomendados son una dieta mixta y con *Shelfordella lateralis*, en cuanto a las frecuencias la que presenta un mayor crecimiento y peso en los escorpiones son aquellas que son más consecutivas. Por otro lado, se observó que existe una relación entre el tamaño y el peso de cada individuo, reflejando que a mayor tamaño de lo escorpiones tienden a tener un mayor peso.

Abstract

The breeding of scorpions in captivity is an unpopular practice among research laboratories, so there is no known exact way in which these animals should be fed to obtain better performance in a controlled environment. The following investigation seeks to know the effect caused by varying the types of food and feeding frequencies in *Tityus asthenes*, *Gryllodes sigillatus*, *Blaptica dubia*, *Drosophila hydei*, *Shelfordella lateralis* and a mixture of all the above insects were used as food type, as food frequency the scorpions were fed twice a week, once a week, every 15 days and every three weeks. For the comparison of these individuals, a factorial arrangement design was used through Anova tests and the normality of the models was confirmed using a Shapiro-Wilk test. For the size-weight relationship, the lm function of the statistical software R was used. Throwing, that there are significant differences between the different types of food and frequencies, having in the first place that the most recommended types of food are a mixed diet and with *Shelfordella lateralis* regarding the frequencies, the one that presents the greatest growth and weight in the scorpions are those that are more consecutive. On the other hand, it was observed that there is a relationship between the size and weight of each individual, reflecting that the larger the scorpions tend to have a greater weight.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los artrópodos (del griego árthron= articulación; pous, podós = pie) pertenecientes al orden Escorpiones (Granja *et al.*, 1999; Zúñiga *et al.*, 2008), existen desde hace aproximadamente 436 millones de años (Wendruff *et al.*, 2020). Además, se cree que pueden ser los primeros en abandonar el medio acuático y conquistar la tierra (Mariategui & Urretabizkaya, 2007). Los escorpiones evolucionaron de animales acuáticos (Euríptéridos) y se pudieron adaptar al medio terrestre en el período del Carbonífero o Pérmico, o sea hace aproximadamente 325-300 millones de años (Brownell & Polis, 2001). Generalmente su tamaño va desde los 8,5 mm a los 23 cm, su cuerpo está dividido principalmente en dos partes: la primera es el prosoma, el cual en su parte dorsal presenta el caparacho, que es una pieza queratinizada en la que se enlazan los terguitos, además de esto, poseen protuberancias en los ojos medios y por delante de estos están los ojos laterales que pueden variar entre las diferentes especies que van de 0 a 5 pares. La segunda parte es el opistosoma, estando este compuesto por dos secciones: el mesosoma y metasoma (Anexo 1). Estos arácnidos suelen tener gran variedad de colores en su cuerpo, que van desde el amarillo o pardo hasta el negro (Teruel & Melic, 2015).

Los escorpiones se han adaptado a múltiples hábitats durante su evolución y algunos se han especializado para sobrevivir en ciertos substratos, resultando en adaptaciones ecomorfotípicas (González-Santillán, 2004). Los escorpiones se alimentan de una gran gama de artrópodos y algunos vertebrados pequeños (Miranda *et al.*, 2015); son de vida nocturna y permanecen durante el día en sus refugios (micro-ambientes: espacio debajo de las piedras, corteza de los árboles, etc.), protegiéndose del calor durante el día (Pillsbury *et al.*, 1956;

Murillo, 2020). Estos animales poseen una gran importancia a nivel médico y ecológico. En cuanto a su importancia ecológica, juegan un papel fundamental como controladores de las poblaciones de insectos de los cuales se alimentan y generan repercusiones económicas agropecuarias, debido a que son uno de los artrópodos con mayor biomasa por hectárea, estando por debajo de las hormigas y termitas, han llegado a ser eficientes controladores biológicos de estos organismos, obteniendo gran importancia en los ecosistemas donde se desarrollan, especialmente en aquellos donde los insectos podrían convertirse en una plaga (Polis, 1990; Ponce-Saavedra *et al.*, 2006; Ponce-Saavedra & Francke, 2013; Ramírez, 2015).

El veneno de los escorpiones está compuesto por una mezcla bioquímica compleja, se conforma principalmente por proteínas neurotóxicas de bajo peso molecular que afectan directamente a los canales proteicos con efectos negativos para la presa (Saldarriaga & Otero, 2000). Las toxinas de escorpiones afectan la permeabilidad a iones de células excitables y se han descrito cuatro diferentes familias de toxinas que interactúan con los canales iónicos: neurotoxinas moduladoras de canales de Na⁺, neurotoxinas bloqueadoras de canales de K⁺, neurotoxinas para canales de Cl⁻ y neurotoxinas para canales de Ca²⁺ (Possani *et al.*, 2000). El veneno tiene afectación cardiovascular, respiratoria, neurológica, gastrointestinal, dérmica, hepática, nefrourinaria, hematológica, inmunológica, metabólica, del equilibrio ácido-base y electrolítica (Blasco, 2007; LoVecchio, 2018).

Se han descrito aproximadamente 1947 especies de escorpiones a nivel mundial (Prendini, 2011), de las cuales Panamá posee 16 especies, 5 géneros que están incluidos en 3 familias (Turel & Cozijn, 2011). En el mundo se reportan anualmente más de 1.200.000 accidentes por picadura de escorpiones con más de 3.250 muertes, lo que representaría una mortalidad

del 0,27% (Chippaux & Goyffon, 2008; Roodt, 2015). El escorpionismo o los efectos médicos de las picaduras de escorpiones, es una de las principales problemáticas de la salud a nivel mundial. Se estima que ocurren accidentes por picadura a 50 personas por cada 100 mil habitantes en varios países y aun así sigue siendo de poco interés en múltiples regiones. Las zonas como el norte y sur África, Oriente medio, sur de la India y América Latina (incluyendo México y Brasil) tienen los mayores índices de mortalidad, principalmente en niños. Los accidentes ocurren frecuentemente a más de un millón de personas anualmente (Chippaux & Goyffon, 2008; Borges *et al.*, 2015). Según Arjona (2017), Panamá se ubica en el segundo país de América Latina con mayor número de picaduras de escorpión, solo por debajo de México; en Panamá, durante el período 2000-2016, hubo una tendencia al incremento de casos, con rangos de 385 casos en el 2000 a 4399 casos en el 2016, teniendo a las provincias de Chiriquí, Coclé, Veraguas, Los Santos, Panamá Oeste y Metro como las más afectadas.

La familia Buthidae es la más diversa, con mayor cobertura en áreas geográficas en el planeta y la única que tiene especies consideradas potencialmente peligrosas. Buthidae incluye 73 géneros (tomando en cuenta el género fósil *Palaeolychas*), seis subgéneros con 529 especies y 165 subespecies (Fet *et al.*, 2000). Presenta una distribución cosmopolita, con especies en todos los continentes, excepto las áreas septentrionales de la región Holártica, la Antártida y Nueva Zelanda (Flórez, 2001).

En las Américas, los géneros de importancia médica son *Centruroides* (en México y América Central) y *Tityus* (en el Caribe, América Central y América del Sur) (Borges & Graham, 2016). *Tityus* es el género de escorpión más diverso, que contiene más de 200 taxa descritas que están distribuidas en América Central, América del Sur y el Caribe, que va desde el sur

Costa Rica al norte de Argentina (Borges *et al.*, 2020). Es el género responsable anualmente por alrededor de 54000 accidentes y 200 decesos en Colombia, Venezuela, las Guayanas, Brasil y Argentina, aunque existe un fuerte subregistro que dificulta el mapeo epidemiológico en América del Sur (Chippaux & Alagón, 2008; Borges & Rojas, 2019). Este género es conocido por ser el de mayor importancia médica y es considerado el más venenoso de Panamá, al que se le atribuyen picaduras mortales (Patiño & Perdomo, 2001). Las especies *Tityus jaimi* Miranda *et al.*, 2020 (= *Tityus pachyurus* en Panamá), *T. festae* Borelli, 1899, *T. asthenes* Pocock, 1893, *T. championi* Pocock, 1898 y *T. cerroazul* Lourenco, 1986 se consideran de importancia médica porque se han asociado a casos de muerte (Salazar *et al.*, 2021).

La especie *Tityus asthenes* pertenece al subgénero *Atreus* Gearvais, 1843 y a la familia Buthidae (Anexo 2). Los individuos de esta especie se caracterizan porque en estado juvenil son de color amarillento rojizo y cuando son adultos cambian a un color negruzco; además de presentar subacúlos, esternón triangular, poseen gránulos espinoides en los segmentos metasómicos II a IV (12-15) y se encuentran en varios tamaños en las diferentes regiones que van desde los 60-150 milímetros (Gómez *et al.*, 2010; Borges *et al.*, 2012; Triana, 2019). Está distribuida en Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y Panamá. No obstante, esta especie no cuenta con un nombre común aceptado, pero en algunas ocasiones es conocido como escorpión negro peruano. El nombre “asthenes” como epíteto específico al género *Tityus* tiene un significado literal de débil o enfermo en griego antiguo, pero se refiere a un habitus delgado o esbelto en este caso (Cozijn, 2011).

Según Lourenco & Flores (1989), esta especie fue descrita por Pocock de Perú. Hace poco su estatus taxonómico estaba rodeado de mucha confusión, en relación con otras especies

tales como *T. championi*, descrita de Bugaba en Panamá, *T. timendus* Pocock, 1899, descrita de Cachavi, en Ecuador y *T. rosenbergi* Pocock, 1898 igualmente descrita de Cachavi. Lourenco (1981) en un estudio sobre la familia Buthidae del Ecuador concluye que esas cuatro especies nominales son formas distintas de una población polimórfica y las coloca en sinonimia de *Tityus asthenes*. Además, Lourenco (1988) considera que *Tityus championi* de Panamá, especie afín de *T. asthenes*, debe ser considerada como una simple variedad morfológica de esta última.

Hasta el momento no se tienen registros exactos y óptimos para criar escorpiones en cautiverio, pero se conoce que se pueden mantener hasta 300 crías de escorpiones en una sola caja, provista de cartón ondulado que actúa como refugio y prevención de condiciones de estrés y canibalismo (Candido & Lucas, 2004). Los juveniles se mantienen separados para evitar el riesgo de canibalismo y la temperatura debe oscilar entre los 26-30 °C durante el día y alrededor 18-20 °C por la noche y la humedad relativa debe estar alrededor del 75-80% (Cozijn, 2011). Los escorpiones adultos se mantienen individualmente en cajas de plástico (17 cm de diámetro y 5,5 cm de altura) para evitar el canibalismo. En el interior de las cajas se incluye una pieza de papel kraft como sustrato, una bola de algodón húmedo como fuente de agua y es sujeta semanalmente a un proceso de limpieza general, eliminando los restos de presas, y limpiando las heces con algodón, o reemplazando el recipiente cuando sea necesario (Brenes & Gómez, 2016).

En Panamá se ha registrado la alimentación en estado silvestre de 11 de las 16 especies escorpiones presentes en el país, de las cuales se identificaron 23 morfoespecies de presas pertenecientes a 12 órdenes de animales: uno de reptiles, siete de insectos, dos de arácnidos, un miriápodo y un crustáceo; mientras que para mantenerlos en cautiverio se utilizaron grillos:

Acheta domesticus (Linnaeus, 1758) y *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775), cucarachas: *Blaberus discoidalis* (Serville, 1839) y *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758), larvas de los escarabajos: *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) y *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) y larvas de la polilla: *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Miranda *et al.*, 2015). Saltamontes ninfas y adultos: *Acrida conica* (Fabricius 1781), polilla: *Manduca quinquesmaculata* (Haworth 1803), y moscas domésticas: *Musca domestica* (Linnaeus 1758) (Tobassum, 2018). Se recomienda que los individuos en cautiverio sean alimentados cada 15 días (Brenes & Gómez, 2016).

Se conoce que los escorpiones son los artrópodos de mayor importancia médica, ya que los índices de picaduras en países del Caribe, Centroamérica, América del Norte y Sur son elevados, por ende, la siguiente investigación se lleva a cabo por la necesidad de generar información que sustente el tipo de alimento y frecuencia alimenticia que deben ofrecerse a las colonias de escorpiones en cautiverio para que logren desarrollarse adecuadamente, tomando en cuenta a *Tityus asthenes* como sujeto de prueba, ya que es una especie que presenta cuidados generales muy similares a otras especies de los géneros *Tityus* y *Centruroides*. De esta forma, la investigación brinda información sobre su biología, forma de mantenimiento en cautiverio, modos de optimizar: presupuestos, esfuerzo y tiempo.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

Pese a que los escorpiones son un grupo de arácnidos de hace aproximadamente 325-300 millones de años, en Panamá se han registrado pocas investigaciones, entre estas tenemos: Lourenco (1989), inventario preliminar sobre la fauna de escorpiones de Panamá, con algunas consideraciones taxonómicas y biogeográficas; Perdomo & Patiño (2001), envenenamiento por escorpiones en Panamá; Montoya & Armas (2002), escorpiones (Arachnida) del archipiélago de Bocas del Toro, Panamá; Borges *et al.* (2011), los escorpiones y el escorpionismo en Panamá; Teruel & Cozijn (2011), una lista de los escorpiones (Arachnida: Scorpiones) de Panamá, con dos nuevos registros; Borges *et al.* (2012), el escorpionismo en Centroamérica, con especial referencia al caso de Panamá; Quintero & Esposito (2014), una nueva especie de *Centruroides* Marx (Scorpiones: Buthidae) de Panamá y nuevos registros de distribución para *Centruroides bicolor* (Pocock, 1898) y *Centruroides granosus* (Thorell, 1876); Miranda *et al.* (2014), sobre la presencia de *Centruroides margaritatus* e *Isometrus maculatus* en Panamá (Scorpiones: Buthidae); Miranda *et al.* (2015), presas de escorpiones (Arachnida: Scorpiones) de Panamá, con observaciones sobre el comportamiento de depredación; Arjona (2017), situación epidemiológica de las picaduras de alacrán en la República de Panamá; Salazar *et al.* (2018), venenos de las especies *Centruroides* y *Tityus* de Panamá y sus principales fracciones tóxicas; Miranda *et al.* (2018), escorpionismo por *Tityus championi* Pocock, en Panamá, reporte de caso; Armas & Miranda (2019), primeros registros de escorpiones para el Parque Nacional Coiba; Murgas *et al.* (2020), primer reporte de envenenamiento accidental por *Ananteris platnicki* Lourenco, 1993 (Scorpiones: Buthidae) en Panamá; Miranda *et al.* (2020),

descripción de una especie nueva de *Tityus* para Panamá; Miranda & Armas (2020), descripción de una especie nueva de *Ananteris* para Panamá; Salazar *et. al.* (2021), expresión heteróloga de cuatro toxinas recombinantes de Panamá en escorpiones del género *Tityus* y *Centruroides* para la producción de antiveneno; Miranda *et al.* (2021), sobre depredadores de *Ananteris*.

Con este conjunto de datos recolectados a través de los años se pudo obtener información muy aproximada del número de especies de escorpiones que se tienen en el país, su distribución e importancia tanto ecológica como médica y a su vez entrar al campo de la toxicología, conociendo la composición de algunas de las proteínas incluidas en los venenos de las especies de importancia médica en Panamá.

OBJETIVOS

General:

- Evaluar la tasa de crecimiento de *Tityus asthenes* en cautiverio variando su frecuencia alimenticia y tipo alimentación.

Específicos:

- Registrar cuantitativamente el desarrollo de *Tityus asthenes* mediante su peso y tamaño del cuerpo.
- Identificar la frecuencia alimenticia y dieta que genere mayor y menor desarrollo en *Tityus asthenes*.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

A. Sitio de estudio

La investigación se realizó en el Centro de Investigación e Información de Medicamentos y Tóxicos (CIIMET), el cual se encuentra en la Universidad de Panamá, Campus Central (8°58'56'' N, 79°32'04''W). El CIIMET fue creado el 14 de diciembre de 1988 en la reunión 45-88 del Consejo Académico, bajo las responsabilidades de las Facultades de Medicina y Farmacia de la Universidad de Panamá. A partir del 2005 se inician diferentes proyectos, entre estos está el programa Interinstitucional de Ofidismo y Escorpionismo, iniciado en el 2006-2007 (REDCIATOX, 2021).

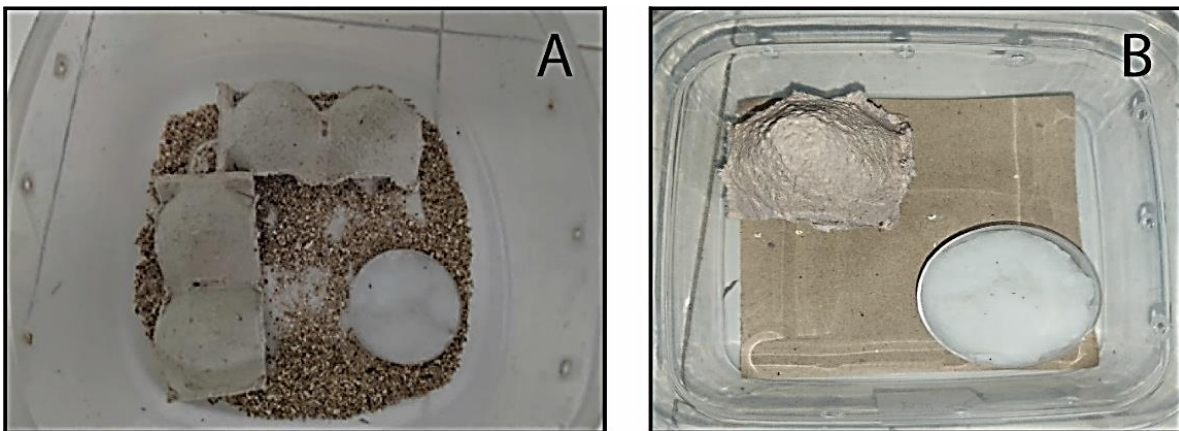


Figura 1. Vista panorámica. CIIMET. *Google Earth*.

B. Mantenimiento en cautiverio

Se escogieron hembras grávidas de *Tityus asthenes*, de las cuales se esperó el periodo de parto y que las crías bajen de la parte dorsal de la madre. Posterior a esto, las crías fueron separadas en cunas, rotuladas y alimentadas de acuerdo con la frecuencia alimenticia y el tipo de alimento del tratamiento asignado.

Las cunas de los individuos constan de un tóper de plástico con dimensiones 16 x 16 x 11 centímetros con orificios en los laterales para la entrada de aire, se utilizó vermiculita como sustrato, cuatro segmentos de cartón para huevos y un plato Petri con algodón humedecido con agua. A los individuos que crecieron más de 4.0 cm fueron colocados en cunas individuales de un tamaño de 10 x 10 x 11 cm, el sustrato fue cambiado por papel manila y se usó un solo segmento del cartón de huevo. La limpieza de cada cuna se llevó a cabo cada 3 semanas, los tópers fueron limpiados con alcohol al 90% y los componentes de cada cuna eran reemplazados por otros nuevos.



Tipo de cunas: (A)- para 10 crías de escorpión; (B)- Para escorpiones individuales

Figura 2. Tipos de cunas utilizadas para las crías de *Tityus asthenes*.

Los individuos dentro de las cunas fueron asignados a uno de los cuatro tratamientos diferentes de frecuencia alimenticia en los cuales se les proporcionaba un alimento

específico, cada frecuencia consistía en un grupo de 50 escorpiones. Aquellos que pertenecían al grupo A se alimentaron dos veces por semana, los del grupo B se alimentaron una vez por semana, el grupo C se alimentaron cada 15 días y el grupo D cada tres semanas. A su vez, se dividieron en subgrupos para el tipo de alimento específico, cada subgrupo constaba de 10 individuos. Los que estaban en el subgrupo 1 se alimentaron con grillos (*Grylloides sigillatus*), los del subgrupo 2 se alimentaron con dubias (*Blaptica dubia*), el subgrupo 3 fueron alimentados con moscas de la fruta (*Drosophila hydei*), el subgrupo 4 fue alimentado con runer (*Shelfordella lateralis*), por último, el subgrupo 5 se alimentó con todos los insectos de los grupos anteriores.

Tabla de distribución de escorpiones

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5
C1	C2	C3	C4	C5
D1	D2	D3	D4	D5

Frecuencia alimenticia: A- Dos veces a la semana; B- Una vez a la semana; C- Cada 15 días; D- Cada tres semanas.

Tipo de alimento: 1- Grillo (*Grylloides sigillatus*); 2- Dubias (*Blaptica dubia*); 3- Moscas de la fruta (*Drosophila hydei*); 4- Runers (*Shelfordella lateralis*); 5- Mixto.

Tabla 1. Distribución de escorpiones por cuna, tomando en cuenta su frecuencia alimenticia y tipo de alimentación.

C. Alimentación

La cantidad de insectos que se ofrecieron para la alimentación de los escorpiones se basó en la cantidad de individuos por cuna más el 20% del total de individuos, por ende, al tener 10 escorpiones inicialmente se les ofrecerán 12 insectos con pesos similares por tratamiento. En el caso de *Drosophila hydei*, las moscas de las frutas se utilizó una cepa de individuos con el gen de alas rizadas para evitar el vuelo y que a los escorpiones no se les complique la caza, además en este caso, el número de moscas ofrecidas dependía del número de escorpiones por cuna más el 40% de individuos por cuna para equiparar la cantidad de los otros insectos.

Fórmula para el 20% del alimento de los escorpiones:

$$10 \text{ escorpiones por cuna} = 100\%$$

$$X \text{ (número de insectos)} = 20\%$$

$$X = \frac{(10)(20)}{100}$$

$$X = 2$$

$$\text{Número de insectos} + \text{escorpiones por cuna} = \text{Número de insectos para alimentar}$$

$$10 + 2 = 12 \text{ insectos para alimentar}$$

Además del número de insectos ofrecidos como alimento a los escorpiones, también se tomó en cuenta el peso del alimento para que en todas las cunas se mantuvieran equilibradas tanto en número como en peso de alimento ofrecido. Este peso dependía de la edad de los escorpiones en las cunas:

Meses de las crías	Peso del alimento (gramos)
1-2	0.3 g
3-4	0.6 g
5-6	0.9 g

Tabla 2. Peso del alimento para ser ofrecido mediante la edad de las crías.

D. Colecta de datos

A cada individuo se le registró su tamaño y peso quincenalmente durante un periodo de seis meses. Los escorpiones fueron pasados de las cunas a envases de plásticos transparentes de forma individual para posteriormente ser llevados al estereoscopio, el cual es un Leica m205 A, que presenta una cámara con la que se capturaron imágenes de los individuos para que fueran medidos en milímetros por el software del mismo, en las medidas se tuvo en cuenta solamente el largo del individuo, que fue desde la punta del telson hasta los quelíceros (Anexo 3). Se utilizó específicamente el tamaño promedio de cada cuna para realizar los análisis estadísticos.



Figura 3. Estereoscopio Leica m205 A, para la medición de escorpiones.

Para medir el peso, los escorpiones de cada cuna se pasaron a envases de plástico, en los que eran llevados a una balanza analítica en gramos, en la cual se colocó un vaso químico, se desprecia el peso del vaso en la balanza y se adicionan el total escorpiones por cuna sobre el vaso químico. Posterior a esto, se divide el peso total de los escorpiones entre el número de escorpiones por cuna para obtener el promedio.

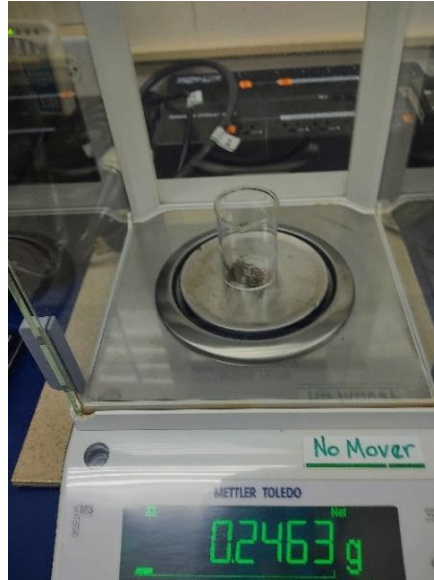


Figura 4. Balanza analítica utilizada para pesar los escorpiones.

E. Análisis de los datos

Influencia del tipo de alimento y la frecuencia alimentaria en el tamaño y peso

Se confeccionaron dos modelos con las variables Tamaño (Modelo 1) y Peso (Modelo 2). Se utilizó un diseño de arreglo factorial mediante pruebas de Anova. En ambos modelos, como factor A se asignó al tipo de alimento (Dubia, Grillo, Mixto, Mosca de la fruta y Runer) con el que se alimentaban a los escorpiones, el factor B, fue la frecuencia con la que se les proporcionaba dicho alimento (1 vez por semana, 2 veces por semana, 1 vez cada 2 semanas, 1 vez cada 3 semanas) y como variables respuestas el Peso y el Tamaño respectivamente. Se corroboró la normalidad de los modelos utilizando una prueba de Shapiro-Wilk, resultando normalidad para el modelo 1 ($p= 0.3714$) y lo contrario para el modelo 2 ($p<0.001$). Debido a esto para el modelo 2 se procedió a realizar una prueba de Friedman.

Relación del tamaño y el peso

Las medidas morfométricas (mm) de los escorpiones fueron relacionadas con el peso (g) aplicando un modelo potencial: $Y = aX^b$; donde: $Y = \text{peso (g)}$, $X = \text{tamaño (mm)}$ y a y $b = \text{Parámetros de la regresión}$. Se utilizó la función *lm* del software estadístico R, para la confección de los modelos potenciales. Cabe mencionar que se eliminaron los valores atípicos antes de correr el modelo (Grafica 3). Mediante una prueba de Anova se corroboró si la variable tamaño guarda relación con el peso, en base al modelo presentado. Finalmente se corroboraron los supuestos de normalidad del modelo mediante una prueba de Shapiro-Wilk y Homocedasticidad mediante una prueba de *Non-constant Variance Score Test*.

CAPÍTULO IV

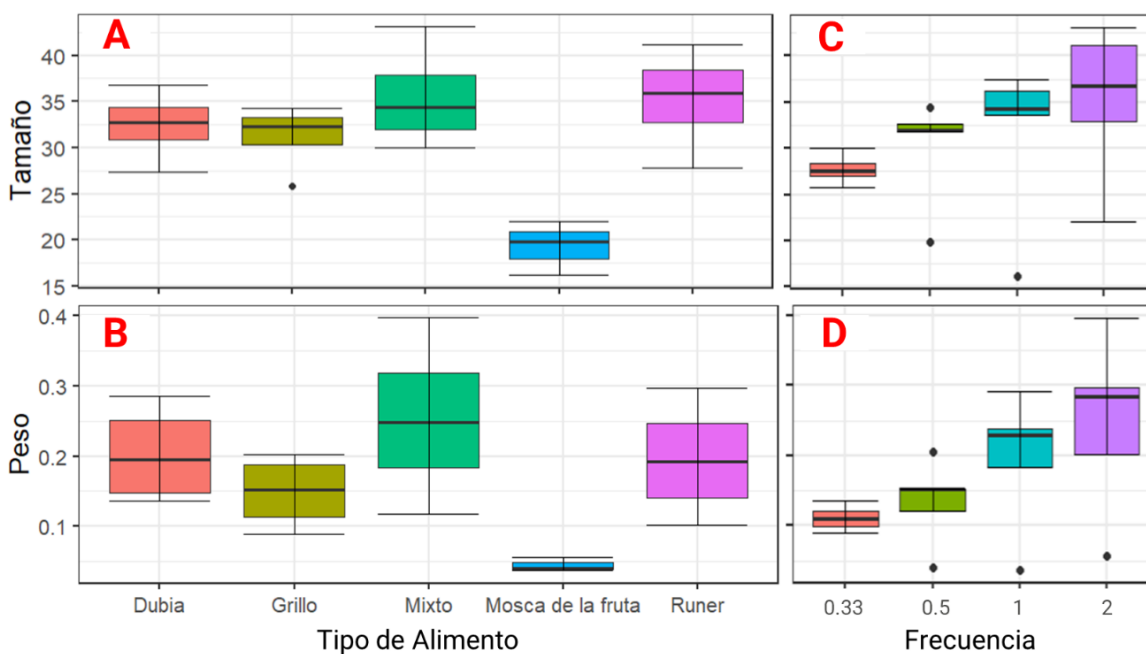
RESULTADOS

Influencia del tipo de alimento y la frecuencia alimentaria en el tamaño y peso

Existe una relación entre el tipo de alimento recibido ($p < 0.001$), la frecuencia con la que se proporciona ($p < 0.001$) y el tamaño de *Tityus asthenes*. Esto se debe a que el tratamiento de mosca de la fruta resulta estadísticamente muy diferente al resto de los tratamientos. Dos cosas podemos observar según nuestros resultados, la primera es que dicho tratamiento con mosca de la fruta no es eficiente y entre menos frecuente sea la proporción de alimentos a los escorpiones el tamaño podría verse afectado. El peso se comporta de la misma manera según el modelo presentado, tanto el tipo de alimento ($p < 0.001$), como la frecuencia ($p < 0.001$) influyen. Al realizar las comparaciones mediante la prueba de Friedman se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.006683$) siendo el peso obtenido mediante el tratamiento con mosca de la fruta estadísticamente diferente al resto, así como también existen diferencias en los pesos obtenidos por las distintas frecuencias ($p = 0.002851$), siendo las frecuencias (1 vez cada 3 semanas) la menos eficiente.

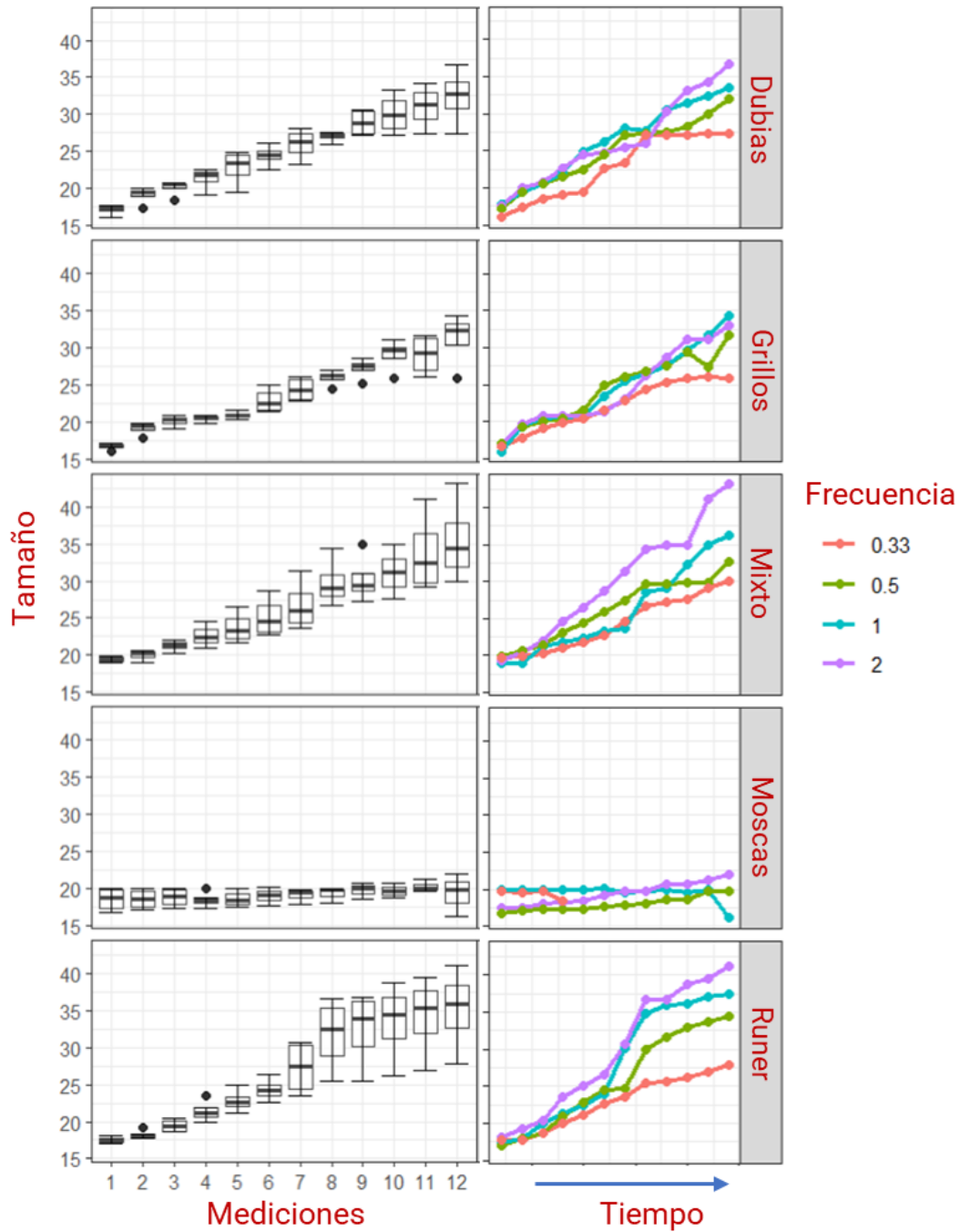
Se observó que los mejores representantes para el crecimiento de escorpiones en cautiverio son una alimentación basada en insectos mixtos y de *Shelfordella lateralis*, aunque no presentan una diferencia tan significativa entre ellos. Seguidos de la alimentación con *Blaptica dubia* y *Grylloides sigillatus*, los cuales presentan el mismo caso de no tener diferencias significativas muy marcadas. Por último, tenemos a *Drosophila hydei*, cuyo crecimiento fue mínimo en los escorpiones y representa una diferencia significativa en comparación a los demás tipos de alimentos.

Los pesos se vieron afectados por los factores tipo de alimento y frecuencia alimenticia. En los cuales, los individuos con mayor peso se vieron representados por aquellos que fueron alimentados con una dieta mixta y con *Shelfordella lateralis*, mientras que aquellos que recibieron una alimentación a base de *Drosophila hydei*, su peso fue sumamente bajo a comparación de las demás dietas.



Grafica 1. Tamaño y peso máximo según el tratamiento asignado.

Las frecuencias alimenticias presentaron diferencias significativas entre sí, en las cuales se puede ver que el tamaño de los individuos aumenta con frecuencias más consecutivas. Los escorpiones que fueron alimentados dos veces a la semana tuvieron un crecimiento mayor a los demás, mientras que los que se alimentaban una vez a la semana y cada 15 días su crecimiento fue disminuyendo. Por otro lado, aquellos individuos que fueron alimentados una vez cada tres semanas, su crecimiento fue totalmente reducido.



Grafica 2. Tamaño y frecuencia a través del tiempo.

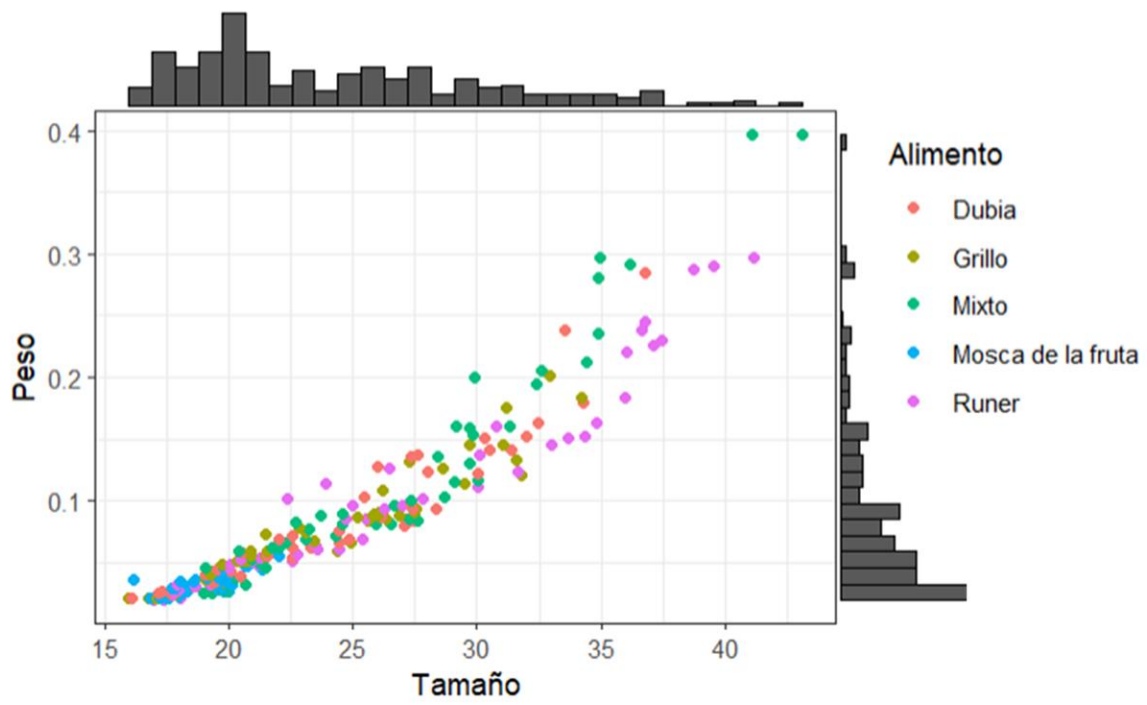
Relación del tamaño y el peso

Tityus asthenes presentó relación de sus medidas morfométricas (tamaño) y peso, mediante el modelo potencial ($p < 0.00001$) con un R^2 de 0.94. El modelo sigue el supuesto de

homocedasticidad ($p= 0.42302$), y a pesar de no cumplir con la normalidad ($p= 0.01981$) esto podría deberse a la naturaleza de los datos y al diseño utilizado, por lo que el modelo potencial resulta en primera instancia un modelo adecuado para explicar la relación entre tamaño y talla.

Se comprobó que la frecuencia alimenticia de los escorpiones está relacionada al peso que adquieren, los individuos que se alimentaban frecuentemente como, por ejemplo, aquellos con frecuencias alimenticias de una o dos veces a la semana conseguían ganar un mayor peso, al contrario de los que fueron alimentados una vez cada tres semanas, los cuales presentaban un peso muy bajo.

Se pudo comprender que sí existe una relación entre el peso y el tamaño de los escorpiones, ya que esto se ve reflejado en que a mayor tamaño se observa un mayor peso. Estando relacionado con las variables tipo de alimento y frecuencia alimenticia, en las cuales los individuos que fueron alimentados con un mixto de insectos y con *Shelfordella lateralis* en frecuencias de dos y una vez a la semana serían los que representarían un mayor tamaño y peso, mientras que por el contrario los que se alimentaron con *Drosophila hydei* en periodos de una vez cada tres semanas, presentarían un menor peso y tamaño.



Grafica 3. Relación potencial del tamaño (mm) y el peso (g) en *Tityus asthenes*.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

El tipo de alimento y la frecuencia alimenticia son factores importantes para el desarrollo óptimo de los escorpiones. Por ende, en esta investigación se aplicaron cinco alimentos y cuatro frecuencias distintas, para conocer cuál de estas es la adecuada para mantener colonias de escorpiones en cautiverio.

El mantenimiento de escorpiones en cautiverio es un trabajo arduo, ya que estos deben estar bajo condiciones específicas, en el caso de esta investigación se colocaban a 10 escorpiones por cuna, mientras que Candido & Lucas (2004), comprueban que especies de la familia Buthidae se pueden mantener hasta 300 individuos en una sola cuna siempre y cuando estén en etapa de cría. Cozijn (2011), recomienda que las temperaturas dentro del laboratorio se mantengan entre los 26-30 °C durante el día y alrededor 18-20 °C, en cuanto a esta investigación las temperaturas se mantenían todo el día entre 24-25 °C. Por último, Brenes & Gómez (2016), proponen un mantenimiento muy similar a esta investigación, utilizando papel manila como sustrato para los juveniles y algodón humedecido como fuente de agua.

Esta investigación comprobó que los factores tipo de alimento y frecuencia alimenticia afecta el tamaño y el peso de los escorpiones en cautiverio. Al mismo tiempo Tobassum *et al.* (2018), mencionan que el tipo de alimento en conjunto con la variación de la temperatura y método de ordeño afecta los componentes y la cantidad de veneno producido en los escorpiones. Estos animales son excelentes predadores de diversos artrópodos, incluyendo muy a menudo a otros escorpiones (Turel & Melic, 2015). Por lo cual, Miranda *et al.* (2015) registraron las presas de la mayoría de los escorpiones de Panamá en estado silvestre e

intentaron mantener algunos en cautiverio utilizando *Acheta domesticus* (Linnaeus, 1758), *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775), *Blaberus discoidalis* (Serville, 1839), *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758), *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758), *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) y *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758), pero no se tomó en cuenta si alguno de estos alimentos ocasionaba alguna variación en los escorpiones, mientras que en esta investigación se comprobó que el uso de una dieta mixta y de *Shelfordella lateralis* en frecuencias consecutivas como de una o dos veces a la semana aumenta favorablemente el tamaño de los escorpiones y por otro lado, la alimentación con *Drosophila hydei* en frecuencias de cada 15 días y una vez cada tres semanas no representa un cambio importante en el tamaño e incluso los individuos empiezan a morir.

El tamaño es un atributo indispensable para interpretar el entorno. Además, el rango de tamaño en el cuerpo de los animales condiciona muchas de sus características (García-Barros, 1999). Este factor en los artrópodos es enormemente variado, pudiendo ir desde menos de un milímetro a más de un metro en algunas formas marinas, y varios metros si incluimos a las formas fósiles (Ribera *et al.* 2015). El tamaño medio de los artrópodos suele superar los 5 o 6 cm., aunque algunas especies de cangrejos gigantes pueden alcanzar los 2 m. y por el contrario incluyen los ácaros, que son de tamaño microscópico (Calderón *et al.* 2004). Martínez *et al.* (2015), menciona que los miembros de la clase Arachnida que están emparentados directamente con los escorpiones como lo son los ácaros, su tamaño esta entre los 0.1 mm y 3 cm, las arañas varían su tamaño dependiendo de la familia (Araneidae: 2.7 cm, Salticidae: 1.5 cm, Sicariidae: 2.5 cm, Caponiidae: 3 cm, Pholcidae: entre 2 y 10 mm y Ctenidae: 4.5 cm, entre otras). Lagos (2016), redacta que los pseudoescorpiones miden de 1-7 mm y los solífugos su tamaño varia de 1 a 7 cm. por otro lado, Bueno-Villegas (2012)

describe que los milpiés adultos van desde unos cuantos milímetros hasta alrededor de los 30 cm. Conociendo esto, los escorpiones criados en cautiverio en esta investigación comprenden tamaños que van desde los 1.4 cm. en su estado de cría hasta tener tamaños aproximados de 4.6 cm. para individuos juveniles con una dieta mixta y frecuencia de dos veces a la semana, esto coloca a los escorpiones como artrópodos de un tamaño relativamente pequeño comparados con miembros de otras clases pero con tamaño dentro de lo convencional para individuos con los que comparte relaciones filogenéticas.

Según Martínez *et al.* (2015), el tamaño de los escorpiones de la familia Buthidae oscila entre los 2 y 12 cm., lo cual indica que en la presente investigación los datos registrados para los escorpiones en cautiverio mantienen un crecimiento normal para individuos que están en etapa juvenil. Aunque no se tienen registros exactos sobre el tamaño adecuado que deben tener los escorpiones en sus diferentes etapas de vida, Lourenco (2006), menciona que las especies dentro del subgénero *Atreus* el tamaño va desde los 6.5 cm. hasta más de 10 cm. en estado de juvenil hasta adulto dependiendo de las especies, por lo tanto, los individuos recién nacidos de *Tityus asthenes* utilizados en los tratamientos de esta investigación constaban de un tamaño medio aproximado de 1.5 cm. hasta llegar a un estado juvenil de 4.3 cm.

Se puede mencionar que el peso en los escorpiones es un factor completamente nuevo en la investigación de este grupo, que se ve afectado por las variables tipo de alimento y frecuencia alimenticia. Según Ramos (1987), el valor nutritivo de los insectos los convierte en un alimento complejo, su masa corporal está compuesta entre el 60 y 70 % por proteínas y el tipo de grasas que poseen son polinsaturadas, algunas de fácil digestión. Zaragoza (2018), prueba que las moscas domesticas aportan 35.81 g/100 g de proteína, mientras que Ballinas *et al.* (2009) contrasta que las cucarachas pueden aportar un aproximado de 57.89 g/100 g de

proteína. Teniendo en cuenta esto, los resultados de esta investigación concuerdan en que el tipo de alimento que favorece el peso de los escorpiones en cautiverio es la dieta mixta por la variación de nutrientes que obtienen los individuos, seguidos de *Shelfordella lateralis* que puede aportar mayor cantidad de proteínas que por su contrario *Drosophila hydei* no puede ofrecer por su baja biomasa. Al mismo tiempo, adicionando la variable frecuencia alimenticia, podemos notar que los individuos alimentados con frecuencias más concurrencias tienden a aumentar el peso a los que obtienen alimento en escasas ocasiones.

El factor peso se ha visto manejado en pocos trabajos dentro de los artrópodos, uno de los ejemplos es Manzano *et al.* (2012), los cuales notan que el peso en ixódidos aumenta hasta 500 veces al momento de alimentarse, mientras que los grupos de 10 individuos de *Tityus asthenes* presentaban cambios notables en su peso cada 15 días. En el caso de Ramírez *et al.* (2004), en el que se proporcionó dos dietas diferentes a *Procambarus aztecus* (cangrejo de río) en el cual generó un cambio en el peso de cada individuo. Lo que comprueba que el tipo de alimento hace variar el peso tanto en cangrejos como en escorpiones, aunque no estén interconectados de forma directa en la taxonomía.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIÓN

Se comprobó mediante los análisis estadísticos que si existen diferencias significativas entre los tipos de alimento y sus frecuencias alimenticias en los escorpiones criados en cautiverio.

Observamos que los diferentes tipos de alimentos y frecuencias alimenticias tienen un efecto notable al ser aplicados en escorpiones en cautiverio.

Registramos que la mejor alimentación para los escorpiones en cautiverio es la dieta mixta, seguida de *Shelfordella lateralis*, *Blaptica dubia*, *Grylloides sigillatus* y, por último, *Drosophila hydei* que generó el menor tamaño y crecimiento.

Además, encontramos que la frecuencia alimenticia adecuada para los escorpiones es la de dos veces a la semana, seguida de una vez a la semana, cada 15 días y finalmente la de cada tres semanas.

Tras el análisis de los datos, podemos contemplar que sí existe una relación tamaño-peso que es ejercido por las variables tipo de alimento y frecuencia alimenticia, ya que los individuos con mejor tipo de alimento y frecuencia alimenticia consecutiva obtiene un mayor tamaño y peso.

RECOMENDACIONES

Se propone que los criaderos de escorpiones en cautiverio se alimenten con una dieta mixta o con *Shelfordella lateralis* y que se le proporcione alimento en frecuencias de dos o una vez a la semana.

Se recomienda repetir la metodología de esta investigación, pero utilizando otras especies que estén dentro de la familia Buthidae, para comparar los resultados.

Puesto que medir los escorpiones en el estereoscopio se vuelve complicado a medida que van creciendo, se recomienda desarrollar una metodología en la que los juveniles puedan ser medidos de manera más sencilla.

La medida de tamaño que se utilizó fue medir a los escorpiones desde la punta del telson hasta los quelíceros, por lo cual sería recomendable usar otras medidas como el ancho máximo y mínimo, tamaño de los pedipalpos y metasoma.

En la presente investigación se utilizó una muestra de 200 individuos, se propone que se trabaje con un número menor para que puedan estar en cunas individuales y así disminuir la competencia entre escorpiones de la misma cuna, así llevar un buen registro de las veces que muda y si ha comido.

BIBLIOGRAFÍA

Arjona, R. (2017). Situación Epidemiológica de Las Picaduras de Alacrán en la República de Panamá. Ministerio de Salud de Panamá, 2016, 1–5.

Armas, L.F., Miranda, R.J. (2019). Primeros registros de Amblypygi, Scorpiones y Solifugae (Arachnida) del Parque Nacional Coiba, Veraguas, Panamá. Revista Ibérica de Aracnología, 35: 53-55.

Ballinas, E., C. Yáñez, O. Aguilar, A. Roque & A. García. (2009). Evaluación nutricia de la proteína de cucaracha (*Periplaneta americana*) en pollos de engorda. Rev. Ciencias UNICACH, 3(1): 59–68.

Blasco, J. (2007). Animales ponzoñosos. Alacranes. En: Wilkins GA. Toxicología práctica para el internista. México: Editorial Alfil, Pp. 341-343.

Borges, A., R. Miranda & I. Flores. (2011). Los escorpiones y el escopionismo en Panamá. Volumen 1. Universidad Nacional de Panamá, Pp. 12.

Borges, A., R. Miranda, & J. Pascale. (2012). Scorpionism in Central America, with Special Reference to the Case of Panamá. The Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases, 18: 130–43.

Borges, A., M. Morales, W. Loor & M. Delgado. (2015). Scorpionism in Ecuador: First report of severe and fatal envenoming cases from northern Manabí by *Tityus asthenes* Pocock. Toxicon, 105: 56–61.

Borges, A. & M., Graham. (2016). Phylogenetics of Scorpions of Medical Importance. En: Gompalanokrishnanone, P, Calvete, JJ, editores. *Venom Genomics and Proteomics*. Dordrecht: Springer Netherlands, Pp. 81-103.

Borges, A., & Rojas, A. (2019). El accidente por escorpiones tóxicos en el Paraguay: Mito y Realidad en el contexto de la emergencia por escorpionismo en el Sudeste de la América del Sur. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 24(1), 27–35.

Borges, A., B. Lomonte, Y. Angulo, H. Acosta de Patiño, J. Pascale, R. Otero, R. Miranda, L. De Sousa, M. Graham, A. Gómez, P. Pardal, E. Ishikawa, F. Bonilla, A. Castillo, R. de Avila, J. Gómez & J. Caro-López. (2020). Venom diversity in the Neotropical scorpion genus *Tityus*: Implications for antivenom design emerging from molecular and immunochemical analyses across endemic areas of scorpionism. *Acta Tropica*. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105346>

Brenes, E., & A. Gómez. (2016). Scorpions maintenance in captivity for venom extraction purposes in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 64(3): 1019–1027.

Brownell, P. & G. Polis. (2001). *Scorpion Biology and Research*. New York: Oxford University Press, Inc. Eds, pp. 12.

Bueno-Villegas, J. (2012). Diplópodos: Los desconocidos formadores de suelo. *CONABIO. Biodiversitas*, 102: 1-5.

Calderón L., J. Tay, J. Sánchez & D. Ruiz. (2004). Artrópodos y su importancia en la medicina humana. *Revista de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México*. 47(5): 192-199

Candido, D., & Lucas, S. (2004). Maintenance of scorpions of the genus *Tityus* Koch (Scorpiones, Buthidae) for venom obtention at Instituto Butantan, Sao Paulo, Brazil. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 10: 86-97.

Chippaux, J.P. & A. Alagón. (2008). Envenimations et empoisonnements par les animaux venimeux ou vénéreux. VII: L'arachnidisme du Nouveau, 68: 215-21.

Chippaux, J.P. & M. Goyffon. (2008). Epidemiology of scorpionism: A global appraisal. *Acta Tropica*, 107(2):71-79.

Cozijn, M. (2011). *Tityus asthenes*. The Scorpion files. <https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/specieslist.php>

Fet, V., W.D. Sisson, G. Lowe & M.E. Braunwalder. (2000). Catalog of the Scorpions of the World (1758-1998) New York Entomological Society, 690 p.

Flórez, E. (2001). Escorpiones de la Familia Buthidae (Chelicerata: Scorpiones) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2: 25–30.

García-Barros, E. (1999). Implicaciones ecológicas y evolutivas del tamaño en los artrópodos. *Boletín Sociedad Aragonesa de Entomología S.E.A.*, 26: 657–678.

Gómez, J., J. Quintana, P. Arbeláez, J. Fernández, J. Silva, J. Barona, J. Gutiérrez, A. Díaz & R. Otero. (2010). Picaduras por Escorpión *Tityus Asthenes* en Mutatá, Colombia: Aspectos Epidemiológicos, Clínicos y Toxicológicos. *Biomédica*, 30: 126– 39.

González-Santillán, E. (2004). Diversidad, taxonomía y hábitat de alacranes. *Artrópodos de Chamela. México*, Pp. 25–35.

Granja, B., Z. Martínez & A. Chico. (1999). Alacranismo. Alergia Asma Inmunología Pediátrica, 8 (4): 109-112.

Lagos, S. (2016). Las arañas: características principales y especies más comunes. Laboratorio de Entomología del IADIZA-CRICYT, pp. 8.

Lourenco, W. (1981). Scorpions cavernicoles de l'Equateur: *Tityus demangei* n. sp. et *Ananteris ashmolei* n. sp. (Buthidae): *Troglotayosicus vachoni* n. gen., n. sp. (Chactidae), Scorpion troglobie. Bulletin du Museum national d'histoire naturelle. Section A: Zoologie, biologie et ecologie animales, 3(2): 635-662.

Lourenco, W. & E. Mendez. (1984). Inventario preliminar sobre la fauna de escorpiones de Panamá, con algunas consideraciones taxonómicas y biogeográficas. Revista de Biología Tropical, 32: 85–93.

Lourenco, W.R. (1988). La faune des Scorpions de l'Equateur.I. Les Buthidae. Systématique et biogeographie. Revue Suisse de Zoologie, 95: 681-697.

Lourenco, W. & E. Flores. (1989). Los escorpiones (Chelicerata) de Colombia y la fauna de la Isla Gorgona. Aproximación biogeográfica. Caldasia, 16(76): 66–70.

Lourenco, W. (2006). Nouvelle proposition de découpage sous-générique du genre *Tityus* C. L. Koch, 1836 (Scorpiones, Buthidae). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 39: 55-67.

LoVecchio, F. (2018). Scorpion envenomation causing autonomic dysfunction (North Africa, Middle East, Asia, South America, and the Republic of Trinidad and Tobago).

En: Upto- Date ® 2018 jul. 23 (Topic 13897 Version 8.0) y Scorpion envenomation causing skin necrosis, hemolysis, DIC, and acute kidney injury (Middle East). En: UptoDate 2019 apr. 16 (Topic 117074 Version 6.0).

Manzano, R., V. Díaz & R. Pérez. (2012). Garrapatas: Características anatómicas, epidemiológicas y ciclo vital. Detalles de la influencia de las garrapatas sobre la producción y sanidad animal. *Revista Argentina de Producción Animal*, 8: 1–8.

Mariategui, P. & N. Urretabizkaya. (2007). Escorpiones. *Revista del Colegio de Médicos Veterinarios de la provincia de Santa Fe*, 25: 31-33.

Martínez, C., L. Benavides, O. Escorcía & T. Franco. (2015). Arácnidos: Un mundo en ocho patas. *Revista INFOZOA, Boletín de Zoología*, 8: 1–16.

Miranda, R., D. Murgas, I. Murgas & L. Armas. (2014). Sobre la presencia de *Centruroides margaritatus* e *Isometrus maculatus* en Panamá (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 25: 15-19.

Miranda, R., S. Bermúdez, J. Cleghorn & R. Cambra. (2015). Presas de escorpiones (Arachnida: Scorpiones) de Panamá, con observaciones sobre el comportamiento de depredación. *Revista Ibérica de Aracnología*, 27: 115–123.

Miranda, R.J. & de Armas, L.F. (2020). A new species of *Ananteris* (Scorpiones: Buthidae) from Panama. *Euscorpius*, 297: 1-7.

Miranda, R.J., Bermúdez, S., Flórez, E. & Armas, L. (2020), A new species of *Tityus* from Panama and Costa Rica previously identified as *Tityus pachyurus* Pocock, 1897 (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 37: 197-204.

Miranda, R.J., de Armas, L.F. & Cambra, R.A. (2021). Predation of *Ananteris* spp. (Scorpiones: Buthidae) by ants and a social wasp (Hymenoptera: Formicidae, Vespidae) in Panama, Central America. *Euscorpius*, 329: 1-4.

Montoya, M., & L. de Armas. (2002). Scorpions (Arachnida) from Bocas del Toro archipelago, Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 50(1): 155–160.

Murgas, I., S. Bermúdez & R. Miranda. (2020). Primer reporte de envenenamiento accidental por *Ananteris platnicki* Lourenco, 1993 (Scorpiones: Buthidae) en Panamá. *Revista Médica de Panamá*, 1993: 163–164.

Murillo-Godínez, G. (2020). Picadura de alacrán y alacranismo. *Medicina Interna de México*, 36(5): 696–712.

Perdomo, A. & H. Patiño (2001). Envenenamiento por escorpiones en Panamá. Sección Toxicológica del Centro de Investigación e Información de Medicamentos y Tóxicos (CIIMET). Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Panamá, pp. 2.

Pillsbury, D., W. Shelley & A. Kligman. (1956). Dermatologic parasitology. Disorders due to arachnids. Scorpions. En: *Dermatology*. WB Philadelphia: Saunders Co., Pp. 1052.

Polis, G. (1990) Ecology. En: Polis GA, ed. *The biology of scorpions*. Stanford: Stanford University, pp. 247.

Ponce-Saavedra, J. & O. Francke. (2013). Clave para la identificación de especies de alacranes del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el Centro Occidente de México. *Biológicas*, 15: 52-62.

Ponce-Saavedra, J., O. Francke & H. Suzán. (2006). Actividad superficial y utilización del hábitat por *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke (Scorpiones: Buthidae). *Biológicas*, 8: 130-137.

Possani, L., E. Merino, M. Corona, F. Bolívar & B. Becerril. (2000). Peptides and genes coding for scorpion toxins that affect ion-channels. *Biochimie*, 82:861-8.

Prendini, L. (2011). Order Scorpiones C.L. Koch, 1850. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 1850: 2005–2007.

Quintero, D. & L. Esposito. (2014). Una nueva especie de *Centruroides* Marx (Scorpiones: Buthidae) de Panamá y nuevos registros de distribución para *Centruroides bicolor* (Pocock, 1898) y *Centruroides granosus* (Thorell, 1876). *Zootaxa*, 3795(3): 373–382.

Ramírez, D. (2015). Habitat use and surface activity scorpion *Centruroides margaritatus* in Palo Verde, Guanacaste National Park, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 7: 279–286.

Ramos, J. (1987). Los insectos como fuente de proteína en el futuro. México. Edit Limusa. Pp. 148.

Red de Centros de Información y Asesoría Toxicológica de Centroamérica (REDCIATOX). (2021). Centro de Investigación e Información de Medicamentos y tóxicos (CIIMET) Panamá. En: <https://www.redciattox.org/centro-de-investigacion-e-informacion-de-medicamentos-y-toxicos-ciimet-panama>

Ribera, I., A. Melic & A. Torralba. (2015). Introducción y guía visual de los artrópodos. Revista IDE@ -SEA, 2: 1–30.

Roodt, R. (2015). Veneno de escorpiones (alacranes) y envenenamiento Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, 49(1): 55–71.

Salazar M., I. Arenas, L. Corrales-García, R. Miranda, S. Vélez, J. Sánchez, K. Mendoza, J. Cleghorn, F. Zamudio, A. Castillo, L. Possani, G. Corzo & H. Acosta. (2018). Venoms of *Centruroides* and *Tityus* species from Panama and their main toxic fractions. Toxicon, 141:79-87.

Salazar, M., H. Clement, H. Corrales-García, L. Sánchez, J. Cleghorn, J. Zamudio, F. Possani, H. Acosta & G. Corzo. (2021). Heterologous expression of four recombinant toxins from Panamanian scorpions of the genus *Tityus* and *Centruroides* for production of antivenom. Toxicon: X, 13.

Saldarriaga, M. & R. Otero. (2000). Los escorpiones: aspectos ecológicos, biológicos y toxinológicos. MedUNAB, 3: 17–23.

Teruel, R., & M. Cozijn. (2011). A checklist of the scorpions (Arachnida: Scorpiones) of Panama, with two new records. Euscorpius, (133): 1–6.

Teruel, R., & Melic, A. (2015). Orden Scorpiones. Revista IDE@-SEA, 18: 1–17.

Tobassum, S., H. Tahir, M. Zahid, Q. Gardner & M. Ahsan. (2018). Effect of milking method, diet, and temperature on venom production in scorpions. Journal of Insect Science, 18(4): 1–7.

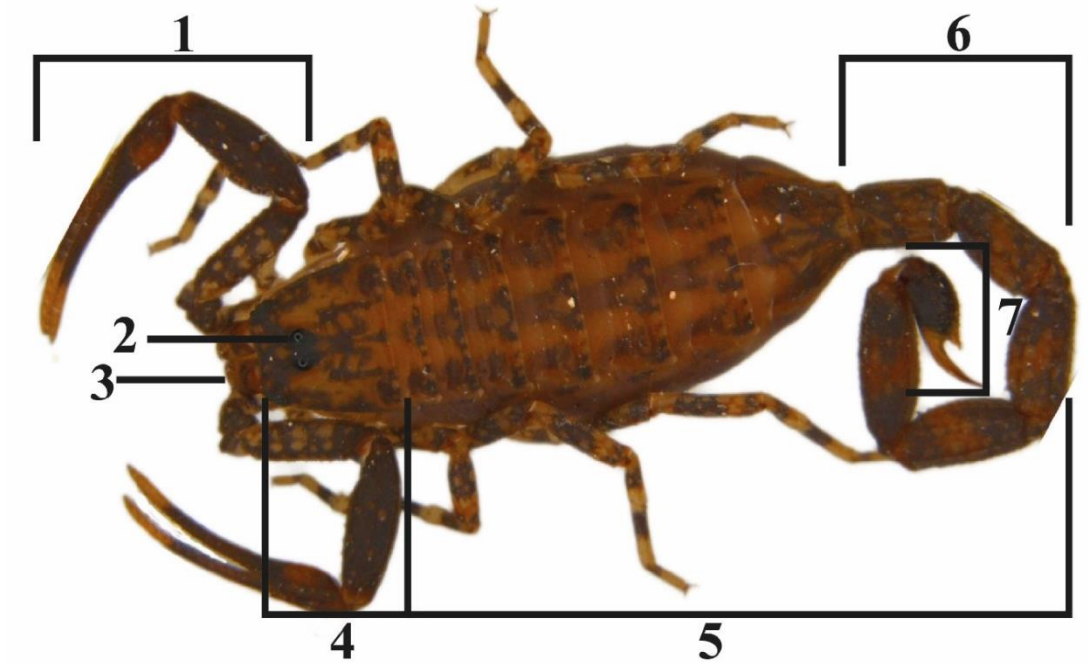
Triana, N. M. (2019). Análisis transcriptómico de la glándula de veneno de *Tityus asthenes* (Escorpionida: Buthidae) del municipio de Buenaventura, Colombia. [Tesis profesional para obtener el grado de magister en ciencias biomédicas].

Wendruff, A., L. Babcock, C. Wirkner, J. Kluessendorf, & D. Mikulic. (2020). A Silurian ancestral scorpion with fossilised internal anatomy illustrating a pathway to arachnid terrestrialisation. Nature, Scientific Reports, 10(1): 1–6.

Zaragozano, F. (2018). Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? Sanidad Militar, 74(1): 41–46.

Zúñiga, C., L. Caro, A. Esparza, J. Zaragoza, R. Herbas, A. Aguiar & Col. (2008). Alacranismo: Enfoque clínico y epidemiológico para el personal de salud. Vacunación Hoy Revista Mexicana de Puericultura y Pediatría, 15(87): 84-91.

ANEXO



Anexo 1. Partes del escorpión: 1- Pedipalpo, 2- Ojo, 3- Quelíceros, 4- Prosoma, 5- Opistosoma, 6- Metasoma, 7- Telson.



Anexo 2. Cría de *Tityus asthenes* en cautiverio.



Anexo 3. Método para medir los escorpiones en milímetros.