

Efecto de la fragmentación de hábitat sobre las comunidades de escorpiones (Arachnida) en  
Panamá

Por  
Roberto J. Miranda

Una tesis presentada a la Vicerrectoría de Investigación y posgrado.  
en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS  
con énfasis en Entomología

Comité asesor  
Dra. Anayansi Valderrama (principal)  
Dr. Luis F. de Armas  
Dr. Adolfo Borges

Universidad de Panamá

Ciudad de Panamá, Panamá

2022

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación lo dedico a mi familia, mi amada esposa Ingrid y a mis queridos hijos Sebastián, Esteban y Lucas. Te agradezco mucho Ingrid, por tu apoyo y comprensión durante este proceso. Igualmente, lo dedico a mis padres y hermanos gracias por su apoyo incondicional.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO 1. LOS ESCORPIONES DE PANAMÁ.....                                                                                                                                      | 7   |
| Resumen.....                                                                                                                                                                    | 7   |
| Introducción .....                                                                                                                                                              | 8   |
| Materiales y métodos .....                                                                                                                                                      | 11  |
| Escorpiones de Panamá .....                                                                                                                                                     | 11  |
| Filogenia de <i>Centruroides</i> y <i>Tityus</i> de Panamá usando la región C-terminal del gen mitocondrial codificante del Citocromo C oxidasa I (COI) .....                   | 13  |
| Resultados.....                                                                                                                                                                 | 16  |
| Lista anotada de las especies de escorpiones de Panamá.....                                                                                                                     | 16  |
| Clave para familias y especies de escorpiones de Panamá.....                                                                                                                    | 43  |
| Filogenia de <i>Centruroides</i> y <i>Tityus</i> de Panamá.....                                                                                                                 | 48  |
| Discusión .....                                                                                                                                                                 | 50  |
| Conclusiones .....                                                                                                                                                              | 56  |
| Referencias bibliográficas .....                                                                                                                                                | 58  |
| Tablas y figuras.....                                                                                                                                                           | 72  |
| Anexos.....                                                                                                                                                                     | 107 |
| Capítulo 2. Efecto de la fragmentación de hábitat sobre las comunidades de escorpiones en tres localidades del Corregimiento de El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste..... | 116 |
| Resumen.....                                                                                                                                                                    | 116 |
| Introducción .....                                                                                                                                                              | 117 |
| Materiales y métodos .....                                                                                                                                                      | 120 |
| Área de estudio .....                                                                                                                                                           | 120 |
| Muestreos .....                                                                                                                                                                 | 123 |
| Parcelas “Otoe” y “Limón” .....                                                                                                                                                 | 124 |
| Manejo y análisis de datos .....                                                                                                                                                | 125 |
| Relaciones entre variables ambientales y abundancia de escorpiones.....                                                                                                         | 127 |
| Densidad, distribución vertical y desplazamiento de escorpiones: .....                                                                                                          | 127 |
| Interacciones ecológicas .....                                                                                                                                                  | 128 |
| Resultados.....                                                                                                                                                                 | 128 |
| Discusión .....                                                                                                                                                                 | 137 |
| Conclusiones .....                                                                                                                                                              | 145 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Referencias bibliográficas .....                                           | 147 |
| Tablas y figuras.....                                                      | 157 |
| Anexos.....                                                                | 184 |
| Capítulo 3. Comparación del veneno de escorpiones Buthidae de Panamá ..... | 188 |
| Resumen.....                                                               | 188 |
| Introducción .....                                                         | 189 |
| Materiales y métodos .....                                                 | 192 |
| Obtención de venenos .....                                                 | 192 |
| Electroforesis en condiciones disociantes .....                            | 193 |
| Cromatografía líquida de alta eficacia de fase inversa (RP-HPLC) .....     | 194 |
| Perfil proteómico por espectrometría de masas en tándem (MS/MS) .....      | 194 |
| Similitud entre venenos: Agrupamiento jerárquico de los venenos.....       | 196 |
| Resultados.....                                                            | 197 |
| Electroforesis en condiciones disociantes .....                            | 197 |
| RP-HPLC.....                                                               | 197 |
| Espectrometría de masas en tándem .....                                    | 198 |
| Discusión .....                                                            | 200 |
| Electroforesis SDS PAGE.....                                               | 201 |
| Identificación de componentes.....                                         | 202 |
| Variaciones intraespecíficas.....                                          | 208 |
| Conclusiones .....                                                         | 209 |
| Referencias bibliográficas .....                                           | 210 |
| Tablas y figuras.....                                                      | 221 |
| Anexos.....                                                                | 240 |

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis asesores Anayansi Valderrama, Adolfo Borges y Luis de Armas por toda su guía y consejos en el desarrollo de esta investigación.

Igualmente mi agradecimiento a Gloria González y Alexander Martínez por su ayuda en el proceso de análisis filogenético de los escorpiones de Panamá. A Bruno Lomonte, Julián Fernández y Marco Ruíz del Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica por todo su apoyo en los análisis de los venenos de escorpiones de Panamá.

También quiero expresar mi agradecimiento a las familias Bellido, Herrera y Montenegro de El Cacao de Capira, y a la familia Quiel en Chiriquí por permitirme realizar recolectas de especímenes y las observaciones de campo en sus terrenos.

Especialmente quiero agradecer a Ingrid Murgas, Juan Lezcano, Gleydis García, Lyska Castillo, Lillian Dominguez y Gino Fatacioli por todo su apoyo en el trabajo de campo y en tareas de laboratorio esenciales que han hecho posible este trabajo de investigación. A Alberto Cumbreira (ICGES) por su ayuda en la elaboración de los mapas.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República de Panamá (SENACYT) por brindar los fondos para poder llevar a cabo esta investigación.

## RESUMEN

Los escorpiones son artrópodos muy antiguos. Algunas especies poseen un veneno capaz de provocar envenenamientos severos en humanos, convirtiéndolos en un grupo de interés en salud pública en varios continentes. El Ministerio de Salud de Panamá ha registrado en los últimos 20 años, defunciones provocadas por escorpiones en 14 de las 16 regiones de salud en las que se divide el país.

Como resultado del capítulo 1 de esta tesis, se reportan 21 especies de escorpiones para Panamá, adicionando nuevos registros de distribución, apoyado en la revisión de ejemplares de colecciones científicas y en el análisis de relaciones filogenéticas de los escorpiones de los géneros *Centruroides* y *Tityus* de Panamá. Los resultados sugieren la presencia de especies crípticas por describir para especies de Buthidae, especialmente para *Tityus*.

El segundo capítulo trata sobre ecología de escorpiones. Específicamente de los efectos de la fragmentación de hábitat (FH), debido a actividades humanas, sobre las comunidades de escorpiones de bosques secundarios de El Cacao, distrito de Capira, Panamá Oeste. Se logró observar patrones de cambios en la diversidad debido a la FH, comparando las comunidades dentro de bosque con aquellas ubicadas en la matriz circundante a los fragmentos de bosque. Información novedosa sobre interacciones ecológicas con otros organismos y distribución vertical de escorpiones sobre la vegetación complementan este capítulo.

En el tercer capítulo se investigó el veneno de *Tityus jaimeii*, especie de amplia distribución en Panamá y responsable de la mayoría de los envenenamientos severos en el país. Se estudiaron y compararon los venenos de cuatro poblaciones de *T. jaimeii* utilizando métodos electroforéticos y proteómicos. Se incluyeron también venenos de otras dos especies de *Tityus* y de *Centruroides granosus*, de gran importancia epidemiológica. Se encontró notable similitud entre los componentes de los venenos de los *Tityus* de Panamá con aquellos del veneno de *Tityus obscurus* de la Amazonía de Brasil. Estos venenos mostraron ser ricos en neurotoxinas y metaloproteasas, aunque con diferencias en otros componentes.



## CAPÍTULO 1. LOS ESCORPIONES DE PANAMÁ

### Resumen

El orden Scorpiones Koch, 1837 está conformado por aproximadamente 2600 especies existentes, agrupadas en 19 familias. Se estima que como grupo se originaron hace más de 400 millones de años. Actualmente están presentes en casi todos los continentes, excepto la Antártida, ocupando muchos ecosistemas terrestres. La fauna de escorpiones de Panamá está conformada mayormente por géneros de filiación Sudamericana (*Tityus*, *Ananteris*, *Opisthacanthus*, *Chactas*) y norteamericana (*Centruroides*). Basado en la revisión de ejemplares en su mayoría depositados en la Colección Zoológica Dr. Eustorgio Méndez del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud (CoZEM-ICGES) se actualiza el listado de especies de escorpiones de Panamá: *Opisthacanthus elatus* (Hormuridae); *Chactas exsul* (Chactidae); *Ananteris platnicki*, *Ananteris canalera*, *Centruroides bicolor*, *Centruroides edwardsii*, *Centruroides granosus*, *Centruroides limbatus*, *Centruroides margaritatus*; *Centruroides panamensis*, *Isometrus maculatus*, *Tityus championi*, *Tityus cerroazul*, *Tityus festae*, *Tityus jaimeii*, *Tityus ocelote* y *Tityus tayrona*. El listado es completado por cuatro especies pendientes de determinación precisa: *Ananteris* cf. *leilae* (Darién), *Ananteris* cf. *platnicki* (Darién), *Tityus* sp. 1 (Colón) y *Tityus* sp. 2 (Darién). Resultados preliminares de los análisis filogenéticos de las especies de Buthidae de Panamá basado en la secuencia parcial del gen mitocondrial COI sugieren la presencia de especies crípticas bajo los taxones nominales: *C. bicolor*, *T. cerroazul*, *T. festae* y la aquí denominada *Tityus* sp. 1.

## Introducción

El orden Scorpiones Koch, 1837 está conformado por aproximadamente 2600 especies existentes (Rein, 2021), pertenecientes a 19 familias (Santibáñez-López *et al.*, 2019). Basado en su rico registro fósil, que actualmente consta de aproximadamente 136 especies válidas, se estima que este grupo de arácnidos se originó en el Silúrico, hace más de 400 millones de años (Dunlop *et al.*, 2021; Wendruff *et al.*, 2020). En la actualidad están presentes en la mayoría de los continentes, excepto en la Antártida, y prosperan en muchos de los ecosistemas terrestres, desde zonas desérticas hasta selvas lluviosas (Lourenço, 2015).

Se ha estimado que el cierre completo del istmo de Panamá ocurrió aproximadamente hace 3 millones de años durante el Plioceno, sirviendo de puente para el gran intercambio biótico entre Norte y Sudamérica y separando el océano Pacífico y el mar Caribe (O’Dea *et al.*, 2016). Entonces, no sorprende que la escorpiofauna de Panamá sea una mezcla de elementos de origen sudamericano (géneros *Tityus*, *Ananteris*, *Opisthacanthus*, *Chactas*) y norteamericano (género *Centruroides*) (Francke & Stockwell, 1987; Armas & Maes, 2000), entre los que se destacan varias especies endémicas del país o de Centroamérica. Por ejemplo *Tityus championi* Pocock, 1898 endémica de la zona fronteriza de Panamá y Costa Rica (Teruel, 2011).

Los primeros aportes taxonómicos sobre los escorpiones de Panamá ocurrieron durante en el siglo XIX e inicios del siglo XX (Thorell, 1876, 1894; Pocock, 1898,

1902; Borelli, 1899). Otro período de importantes avances en el conocimiento de las especies de escorpiones panameños ocurrió en el último cuarto del siglo XX con adiciones a la diversidad del país (Lourenço, 1986, 1993). Este segundo período ocurre como producto de la primera revisión de los escorpiones que habitan Panamá por Lourenço & Méndez (1984), en el que se listaban 16 especies pertenecientes a cinco familias de escorpiones: Bothriuridae, Buthidae, Chactidae, Scorpionidae y Vaejoividae.

Listados posteriores (Armas & Maes 2000, 2001) exploraban la diversidad de escorpiones de Panamá en relación a la diversidad de Centroamérica. Armas & Maes (2000) mantuvieron la mayor parte de los registros de Lourenço & Méndez (1984), sin embargo, no incluyeron el registro de la familia Bothriuridae. En el catálogo publicado por Fet y colaboradores (2000) se mantienen muchos de los registros de las especies listadas en los trabajos previos, e incluyen datos sobre localidad tipo, sinonimias, referencias y distribución de las especies de Panamá.

En el último listado de escorpiones de Panamá, Teruel & Cozijn (2011) aceptan la presencia de catorce especies, pertenecientes a cinco géneros de las familias: Buthidae (3 géneros y 12 especies), Chactidae (1 especie) y Hemiscorpidae (1 especie). Estos autores consideran que los registros de Bothriuridae (*Brachistosternus ehrenbergii* (Gervais, 1841) y Vaejoividae (*Vaejovis* sp.) son errores de identificación, de etiquetado o introducciones accidentales debido a que no se han vuelto a encontrar en Panamá. Entre el la revisión de Lourenço & Méndez (1984) y lo presentado por

Teruel & Cozijn (2011) hay 50% de cambios en los taxa reportados para el país.

Otros cambios se han realizado durante los últimos 10 años, incluyendo el reporte de la presencia de dos especies de escorpiones introducidas (Miranda *et al.*, 2014), la descripción de tres nuevas especies (Quintero & Esposito, 2014; Miranda & Armas, 2020; Miranda *et al.*, 2020) y un cambio taxonómico que involucra a una especie panameña (Lourenço, 2018). Reportes sobre la fauna de escorpiones de algunas regiones de Panamá se han publicado para: islas del Archipiélago de Bocas del Toro, Bahía Honda y Parque Nacional Coiba (Veraguas) (Montoya & Armas, 2002; Quintero, 2005; Armas & Miranda, 2019), lo que en suma representa muy poco del territorio panameño.

La familia Buthidae es la más diversa dentro del orden Scorpiones, con cerca de 1260 especies (Rein, 2021). Esta familia incluye la mayoría de las especies nocivas para las personas (Lourenço, 2018). Las especies de Buthidae representan cerca del 85% de la diversidad de escorpiones de Panamá. Se señala a las especies de *Centruroides* como los causantes del mayor número de casos y la ocurrencia de casos fatales ha sido asociada a envenenamientos provocados por cuatro especies de *Tityus* (Borges *et al.*, 2012). El Ministerio de Salud de Panamá reportan que en el período 2000 a 2015 se registraron 28 951 casos de escorpionismo, registrando 44 muertes para el mismo período.

Muchas veces la determinación taxonómica de especies de escorpiones no resulta

fácil. Esta es una tarea especialmente problemática en géneros muy diversos y con amplia distribución, como lo son *Centruroides* (100 especies) y *Tityus* (más de 220 especies) (Rein, 2021).

Variaciones fenotípicas y traslapes en los valores de características merísticas y morfométricas entre especies distintas, complican mucho más la tarea de identificación taxonómica. La inclusión de datos genéticos es aconsejable en los estudios con escorpiones, incluso para la descripción de nuevas especies (Moreno-González *et al.*, 2021).

El objetivo del presente trabajo fue actualizar la información taxonómica sobre los escorpiones de Panamá. Se presenta una clave de identificación para los escorpiones panameños basada en trabajos previos y en las tablas de variaciones de ejemplares revisados, aportando nuevos datos de distribución. Además, se utiliza un algoritmo de Máxima verosimilitud para realizar análisis preliminar de las relaciones filogenéticas de las especies de *Centruroides* y *Tityus* de Panamá basado en las secuencias de la región C-terminal del gen mitocondrial codificante del Citocromo C oxidasa I generadas en este estudio y otras disponibles en GenBank.

## **Materiales y métodos**

### **Escorpiones de Panamá**

El material revisado en esta sección se encuentra depositado en las siguientes

instituciones científicas:

- CoZEM-ICGES: Colección Zoológica Dr. Eustorgio Méndez del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá.
- ICN: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- MIUP: Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Ciudad Panamá.

Los especímenes fueron examinados y medidos usando un estereomicroscopio Leica MZ 125 equipado con un micrómetro ocular, mientras que aquellas estructuras más grandes se midieron usando un vernier digital. Las fotografías fueron obtenidas con una cámara Canon Powershot SX 60 HS; las imágenes apiladas fueron tomadas con una cámara Leica MC 170 HD equipada a un estereomicroscopio Leica M 205 A y procesadas con el programa Leica application suite, versión 4.12.0.

Para las medidas y nomenclatura del cuerpo de los escorpiones se siguió mayormente a Stahnke (1970), excepto para las quillas de las manos (Acosta *et al.*, 2008), las quillas de los segmentos metasomales (Prendini, 2004), la terminología del esternón (Soleglad & Fet, 2003) y la tricobotriotaxia (Vachon, 1974, 1975).

Los mapas de las localidades (Figuras 1-3, coordenadas en anexos 1-3) donde fueron recolectados los escorpiones fueron elaborados con ArcGIS 10.6, proyección WGS

84, usando la base cartográfica del Instituto de Estadísticas y Censos de la Contraloría General de la Nación (INEC).

### **Filogenia de *Centruroides* y *Tityus* de Panamá usando la región C-terminal del gen mitocondrial codificante del Citocromo C oxidasa I (COI)**

Los ejemplares utilizados para este análisis fueron recolectados en 21 localidades, ubicadas en 9 de las 10 provincias de la República de Panamá, mediante recolecta nocturna con lámparas de luz ultravioleta portátiles (Bioquip modelo 2921, 400 nm de longitud de onda), entre junio 2017 y julio 2019. Estas recolectas fueron autorizadas por el Ministerio de Ambiente de Panamá a través del permiso científico SC/A-31-18 (Anexos 1-4).

Las especies denominadas *Tityus* sp. 1 y *Tityus* sp. 2 corresponden a escorpiones de coloración oscura y de pinzas delgadas muy similares entre ellas, pero que luego de ser examinadas, se verificó que son especies diferentes. *Tityus* sp. 1 tiene poblaciones en la provincia de Colón (Caribe) en la parte central de Panamá, y *Tityus* sp. 2 habita en bosques de la provincia de Darién (Pacífico), cerca de la frontera con Colombia. No fue analizada *Ananteris* cf. *platnicki* debido a que solamente se dispuso de un ejemplar que había sido atacado por hormigas (Miranda *et al.*, 2021). Tampoco se incluyeron secuencias de *Centruroides margaritatus*, *Tityus ocelote*, ni *Tityus championi* en este estudio filogenético, a causa de la imposibilidad de obtener ejemplares idóneos para este objetivo.

La extracción del ADN se realizó siguiendo la metodología descrita en Caligiuri *et al.* (2019), tomando músculos de un pedipalpo de cada escorpión. El ADN extraído se amplificó con los cebadores (“primers”) previamente utilizados por Borges y colaboradores (2010), los cuales amplifican la región C-terminal de COI (540 bp), y que contiene sectores altamente polimórficos (Lunt *et al.*, 1996). El cebador hacia adelante (“forward”) fue C1-J-2183 (5'-CAACAT TTATTTTGATTTTTTGG-3'), mientras que el cebador reverso fue COIKG-R2 (5'-GATATTAATCCTAAAAA TGTTGAGG-3').

La amplificación se realizó en un termociclador de gradiente Master Cycler (Eppendorf) bajo las siguientes condiciones: desnaturalización inicial a 95 °C durante 5 minutos; cuatro ciclos de desnaturalización a 94 °C por 30 segundos, alineamiento a 48 °C por 30 segundos, y extensión a 72 °C por 1 minuto; 29 ciclos de desnaturalización a 94 °C por 30 segundos, alineamiento a 52 °C por 30 segundos, y extensión a 72 °C por 1 minuto; extensión final a 72 °C durante 5 minutos (Borges *et al.*, 2010). Los productos se mantuvieron a 4 °C hasta el proceso de secuenciación.

La secuenciación de los productos amplificados se realizó hacia adelante y atrás (forward and reverse) 5'-3' y 3'-5', utilizando el método de Sanger por la empresa Macrogen (Macrogen<sup>®</sup>, Seúl, República de Corea del Sur). La calidad de las secuencias obtenidas fue revisadas a simple vista y editadas en el programa Sequencher 4.1. Además de las secuencias generadas a partir de escorpiones panameños, se utilizaron secuencias de COI de escorpiones Buthidae tomadas de

GenBank (Anexos 5 y 6).

Se realizó el alineamiento de múltiples secuencias usando el programa MAFFT v7.445 (Kato *et al.*, 2002; Kato & Standley, 2013) y el árbol de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood= ML) se infirió con IQTREE (Nguyen *et al.*, 2015) usando un modelo de sustitución GTR + I + F+ G4 generado por ModelFinder (Kalyaanamoorthy *et al.*, 2017) aplicando *bootstrap* ultrarrápido de 1000 iteraciones y visualizado en FigTree 1.14 (<http://tree.bio.ed.ac.uk>).

En los análisis filogenéticos de los escorpiones Buthidae, se utilizaron 132 secuencias provenientes de 73 especies de los géneros *Centruroides* Marx, 1890, *Ananteris* Thorell, 1891 y *Tityus* C. L. Koch, 1836 (Anexos, Tablas 1-4). Para facilitar la visualización de los resultados, se realizó un análisis para las especies del género *Centruroides* y otro en el que se incluyeron las especies de los géneros *Ananteris* y *Tityus*. En ambos casos, se utilizó como grupo externo una secuencia de *Androctonus hoggarensis* (Pallary, 1929), una especie de Buthidae del norte de África.

Para el análisis filogenético de *Centruroides* se incluyeron 53 secuencias (12 propias y 41 de GenBank) de 43 especies (4 de Panamá), lo que representa 43% de las especies conocidas de este género. Para el segundo análisis, se incluyeron 73 secuencias (51 propias y 22 de GenBank) de 26 especies de *Tityus* (6 de Panamá), lo que representa 11.5% de las especies incluidas en este género. En este segundo análisis también se incluyeron cinco secuencias provenientes de tres especies de

*Ananteris* de Panamá, representando 3% del género. Debido a que en GenBank se cuenta solo con dos secuencias de COI para *Ananteris* (*Ananteris balzani* y *Ananteris* sp.) se decidió no incluirlas en el análisis.

Algunas actualizaciones en los nombres de especies se realizaron con respecto a como aparecen en GenBank. La secuencia de *Centruroides sissomi* (MK479201) corresponde a la recientemente descrita *Centruroides yucatanensis* Goodman, Prendini, Francke & Esposito, 2021 de México. La secuencia de *Centruroides hoffmanni* (MK479178.1) corresponde a *Centruroides concordia* Armas & Teruel, 2021, otra especie recientemente descrita del Estado de Chiapas, México. La secuencia *Tityus pictus microdon* (KY982271.1) corresponde a *Tityus smithii* Pocock, 1893 de San Vicente y las Granadinas. La secuencia de *Tityus pachyurus* (AY586786.1) proviene de Panamá, por lo que debe tomarse como *Tityus jaimeii*.

## **Resultados**

### **Lista anotada de las especies de escorpiones de Panamá**

Se presenta información actualizada sobre la distribución a nivel nacional de las especies de escorpiones de Panamá, la cual incluye 21 especies de las familias Chactidae, Hormuridae y Buthidae (Tabla 13; Figura 49). El material revisado está depositado en CoZEM-ICGES, de otro modo se indica la institución en paréntesis.

#### **Familia Chactidae Pocock, 1893**

*Chactas exsul* (Werner, 1939)

Figuras 8, 9, 49; Tablas 1, 9.

**Material revisado:** COLÓN: **Achiote**, sendero El Trogón, 1♂, 1♀, 16 de septiembre 2014, R. Miranda, D. Murgas. 1♂, 24 de octubre 2019, I. Murgas, J. Lezcano, L. Y. Castillo. **Parque Nacional San Lorenzo**, 1♀, 17 de septiembre 2012, I. Murgas, R. Miranda, S. Arizala. DARIÉN: **Reserva privada Cerro Chucantí**, 1♂, 1♀, 20-22 de febrero 2013, R. Miranda, S. Bermúdez, S. Dutary. **Parque Nacional Darién**, Rancho Frío, 1♂, 22-25 de enero 2013, R. Miranda. PANAMÁ: **Carretera El Llano-Cartí**, sendero Río Paja, 1♀, 20 de julio 2017, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano. PANAMÁ OESTE: **Chame**: Chicá, Parque Nacional Altos de Campana, 2♀, 21 de septiembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano. 2♂, 21 de agosto 2012, R. Miranda, S. Arizala. **Capira**: Trinidad Arriba, 1♀, 14 de agosto 2018, R. Miranda, J. J. Lezcano, L. Domínguez, G. Fatacioli. Trinidad de las Minas, 1♀, 21 de agosto 2019, R. Miranda, J. J. Lezcano. 1♀, 19 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano.

**Comentarios:** El género *Chactas* Gervais, 1844 contiene 51 especies distribuidas en Sudamérica y Centro América (Lourenço, 2014; Rein, 2021). Actualmente se reconoce una sola especie presente en Panamá: *Chactas exsul* (Werner, 1939) la cual fue descrita originalmente como *Iomachus exsul* por Werner (Francke & Stockwell, 1987) en base a un macho proveniente de la provincia de Limón en Costa Rica. Francke & Stockwell (1987) designaron como neotipo de esta especie a una hembra proveniente de El Valle de Antón, Coclé, Panamá, debido a que el holotipo de Werner

fue destruido durante la Segunda Guerra Mundial. La especie *Chactas bonito* Lourenço, 1996 de la provincia de Colón, Panamá es considerada sinónimo de *C. exsul* (Sissom, 2000). Lourenço (2014) considera la taxonomía del género *Chactas* como compleja y confusa, existiendo varias especies muy similares y difíciles de diferenciar, por lo que se necesita una revisión de ejemplares identificados como *C. exsul* proveniente de Costa Rica y Panamá.

Thorell (1893), sobre la base de un ejemplar hembra, describió *Broteas panamensis* de “Panamá”, sin más datos. Pocock (1902) la incluyó bajo la sinonimia de *Broteochactas delicatus* (Karsch, 1879) (ahora en el género *Neochactas* Soleglad & Fet, 2003). *Neochactas delicatus*, con localidad tipo en Guyana, se distribuye también en Colombia, Guyana Francesa y Brasil (Sissom, 2000); . Sissom (1990) la reportó de El Llano, provincia de Panamá, y posteriormente la citó como una especie panameña (Sissom, 2000: 290). Lourenço & Méndez (1984) señalaron la necesidad de examinar material panameño para verificar la supuesta presencia de esta especie en este país; en tanto que Teruel & Cozijn (2011) concluyeron que el registro de Sissom (1990) correspondía en realidad a *Chactas exul* y que *N. delicatus* no es parte de la escorpiofauna de Panamá. Dentro del material revisado en este trabajo no encontramos ejemplares del género *Neochactas*.

**Distribución:** Costa Rica y Panamá. Actualmente *C. exsul* tiene amplia distribución en Panamá (Darién, Panamá, Panamá Oeste y Coclé) y se le puede encontrar en bosques primarios y secundarios en recuperación.

## **Hormuridae**

### ***Opisthacanthus elatus* (Gervais, 1844)**

Figuras 6, 7, 49; Tablas 1, 9.

**Material revisado** (ICGES): COLÓN: **Río Rita**, 1♀, 2 de julio 2012, personal de control de vectores (Minsa). Guayabalito, 1♀, 24 de septiembre 2012, B. López. **Nueva Providencia**, 1♂ (ICGES), 3 de mayo 2020, V. Herrera. **Achiote**, sendero Higuerón, 1♂, 21 de mayo 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano; sendero El Trogón, 1♂, 24 de octubre 2019, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo. DARIÉN: **Aruza**, 1♀, 13 de septiembre 2019, E. Rivera. HERRERA (**nuevo registro**): **Los Pozos**, La Llana Abajo, 1♂, 1♀, 21 de febrero 2018, J. Tejada & J. Navarro. PANAMÁ: **Chilibre**, Caimitillo, 1♀, 23 de marzo 2015, Control de Vectores; 1♂, 20 Julio 2007, Personal comunitario. **San Miguelito**, Villa Lucre, 1♀, 22 de noviembre 2017, M. Anderson. **Carretera Llano-Cartí**, Sendero Río Paja, 1♂, 20 de julio 2017, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano. **Las Cumbres**, 1♂, 27 de junio 2007, Personal comunitario. **Bayano**, 1♀, 26 de mayo 2019, A. Pérez. PANAMÁ OESTE: **Capira**: Trinidad de las Minas, 1♂, 18 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano; Majara, 1♂, 22 de noviembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, G. García, G. González. **Chame**: Chicá, 1♂, 5 de marzo 2017, R. Rodríguez. 1♂, 1♀, 20 de enero 2010, Personal de Entomología. **Arraiján**, Burunga, 1♀, 13 de junio 2007, Personal Comunitario.

**Comentarios:** El género *Opisthacanthus* Peters, 1861 incluye 35 especies conocidas;

es el único de Hormuridae presente en el Neotrópico (Rein, 2021). De acuerdo a Lourenço *et al.* (2018), *Opisthacanthus* tiene distribución Gondwanica y se reconocen 3 subgéneros: *Opisthacanthus* Peters, 1861, el cual incluye a todas las especies americanas y una africana: *Opisthacanthus lecomtei* (Lucas, 1858); al subgénero *Nepabellus* Francke, 1974 pertenecen la mayoría de las especies africanas; y las especies presentes en Madagascar corresponden al subgénero *Monodopisthacanthus* Lourenço, 2001.

**Distribución:** Panamá y Colombia. La distribución de *O. elatus* en Panamá va desde la provincia de Darién hasta la Península de Azuero (Herrera). En bosques húmedos primarios y secundarios se le encuentra debajo de rocas, en troncos caídos y en árboles vivos debajo de corteza y entre las raíces. Se les puede encontrar en áreas modificadas por el hombre para ganadería manteniendo poblaciones aisladas en palmas *Attalea butyracea* (Mutis ex L. F.) Wess.Boer, o bajo rocas.

### **Buthidae C. L. Koch, 1837**

La familia Buthidae es la más rica y diversa dentro del orden Scorpiones. En el Nuevo Mundo está representada por 16 géneros: *Alayotityus* Armas, 1973; *Ananteris*; *Centruroides*; *Chaneke* Francke, Teruel & Santibañez-López, 2014; *Heteroctenus* Pocock, 1893; *Ischnotelson* Esposito, Yamaguti, Souza, Pinto-da-Rocha & Prendini, 2017; *Isometrus* Ehrenberg, 1828; *Jaguajir* Esposito, Yamaguti, Souza, Pinto-da-Rocha & Prendini, 2017; *Mesotityus* González-Sponga, 1981; *Microtityus*

Kjellesvig-Waering, 1966; *Physoctonus* Mello-Leitão, 1934; *Rhopalurus* Thorell, 1876; *Tityopsis* Armas, 1973; *Tityus*; *Trogloorhopalurus* Lourenço, Baptista & Giupponi, 2004; *Zabius* Thorell, 1894 (Fet *et al.*, 2005; Esposito *et al.*, 2018). Todos estos géneros conforman un grupo monofilético con excepción de *Ananteris* e *Isometrus* (Ojanguren-Affilastro *et al.*, 2017).

### ***Ananteris* Thorell, 1891**

Este género comprende alacranes pequeños (20-35 mm), incluye 92 especies presentes desde Costa Rica a través de Sudamérica hasta Paraguay (Botero-Trujillo & Flórez, 2011; Rein, 2021). Las especies de *Ananteris* viven asociadas al suelo y entre hojarasca. Actualmente se reconocen dos especies de *Ananteris* de Panamá: *A. platnicki* y *A. canalera*; aunque Miranda *et al.* (2021) mencionaron la presencia de otras dos: *Ananteris* cf *leilae* y *A.* cf. *platnicki*, que en realidad son nuevas para la ciencia o al menos para Panamá. Datos sobre *A. platnicki* y *A. canalera* se presentan en Miranda & Armas (2020), por lo que no se repiten en este trabajo.

### ***Ananteris platnicki* Lourenço, 1993**

Figuras 2, 11, 13, 15, 50.

**Comentarios:** descrita con localidad tipo en San Vito, Provincia de Puntarenas, Costa Rica (Lourenço, 1993), aunque fue previamente mal identificada como *Ananteris ashmolei* Lourenço, 1981, la cual es una especie de Ecuador. En la descripción original de *A. platnicki*, Lourenço (1993) menciona su presencia en varias localidades

de Panamá. Montoya & Armas (2002) registran esta especie en el Archipiélago de Bocas del Toro en el Caribe panameño. Por su parte, Quintero (2005) la reporta de Isla Canales de Tierra, en Veraguas.

A pesar de que a las especies del género *Ananteris* se les considera como carente de importancia en salud, Murgas *et al.* (2021) reportaron un envenenamiento accidental que involucró a *A. platnicki* causando molestias locales en la persona afectada.

**Distribución:** Costa Rica, Panamá. En Panamá se le ha encontrado asociado a hojarasca y suelo en bosques conservados o en recuperación.

***Ananteris canalera* Miranda & Armas 2020**

Figuras 2, 10, 12, 14, 50.

Recientemente descrita sobre la base de material recolectado en Capira, provincia de Panamá Oeste, Panamá, presentando comparación con *A. platnicki*, *Ananteris leilae* Lourenço, 1999 y *Ananteris columbiana* Lourenço, 1991, estas dos últimas de Colombia.

**Distribución:** *A. canalera* se encuentra en bosques secundarios y en áreas modificadas para agricultura de Panamá Oeste.

***Ananteris cf. leilae***

Figura 2, 50.

**Material revisado:** DARIÉN: Santa Fe: Quintín, 3♀, 1♂, 1 juvenil, 9 de julio 2019, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo; Arretí, Teteral, 5♀, 1♂, 1 juvenil, 10 de julio 2019, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo.

*Ananteris leilae* Lourenço, 1999: COLOMBIA: Departamento de Chocó: ♀ holotipo, Riosucio, La Gira, julio 1992, L. Mendoza & C. Torres (ICN-AS-10).

**Comentarios:** Miranda *et al.* (2021) reportaron esta especie del Parque Nacional Darién, Darién, cerca de Riosucio, localidad tipo de *A. leilae*, en Colombia. El ejemplar reportado es un macho en mal estado, depredado por una avispa social *Agelaiia centralis* (Cameron, 1907) (Hymenoptera: Vespidae). De acuerdo a la comparación con material proveniente de otras localidades de Darién, es muy similar a *A. leilae*.

***Ananteris cf. platnicki***

Figura 50.

**Material revisado.** 1 ♀ (MIUP), Cana (07°45'27.6"N, 77°39'03.7"W, 500 m s.n.m.), Parque Nacional Darién, provincial Darien, abril 07, 1991, depredada por *Leptogenys cf cuneata* Lattke, 2011 (Formicidae: Ponerinae).

**Comentarios:** Similar a *A. platnicki*, pero difiere en caracteres cromáticos y morfológicos por lo que posiblemente represente una especie nueva para la ciencia.

**Género *Centruroides* Marx, 1890.**

Es el segundo género más diverso entre los Buthidae del Nuevo Mundo, y el más diverso de la subfamilia Centruroidinae Krauss, 1955, la cual está conformada por otros seis géneros: *Heteroctenus* Pocock, 1893, *Ischnotelson* Esposito, Yamaguti, Souza, Pinto-da-Rocha & Prendini, 2017, *Jaguajir* Esposito, Yamaguti, Souza, Pinto-da-Rocha & Prendini, 2017, *Physoctonus* Mello-Leitão, 1937, *Rhopalurus* Thorell, 1871 y *Troglophopalurus* Lourenço, Baptista & Giupponi, 2004 (Esposito *et al.*, 2018). *Centruroides* está conformado por 93 especies y tres subespecies, las cuales están distribuidas desde sur de Estados Unidos hasta el norte de Sudamérica, Islas Galápagos y las Islas del Caribe (Esposito & Prendini, 2019; Rein, 2021).

En Panamá se tienen registros de seis especies de *Centruroides*:

***Centruroides bicolor* (Pocock, 1898)**

Figuras 1, 4, 16, 17, 51; Tablas 4, 10.

**Material revisado:** COMARCA NGÄBE BUGLÉ: **Besiko**, Soloy, 3♀, 16 de octubre 2008, R. Miranda, S. Bermúdez. VERAGUAS: **Santa Fe**, El Macho, 1♀, 9 de agosto 2004, A. García. Carretera hacia El Alto, 2♀, 1♂, 24 de junio 2017, R. Miranda, S. Bermúdez, J. J. Lezcano. **La Culaca**, 2♀, 2♂, 2 de septiembre 2008, R. Torres. **Calidonia**, 1♀, 2♂, 1-15 junio 2014, B. Valencia. **Isla Coiba**: Estación de ANAM: 3♀, 1♂, 19-27 febrero 2011, R. Miranda, J. Cleghorn; 1♀, 1♂, 16 de abril 2012, R. Miranda. **Isla Ranchería**, 1♀, 2♂, 12 de febrero 2019, J. J. Lezcano, S. Bermúdez,

S. Muñoz. LOS SANTOS: **Macaracas**, Corozal, 1♂, 10 de marzo 2006, M. Ávila (nuevo registro).

**Comentarios:** especie descrita de Costa Rica por Pocock (1898, p. 388) como *Centrurus bicolor* Pocock (1902) menciona por primera vez la presencia de *C. bicolor* para la provincia de Chiriquí, Panamá. Lourenço & Méndez (1984) listan *C. bicolor* para Panamá, sin embargo, consideraron la posibilidad de que fuera una raza de *C. gracilis* (Latreille, 1804). Francke & Stockwell (1987) designaron un neotipo macho del Museo Británico (British Museum of Natural History) proveniente de Panamá, sin información de recolector ni fecha de recolecta. Los machos de *C. bicolor* pueden medir más de 120 mm de longitud total, lo que los hace la especie de escorpión más largo de Panamá.

**Distribución:** Costa Rica y Panamá. En Panamá está ampliamente presente en Chiriquí (Quintero & Esposito, 2014) y Veraguas en la Península de Azuero (Quintero 2005). Armas & Miranda (2019) reportan *C. bicolor* del Parque Nacional Coiba (Isla Coiba e Isla Ranchería). Aquí se agrega la provincia de Los Santos como un nuevo registro.

***Centruroides edwardsii* (Gervais, 1843)**

Figuras 24, 25, 51.

**Material revisado:** Panamá: Panamá: Aeropuerto Internacional de Tocumen, 1♀, 27 de mayo 2015 (en vuelo procedente de Centroamérica), M. Hinds.

**Comentarios:** Especie que fue considerada como sinónimo de *Centruroides margaritatus* (Gervais, 1841), pero fue restituida por Armas *et al.* (2011), quienes designaron un macho neotipo de Riohacha, Departamento de La Guajira, Colombia. Información taxonómica detallada se encuentra en Armas *et al.* (2011).

**Distribución:** Tiene amplia distribución, desde México hasta Colombia, aunque no hay registros de poblaciones de *C. edwardsii* en Panamá. Por su parte, Teruel (2002) reportó como *C. margaritatus* un macho adulto de esta especie recolectado en Varadero, Matanzas, Cuba. El dato arriba mencionado corresponde a un evento de introducción accidental a través de un vuelo comercial proveniente de Centroamérica.

### ***Centruroides granosus* (Thorell, 1876)**

Figuras 1, 4, 20. 21, 51; Tablas 2, 3, 10.

**Material revisado:** COCLÉ: Guásimo, 1♀, 23 de febrero 2020, JJ. Lezcano. LOS SANTOS: **Las Tablas**, 1♀, 5 de agosto 2015, J. González (caso clínico). PANAMÁ: **Panamá:** Pacora, 1♂, 4 de febrero 2019, G. García. Villa Lucre, Altos de San Rafael, 2♂, 30 de enero 2020, personal de Saneamiento Ambiental (Minsa). Ancón, 1♀, 25 de septiembre 2017, S. Koo; 1♀, 20 de septiembre 2019, D. Sánchez. Naos – STRI, 1♀, 21 de enero 2016, en laboratorio, R. Segundo. **Chepo**, Tortí, 1♂, 16 de julio 2018, D. De León. PANAMÁ OESTE: **Arraiján:** Nuevo Arraiján, Cerro Tigre, 1♂, 13 de mayo 2016, M. Santos. **Capira:** Trinidad de Las Minas: 1♂, 21 de marzo 2018, R.

Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García; 3♂, 25 de agosto 2018, R. Miranda, L. Domínguez, J. J. Lezcano; Polanco: 1♀, 20 de noviembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. González; 2♂, 21 de noviembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. González; 1♀, 23 de noviembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. González. Majara, 1♀, 11 julio 2017, L. González; 1♀, 22 noviembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. González. VERAGUAS: **Santa Fe:** El Alto, 1♀, junio 2017, R. Miranda, S. Bermúdez, J. J. Lezcano.

**Comentarios:** Especie descrita por Thorell (1876) de la Isla de San José (Pacífico panameño). Al igual que *C. edwardsii*, esta especie por mucho tiempo estuvo en sinonimia con *C. margaritatus*. Armas & Trujillo (2010) revalidaron el estatus de especie válida de *C. granosus*. Armas *et al.* (2011) redescubren *C. granosus* en base a varios ejemplares de ambos sexos, señalando que la descripción original de Thorell (1876) se basó en un ejemplar macho subadulto. Esta especie es considerada de importancia en salud, debido a que está involucrada en la mayor cantidad de casos de escorpionismo en Panamá, provocando generalmente envenenamientos leves (Borges *et al.*, 2012).

**Distribución:** especie endémica de Panamá. Prospera en sitios modificados por el hombre, incluso dentro de casas (sinantropismo).

***Centruroides limbatus* (Pocock, 1898)**

Figuras 1, 18, 19, 51; Tablas 4, 10.

**Material revisado:** BOCAS DEL TORO: Campamento 2 millas, 1♂, 20 de agosto 1963, R. Hinds. **Chiriquí Grande:** Rambala, 1♀, 1♂, 8 de mayo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano; Cañazas, 2♂, 8 de mayo 2018; Loma Azul, 3♀, 3♂, 9 de mayo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano.

**Comentarios** Esta especie fue descrita por Pocock (1898) sobre la base de un macho de Sirires, Talamanca, Costa Rica, mencionando su similitud con *Centruroides gracilis*. Montoya & Armas (2002) registran por primera vez poblaciones de esta especie en el Archipiélago de Bocas del Toro, en el Caribe de Panamá. Los ejemplares de *C. limbatus* presentan variaciones en su coloración general del cuerpo, la cual puede ser amarilla o rojiza (Viquez, 1999), algo que se observó en algunos ejemplares de Bocas del Toro utilizados para el análisis filogenético (Figura 4). Los machos pueden llegar a medir 125 mm de longitud total del cuerpo (Pocock, 1902).

**Distribución:** Costa Rica, Nicaragua y Panamá (Bocas del Toro). Montoya & Armas (2002) reportan a *C. limbatus* como especie oportunista que invade zonas deforestadas, viviendo en simpatria con *Tityus jaimeii*, *Tityus ocelote* y *Ananteris platnicki*.

***Centruroides margaritatus* (Gervais, 1841)**

Figuras 22, 23, 51; Tablas 2, 3, 10.

**Material revisado:** PANAMÁ: **Panamá:** Altos de Pedregal, 1♂, septiembre 1973, Cristo. 1♀, de septiembre 1973, Cristo. San Felipe, Calle 1ra, 1♀, 24 de febrero 2014, M. L. Grusis. Santa Ana, 3♂, 1♀, diciembre 2013, Control de Vectores.

**Comentarios:** Luego de la revalidación y redescrición de *C. granosus*, se demostró que la mayoría de los reportes de *C. margaritatus* en Panamá, realmente correspondían a *C. granosus* (Armas & Trujillo, 2010; Armas *et al.*, 2011). Sin embargo, Miranda *et al.* (2014) encontraron ejemplares provenientes de casas y lotes baldíos en el Casco Antiguo de la Ciudad de Panamá. *Centruroides granosus* y *C. margaritatus* se distinguen en que la primera posee dos pares de macrosetas ventrolaterales en los segmentos II-IV del metasoma y escasa pilosidad en los pedipalpos; mientras que *C. margaritatus* presenta cuatro pares de macrosetas en los segmentos II-IV del metasoma y abundante pilosidad en el pedipalpo (Armas & Trujillo, 2010).

**Distribución:** Colombia, Ecuador, Cuba, Jamaica, Perú, Panamá.

#### ***Centruroides panamensis* Quintero & Esposito, 2014**

Figuras 1, 4, 26-28, 51; Tablas 2, 3, 10.

**Material revisado:** CHIRIQUÍ: **Boquete:** Jaramillo Abajo, 2♂, 19 de febrero 2014, J. Bernal, K. Castillo. **Volcán:** Comunidad Las Perlas, 2♀, 1♂, 2018, familia Portugal. **Gualaca** (nuevo registro): Valle Hornito, 3♀, 3♂, 25 de febrero 2014, R.

Miranda, J. Cleghorn.

**Comentarios:** Especie mediana (54-72 mm), descrita de varios ejemplares de la provincia de Chiriquí, Panamá (holotipo macho) (Quintero & Esposito, 2014).

**Distribución:** Especie endémica de la provincia de Chiriquí, encontrándose en las laderas del Volcán Barú, en donde vive en simpatria con *C. bicolor*. Se les encuentra en áreas abiertas, debajo de troncos y rocas (Quintero & Esposito, 2014).

### **Género *Isometrus* Ehrenberg, 1828**

Este es un género cuyas especies se distribuyen fundamentalmente en la región Oriental, aunque una de ellas, *Isometrus maculatus* (De Geer, 1778) se ha introducido accidentalmente en numerosos países tropicales y subtropicales del mundo (Fet & Lowe, 2000).

### ***Isometrus maculatus* (De Geer, 1778)**

**Comentarios.** La presencia de esta especie en Panamá fue reportada por Masi (1912), no obstante, lo cual fue obviada o negada por algunos investigadores (Lourenço & Méndez, 1984; Teruel & Cozijn, 2011; Miranda, 2011; Quintero & Esposito, 2014). Según F. Kovařík en Miranda *et al.* (2014), existe la confirmación de la presencia de este alacrán en Panamá durante la década de 1930-1940. Y aunque no existen registros posteriores a esa fecha, no puede afirmarse categóricamente que haya desaparecido

de este país, pues se trata de una especie altamente adaptable y de hábitos sinantrópicos, lo cual explica su amplia distribución geográfica (pantropical).

### **Género *Tityus* C. L. Koch, 1836**

Actualmente se reconocen 223 especies de *Tityus* (Rein, 2021) presentes en Sudamérica, Centroamérica y las islas del Caribe. Es el género con mayor número de especies dentro de la familia Buthidae y del orden Scorpiones. Muchas de las especies de *Tityus* se han descrito en los últimos 25 años.

Tomando en cuenta la gran diversidad específica y variación morfológica, las especies de *Tityus* han sido ubicadas en grupos de especies o subgéneros. Fet & Lowe (2000) presentan 10 grupos de especies: *androcottoides*, *asthenes*, *bahiensis*, *bolivianus*, *clathratus*, *crassimanus*, *magnimanus*, *melanostictus*, *stigmurus*, *trivittatus*. Por su parte, Lourenço (2006) propuso 5 subgéneros para ubicar las especies de *Tityus*: *Archaeotityus* Lourenço, 2006, *Atreus* Gervais, 1843, *Brazilotityus* Lourenço, 2006, *Caribetityus* Lourenço, 1999 y *Tityus* C. L. Koch, 1836.

Las especies de *Tityus* de Panamá pertenecen a los siguientes subgéneros propuestos por Lourenço (2006) o grupos de especies (Fet & Lowe, 2000):

- *Archaeotityus*; grupo *clathratus*
- *Atreus*; grupo *asthenes*

- *Tityus*; grupo *bolivianus*

**Subgénero *Archaeotityus* Lourenço, 2006**

Especie tipo: *Tityus clathratus* Koch, 1844 (designado por Lourenço 2006)

Se presenta el diagnóstico enmendado por Moreno-González *et al.* (2019): Longitud de cuerpo entre 25-43 mm; coloración general del cuerpo con un fondo amarillo oscuro y de ligeramente a densamente cubierto con manchas variegadas de color marrón o marrón rojizo, segmentos metasomales I-IV con carinas ventrales paralelas; peines con 11 a 20 dientes; hembras con lamela basal mediana no dilatada; margen dorsal de dedo móvil de pedipalpo con 11-15 hileras oblicuas de dentículos; telson con tubérculo subaculear piramidal de mediano a grande.

***Tityus (Archaeotityus) ocelote* Francke & Stockwell, 1987**

Figuras 29, 30, 52; Tablas 5, 11.

**Material revisado:** BOCAS DEL TORO: **Palo Seco**, 1♀, 10 de octubre 2013, R. Miranda J. Cleghorn. Lucas del Cid, 1♂, 8 de mayo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano. **Punta Blanca**, 1♀, julio 1964, G. Barret. COLÓN: **Achiote (nuevo registro)**, Sendero Trogón, 1♂, 23 de mayo 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano. PANAMÁ: **Carretera El Llano-Cartí (nuevo registro)**, 1♀, 11 de julio 2019, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo. sendero La Cascada, 2♂, 1♀, 21 de julio 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García. PANAMÁ OESTE: **Capira (nuevos registros)**: Aguacate, 1♂, 24 de agosto 2018, R. Miranda,

J. J. Lezcano, L. Domínguez. Trinidad de las Minas: 1♂, 8 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García. 1♂, 1♀, 4 de abril 2019, R. Miranda, J. J. Lezcano. 2♀, 21 marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García. VERAGUAS: **Parque Nacional Cerro Hoya**, 1♂, 12 mayo 2009, R. Miranda, R. Fuentes. **Isla Ranchería**, 1♀, 29 de mayo 2011, R. Miranda. **Isla Coiba**, 1♂, 1♀, 19-27 febrero 2011, R. Miranda, J. Cleghorn.

**Comentarios:** Especie descrita de Costa Rica (Finca La Selva, Heredia) sobre la base de un macho (holotipo). Es una especie pequeña (menos de 30 mm), bajo conteo de dientes pectíneos (11-14). Montoya & Armas (2002) realizaron el primer reporte de esta especie en Panamá, en el Archipiélago de Bocas del Toro. Luego, Quintero (2005) registra la presencia de *T. ocelote* en Bahía Honda, Veraguas, en la vertiente del Pacífico. Armas & Miranda (2019) registran la presencia de esta especie en el Parque Nacional Coiba (Isla Coiba e Isla Ranchería). Nuestros datos indican que la distribución de esta especie es más amplia en Panamá; se añaden nuevas localidades en las provincias de Colón, Panamá y Panamá Oeste.

**Distribución:** Costa Rica (Heredia, Limón y Puntarenas) y Panamá (Bocas del Toro, Veraguas, Colón, Panamá y Panamá Oeste).

***Tityus (Archaeotityus) tayrona* Lourenço, 1991**

Figuras 31-34, 52; Tablas 5, 11.

**Material revisado:** COLÓN (**nuevos registros**): **El Plátano**, 2♀, 2♂, 23 de octubre 2019, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo. **Área Protegida de San Lorenzo**: 1♀, 8 de abril 2009, R. Miranda, S. Bermúdez. 2♂, 17 de septiembre 2014, R. Miranda, D. Murgas. **Buena Vista**, 1♀, 8 de julio 2016, V. Herrera. **Gamboá**, 1♀, 19 febrero 2019, L. Armas, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano. CHIRIQUÍ: **David (nuevos registros)**, Zambrano, 1♀, 27 de febrero 2014, R. Miranda, J. Cleghorn. DARIÉN: **Metetí (nuevo registro)**, Reserva Hidrológica Filo del Tallo, 3♀, 1♂, 24-28 de marzo 2012, R. Miranda. PANAMÁ: **San Miguelito**, 1♂, 26 de enero 2018, C. De León. **Panamá**: Altos de las Acacias. 1♀, 16 de abril 2014, D. Murgas. San Martín, Carriazo, 2♀, 17 de enero 2010, A. Castro. PANAMÁ OESTE: **Capira (nuevos registros)**: Trinidad de las Minas: 1♀, 9 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García; 1♀, 15 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García; 1♀, 1♂, 16 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García. Trinidad Arriba: 1♀, 1♂, 15 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. García; 1♀, 14 agosto 2018, R. Miranda, J. J. Lezcano, L. Domínguez. Polanco, 1♀, 21 noviembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, G. González.

**Comentarios:** Especie descrita del Parque Nacional Natural Tayrona, Departamento de Magdalena, Colombia. Los reportes de *Tityus parvulus* en Panamá (Lourenço & Méndez, 1984) corresponden a *T. tayrona* (Teruel & Cozijn, 2011). Se brindan registros de nuevas localidades de las provincias de Colón, Chiriquí, Darién y Panamá Oeste.

**Distribución:** Colombia, Panamá y Venezuela.

**Subgénero *Atreus* Gervais, 1843**

Diagnóstico según Lourenço (2006): escorpiones de medianos a grandes (60-110 mm); coloración general del cuerpo de marrón oscuro a negro; tergitos con una quilla axial; segmentos I-IV del metasoma con quillas ventrales a menudo paralelas, aunque en algunas especies estas quillas en los segmentos II-IV pueden estar fusionadas formando una “Y”, o más raramente presentar una sola quilla; esternitos con estigmas lineales; peines con 18 a 26 dientes; fulcros presentes; dedos fijo y móvil de los pedipalpos con 16-18 hileras de gránulos longitudinales; tubérculo subaculear de telson de ápice agudo o incluso ausente; pedipalpo con tricobotriotaxia de tipo A, con disposición  $\alpha$  de los tricobotrios en el dorso del fémur.

***Tityus (Atreus) championi* Pocock, 1898**

Figuras 39, 40, 53; Tablas 6, 7, 12.

CHIRIQUÍ: **Río Sereno**, Alto Quiel: 1♂, 1♀ 10 de mayo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano; 1♂, 5♀, 11 de mayo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano; 4♂, 3♀, 12 de mayo 2018, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano. **Los Planos**: 1♂, 20 abril 2019, D. Araúz.

**Comentarios:** Especie descrita por Pocock (1898) a partir de un ejemplar proveniente de Bugaba, Chiriquí. El mismo Pocock (1902) le da tratamiento de

subespecie de *Tityus cambridgei* Pocock, 1897. Francke & Stockwell (1987) reportan *T. championi* para Costa Rica, señalando que el holotipo es un macho subadulto. Lourenço (1988) consideró a *T. championi* como sinónimo de *T. asthenes* Pocock, 1893. Teruel (2011a) restituye el estatus de *T. championi* como especie válida, actualizando su diagnóstico y delimitando su distribución.

**Distribución:** Panamá y Costa Rica.

***Tityus (Atreus) festae* Borelli, 1899**

Figuras 3, 43, 45, 47, 53; Tablas 6, 7, 12.

**Material revisado:** DARIÉN: **Metetí:** Reserva Hidrológica Filo del Tallo, 1♂, 2♀, 1 juvenil (Lbi dilatada) 24-28 de marzo 2012, R. Miranda. **Arretí:** 4♂, 2♀ 4 juveniles, 10 de julio 2019, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo. **Quintín:** 2♀, 2♂, 3 juvenil, 9 julio 2019, R. Miranda, I. Murgas, JJ. Lezcano, L. Y. Castillo. **Reserva privada Cerro Chucantí:** 1♂, 24 abril 2009, R. Miranda, S. Bermúdez; 1♂, 14 de septiembre 2010, R. Miranda; 1♂, 2♀, 26 de abril 2010, R. Miranda, S. Bermúdez; 1♀, 19 junio 2010, R. Miranda, S. Bermúdez; 1 juvenil (Lbi no dilatada), 22 de febrero 2013, R. Miranda, S. Bermúdez, S. Dutary. PANAMÁ: **Chepo:** Cañitas, 1♂, 25 agosto 2007, personal de Control de Vectores (Minsa). **Carretera El Llano-Cartí,** Reserva privada Burbayar: 1♀, 28 de febrero 2009, R. Miranda; 3♂, 6- 9 noviembre 2012, R, Miranda, I. Murgas, S. Arizala; 1♂, 20 de julio 2017, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano; 3♀, 1♂, 21 de julio 2017, R. Miranda, I. Murgas,

G. García, J. J. Lezcano. 2♂, 1♀, 11 de julio 2019, sendero Río Paja, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano, L.Y. Castillo.

**Comentarios:** especie descrita por Borelli (1899) a partir de un ejemplar macho proveniente de Darién, Panamá. Pocock (1902) redescubre *T. festae* y lo compara con *T. championi*. Lourenço & Méndez (1984) revisaron el holotipo y material adicional, incluyendo una hembra recolectada por B. Becker en Santa Marta, Colombia. Estos autores, además, presentan la sospecha de que *T. festae* sea sinónimo de *T. pachyurus*. Recientemente, en la descripción de *Tityus choco* Lourenço & Flórez, 2019 señalan que el holotipo macho es el único ejemplar de *T. festae* que ha sido citado en la literatura; sobre la hembra asignada a esta especie proveniente de Santa Marta, señalan que después de 10 años de trabajo de campo, no se ha colectado machos de *T. festae* de Colombia y que para una correcta identificación es necesario contar con ejemplares de ambos sexos.

**Distribución:** Panamá

***Tityus (Atreus) jaimi* Miranda, Bermúdez, Flórez & Armas, 2020**

Figuras 3, 44, 46, 48, 54.

**Material revisado:** BOCAS DEL TORO: **Camino a Rambala**, 1♂, 1♀, 8 de julio 2011, R. Miranda, J. Cleghorn. **Almirante**, 2 Millas, 8 marzo 1962, G. Barrat Jr. Río Changuinola, 1♂, 2007, M. Paz Atencio. COCLÉ: **El Valle de Antón**: 1♂, 12 de

junio 1986, G. De La Guardia. **Monumento Natural Cerro Gaital**: 1♀, 10 de mayo 2009, R. Fuentes; 1♂, 17 de diciembre 2009, R. Miranda. **Cerro Sombrero**, 1♀, 29 octubre 2014, R. Miranda, S. Bermúdez. Olá, El Copé, 1♀, 18 octubre 2010, R. Miranda. **La Pintada**, 1♂, 4 noviembre 2017, E. Oliveros. Cerro Calabazo, 1♂, 2008, caso clínico (sin otros datos). COLÓN: **Buena Vista**, 1♀, 2010. 1♀ 24 de junio 2012, Adriel. **Nueva Providencia**, Río Rita, 1♀, 2 de julio 2015, V. Herrera. 1♂, 6 de octubre 2015, V. Herrera. **Achiote**: Sendero Café, 1♀, 23 de mayo 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano; Sendero Higuierón, 1♂, 22 de octubre 2019, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo; Sendero Trogón, 1♂, 22 de mayo 2017, R. Miranda, I. Murgas, J. J. Lezcano. **Portobelo**, La Guinea, 1♀, 19 de abril 2016, V. Valderrama. **El Plátano**, 1♀, 23 de octubre 2019, I. Murgas, J. J. Lezcano, L. Y. Castillo. **Coclé del Norte**, Costa Abajo, 1♂, octubre 2012, L. Castillo. **Punta Galeta**, 1♂, 24 de noviembre 2011, M. Berenna. HERRERA: **Reserva Forestal El Montuoso**, 1♂, 30 de agosto 2017, R. Miranda, S. Bermúdez, G. García, J. J. Lezcano; 1♀, 1♂, 1 de septiembre 2017, R. Miranda, S. Bermúdez, G. García, J. J. Lezcano. PANAMÁ: **Chilibre**, 1♀, 14 de mayo 1965, R. Rojas. **Altos de Cerro Azul**, 1♂, 13 de junio 2014, R. Miranda, I. Murgas, S. Arizala. **San Miguelito**, Brisas de Golf, 1♂, 1 de julio 2015, L. Romero. **Parque Nacional Soberanía**, Camino Plantación, 1♂, 11 de febrero 2011, R. Miranda, S. Bermúdez. PANAMÁ OESTE: **Capira**: El Cacao: Aguacate, 3♀, 24 de agosto 2018, R. Miranda, J. J. Lezcano, L. Domínguez. Trinidad de las Minas, 1♀, 16 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano; 1♀, 21 de marzo 2018, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano; 1♂, 3 de abril 2019, R. Miranda, J. J. Lezcano. **Chame**: Altos del María, 3♂, 1♀ 3 de mayo 2017,

S. Bermúdez. Parque Nacional Altos de Campana, 1 ♀, 8 de marzo 2009, R. Miranda, R. Fuentes. VERAGUAS: **Parque Nacional Cerro Hoya**, 1 ♂, 12 de noviembre 2009, R. Miranda. 1 ♂, 23 de mayo 2009, R. Miranda, R. Fuentes. **Santa Fe**, cerca del mirador, 1 ♂, 22 de junio 2017, R. Miranda, S. Bermúdez; estación de Mi Ambiente, 1 ♀, 21 de junio 2017, R. Miranda, S. Bermúdez, J. J. Lezcano; **Las Filipinas**: 1 ♀, 23 de junio 2017, R. Miranda, S. Bermúdez, J. J. Lezcano; sendero hacia el río, 1 ♂, 23 de junio 2017, R. Miranda, S. Bermúdez, J. J. Lezcano.

**Material adicional revisado:**

*Tityus pachyurus*: COLOMBIA, Cundinamarca Departamento: 1 macho, Villeta, Finca La Veguita, 9-junio-2002, 800 m, col. O. Castañeda (ICN-AS-492); 1 hembra, La Mesa vía a Vda. El Palmar, 30-IV-2011, 1200 m, col. Y. Cifuentes (ICN-AS-865).

*Tityus forcípula*: COLOMBIA, Quindío Departamento: 4 hembras, 2 machos, 1 juvenil, Armenia, 17-junio-2001, col. H. Suárez (ICN-AS-879).

**Comentarios:** En la descripción original, se le presenta relacionada al complejo *Tityus forcípula* y cercana a *Tityus pachyurus* de Colombia. Los reportes previos de *Tityus pachyurus* para Panamá corresponden a *T. jaime* (Miranda *et al.* 2020).

**Distribución:** Panamá y Costa Rica.

***Tityus (Atreus) sp. 1***

Figuras 3, 41, 53; Tablas 8, 12.

**Material revisado:** PANAMÁ: Ancón, **Parque Municipal Summit**, 1♀, 8 de junio 2008, R. Fuentes; 1♀, 7 de octubre 2008, R. Miranda; **Parque Nacional Soberanía:** 1♀, 8 de septiembre 2011, R. Miranda; 1♀, 7 de septiembre 2011, R. Miranda. COLON: **Achiote**, 1♀, 23 de mayo 2017, R. Miranda. **Palmas Bellas:** 1♀, 3 de marzo 2020, L. Castillo; 1♀, 3 de julio 2014, J. Ramos; 1♀, 15 de julio 2010, R. Castro.

**Comentarios:** Hasta hace poco *Tityus asthenes* presentaba una amplia distribución, desde Perú (Poruru como localidad tipo) hasta Costa Rica. Lourenço (1988) incluyó como sinónimos de *T. asthenes* a *Tityus timendus* y *Tityus rosenbergi* Pocock, 1898 de Ecuador, y *T. championi* de Panamá y Costa Rica. Estas especies tienen en común que pertenecen al subgénero *Atreus* y sus machos presentan pedipalpos largos y delgados y con una coloración oscura en general. Previamente, Lourenço y Méndez (1984) consideraron tanto las poblaciones de Panamá, Colón (*Tityus* sp.1 en este trabajo) y Darién (*Tityus* sp.2 en este trabajo) como *T. championi*, y por consiguiente, sinónimo más moderno de *T. asthenes*. Actualmente, *T. asthenes* no forma parte del subgénero *Atreus*, en vez de eso, ha sido reconocida como miembro del subgénero *Tityus*, específicamente al grupo de especies *Tityus bolivianus* (Lourenço & Ythier, 2017) y su presencia ha quedado limitada a Perú. Por otro lado, *T. championi*, *T. timendus* y *T. rosenbergi* han sido reevaluadas y consideradas como válidas y pertenecientes al subgénero *Atreus* (Teruel, 2011a; Lourenço, 2012; Lourenço & Flórez, 2018). Recientemente *Tityus cisandinus* Lourenço & Ythier, 2017, y *Tityus choco* Lourenço & Flórez, 2018, han sido descritas a partir poblaciones previamente asignadas a *T. asthenes* de Ecuador y Colombia (Lourenço & Ythier, 2017; Lourenço

& Flórez, 2018). En el caso de *T. championi*, Teruel (2011a) delimitó su distribución a las provincias de Puntarenas en Costa Rica y Chiriquí en Panamá.

***Tityus (Atreus) sp. 2***

Figuras 3, 42, 53; Tablas 8, 12.

**Material revisado:** DARIÉN: **Parque Nacional Darién**, Estación Rancho Frio, 1♂, 6 de noviembre 2018, L. Domínguez, S. Bermúdez; 2♂, 22-25 enero 2013, R. Miranda, S. Bermúdez; 1♂, 12 de junio 2017, L. Domínguez, S. Bermúdez. Pinogana: **Pijibasal**, 1♂, 21 de enero 2013, R. Miranda, S. Bermúdez; 1♂ 21 de enero 2013, R. Miranda, S. Bermúdez.

**Comentarios:** Pocock (1902) reporta esta especie como *Tityus cambridgei championi* de Darién, sobre la base de una hembra y un macho del Río Cianati (nombre actual es Río Chanatí) considerando que se trataba de *Tityus championi*. Teruel (2011a) considera que los ejemplares reportados por Pocock, no corresponden a *T. championi*, sino que es una especie distinta, similar a *Tityus asthenes* y *Tityus obscurus* Lourenco & Ythier (2017).

Subgénero *Tityus*

***Tityus (Tityus) cerroazul* Lourenço, 1986**

Figuras 3, 35-38, 55; Tablas 6, 7, 12.

PANAMÁ: **Cerro Azul**, 1♀, 18 de enero 2010, R. Miranda. PANAMÁ OESTE: **Parque Nacional Altos de Campana**: 1 juvenil, 8 de marzo 2009, R. Miranda, R. Fuentes; 2♀, 21 de agosto 2012, R. Miranda, S. Arizala; 1♀, 18-21 de agosto 2012, R. Miranda, S. Arizala; 2♀, 2♂, 21 de septiembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano; 1♀, 22 de septiembre 2017, R. Miranda, I. Murgas, G. García, J. J. Lezcano. DARIÉN: **Los Pavitos**, 1♀, 16 de julio 2006, Control de Vectores de Metetí. **Reserva privada Cerro Chucantí**: 1♀, 23 de febrero 2010, R. Miranda; 1♀, 6 de mayo 2010, R. Miranda; 2♂, 7 de septiembre 2010, R. Miranda; 1♀, 1♂, 8 de octubre 2010, R. Miranda; 1♀, 14 de octubre 2010, R. Miranda. COCLÉ: **Monumento Natural Cerro Gaital**: 1♀, 25 de marzo 2009, R. Miranda, S. Bermúdez. 1♀, 27 de julio 2009, R. Miranda. **El Valle de Antón**, El Nispero, 1♀, 1 juvenil, julio 2015, R. Miranda. **La Mesa**, Quebrada Amarilla, 1♂, 4 de marzo 2018, L. Domínguez.

**Comentarios:** Esta especie fue descrita por Lourenço (1986) a partir de un ejemplar hembra recolectada en Cerro Azul, Panamá asignándolo al grupo *bolivianus*. Viquez *et al.* (2005) reportan a *T. cerroazul* en base a ejemplares procedentes de la Provincia de Limón, Costa Rica. Por su parte, Quintero & Miranda (2007) proponen que *Tityus mongei* Lourenço, 1996 es sinónimo de *T. cerroazul*, basados en características presentadas en las descripciones originales, cercanía entre las localidades tipo de ambas especies, y señalando que el holotipo de *T. cerroazul* es en realidad un juvenil. Por su parte, Teruel & Cozijn (2011) listan ambas especies como válidas; no obstante, debido a que estos autores no mencionan la revisión de ejemplares de Panamá para

sustentar *T. cerroazul* y *T. mongei*, en el presente trabajo aceptamos lo indicado por Quintero & Miranda (2007).

**Distribución:** Panamá y Costa Rica.

### **Clave para familias y especies de escorpiones de Panamá**

La siguiente clave para las especies de escorpiones de Panamá está basada en las variaciones de las características morfológicas presentadas en este trabajo y se incluyen caracteres utilizados en trabajos previos para especies de Sudamérica, Costa Rica y Panamá (Francke & Stockwell, 1987; Lourenço & Eickstedt, 2003; Lourenço, 2006; Armas *et al.*, 2012)

1. Esternón de forma pentagonal o subpentagonal; patela del pedipalpo con uno o más tricobotrios ventrales.....2  
Esternón de forma triangular, más largo que ancho; patela del pedipalpo carece de tricobotrios ventrales ..... Buthidae
  
2. Margen anterior de la placa prosomal con excavación profunda..... Hormuridae, *Opisthacanthus elatus*.  
Margen anterior de la placa prosomal sin hendidura.....  
.....Chactidae, *Chactas exsul*.

### Clave para especies de la familia Buthidae de Panamá

1. Presencia de fulcros en los peines .....2  
Ausencia de fulcros en los peines ..... (*Ananteris*) 3
  
2. Margen dentado de dedo móvil del pedipalpo con 8 o 9 hileras de gránulos, flanqueadas por gránulos accesorios .....4  
Margen dentado del dedo móvil de pedipalpo con 14 a 16 hileras de gránulos, sin gránulos accesorios .....(*Tityus*) 9
  
3. Patela del pedipalpo de hembras es 3.2 a 3.4 veces más larga que ancha, y en machos es de 4.3 a 4.8 veces más larga que ancha; machos con telson y pedipalpos alargados.....*Ananteris platnicki*  
Patela del pedipalpo de la hembra es 2.8 a 3.0 veces más larga que ancha, en machos es de 3.2 a 3.3 veces más larga que ancha.....*Ananteris canalera*
  
4. Margen dentado de dedo fijo de la pinza del pedipalpo con 8 filas de gránulos.....5  
Margen dentado del dedo fijo de la pinza pedipalpal con 9 filas de gránulos.....8
  
5. Dedos de las pinzas de los pedipalpos más oscuros que la mano; dientes pectíneos entre 17-20 en hembras (más frecuentemente 18) y entre 17-24 en

- machos (más frecuentemente 23); tamaño mediano, entre 54-64 mm en hembras y 67-72 mm en machos.....*Centruroides panamensis*
- Dedos de las pinzas de los pedipalpos con similar coloración al resto del pedipalpo; dientes pectíneos entre 24-28 en hembras y 24-29 en machos.....6
6. Segmentos II-IV del metasoma con dos pares de macrocerdas ventrolaterales; escorpiones de tamaño entre 64-93 mm en hembras y 60-95 mm en machos .....*Centruroides granosus*
- Segmentos II-IV del metasoma con cuatro pares de macrocerdas ventrolaterales, escorpiones de tamaño entre 65-95 mm en hembras y 60-110 mm en machos.....7
7. Pedipalpo con fémur, patela y pinza densamente pilosos; telson con el tubérculo subaculear muy próximo al agujón y dirigido hacia el tercio basal de este .....*Centruroides edwardsii*
- Pedipalpo (fémur, patela y pinza) con escasa pilosidad; telson con el tubérculo subaculear ligeramente alejado del agujón y dirigido hacia el tercio distal de este .....*Centruroides margaritatus*
8. Carapacho, pinzas de pedipalpo, segmentos IV y V del metasoma y primeros seis terguitos del mesosoma marrón oscuro o negros, otros segmentos del cuerpo son más claros, generalmente amarillo (hay reportes de ejemplares de

- coloración oscura); escorpiones de gran tamaño, 83-104 mm en hembras y 83-125 mm en machos; conteo de dientes pectíneos 24-29 en hembras y 25-28 en machos.....*Centruroides bicolor*
- Coloración general variable, entre marrón oscuro o rojizo hasta amarillo; dedos del pedipalpo, segmento V del metasoma y telson negros; escorpiones grandes, entre 76-87 mm en hembras y 84-102 en machos; conteo de dientes pectíneos 24-26 en hembras y 25-27 en machos.....*Centruroides limbatus*
9. Escorpiones de tamaño entre 24-45 mm, con pigmentación reticulada.....10
- Escorpiones de tamaño mediano o grande, entre 50 a 100 mm, coloración amarilla, rojiza o muy oscura .....11
10. Conteo de dientes pectíneos varía entre 12-15 en ambos sexos; longitud total del cuerpo varía entre 24-33 mm .....*Tityus ocelote*
- Conteo de dientes pectíneos varía entre 16-19 en hembras y 18-19 en machos; longitud total del cuerpo varía entre 33-42 mm.....*Tityus tayrona*
11. Coloración entre marrón rojizo a negro, peines de las hembras con lámina basal intermedia dilatada y redondeada.....12
- Coloración de fondo varía entre amarillo, anaranjado y caoba, mesosoma con banda oscura medial; dedos de los pedipalpos, segmentos IV y V del

- metasoma y telson marrón oscuro; peines de las hembras con lámina basal intermedia rectangular; presenta escasa fluorescencia bajo la luz ultravioleta.....*Tityus cerroazul*
12. Machos con pedipalpos delgados y alargados; proporción longitud/ancho de la mano es de 2.4 veces o más.....13
- Machos con pedipalpos voluminosos, proporción longitud/ancho de mano de pedipalpo es de 2 veces o menos.....14
13. Escorpiones de color pardo rojizo, con dedos de pedipalpos, segmento V del metasoma negruzco; V segmento del metasoma del macho es entre 2.2 a 2.4 veces más largo que ancho; proporciones longitud/ancho de fémur y patela de los pedipalpos de machos es de 4.7 a 4.8 y de 3.6 a 3.9, respectivamente..... *Tityus championi*
- Escorpiones de color negro; V segmento del metasoma del macho es entre 3 a 3.1 veces más largo que ancho; proporciones de longitud/ancho de fémur y patela de los pedipalpos de machos es de 4.8 a 5.3 y de 3.9 a 4.2, respectivamente .....*Tityus sp. 2*
14. Proporción longitud/ancho de segmento V del metasoma es de 1.6 a 1.9 en machos y de 1.8 a 2 en hembras; longitud total del cuerpo entre 58-70 mm en hembras y 65-86 mm en machos; .....*Tityus jaimeii*
- Proporción longitud/ancho de V segmento del metasoma es de 2.4 a 2.6 en

machos y 2.1 a 2.4 en hembras; longitud total del cuerpo 65-74 en hembras y 74-100 en machos.....*Tityus festae*

### **Filogenia de *Centruroides* y *Tityus* de Panamá**

El análisis de filogenia con máxima verosimilitud para las especies de *Centruroides* incluyó secuencias atribuidas a cuatro especies identificadas por características morfológicas (Figura 4): *Centruroides bicolor* de dos localidades en la provincia de Veraguas, (Santiago y Santa Fé), *C. limbatus* de dos localidades de Bocas del Toro (Cañazas y Loma Azul), *C. granosus* de una localidad en la provincia de Panamá (Pacora) y una en Panamá Oeste (Capira) y *C. panamensis* de una localidad en Chiriquí (Hornito). Se obtuvo un árbol con terminales con buen soporte estadístico (probabilidad= 87-100), aunque con algunos nodos internos con menos apoyo (Figura 4).

Se identificaron cuatro clados:

- Clado I corresponde al Clado “thorellii” sensu Goodman *et al.* (2021)
- El clado II quedó constituido por parte de las especies habitantes de las islas del Caribe
- El clado III incluye principalmente especies del Oeste de México (norte y centro)
- En el clado IV se agruparon las especies de Panamá junto con otras especies de Centroamérica y especies provenientes de las islas del Caribe

Dentro de este último clado, las especies de Panamá están presentes en dos ramas, aunque con bajo soporte: en la primera con terminales para secuencias de *C. granosus*, *C. panamensis* y *C. bicolor* (Santiago y MK479166.1 de Puntarenas, Costa Rica), *Centruroides edwardsii* (MK479169.1 de Ecuador) y *Centruroides morenoi* Mello-Leitão, 1945 (MK479188.1 de St Andrews Parish, Jamaica); y en la segunda, se agruparon las secuencias de *C. limbatus* (Cañazas y Loma Azul, Bocas del Toro) dos secuencias identificadas como *C. bicolor* de Santa Fe, Veraguas y la una secuencia de *C. limbatus* de Puntarenas, Costa Rica (Genbank MK479183.1). *Centruroides granosus* fue monofilético, mientras que *C. bicolor* y *C. limbatus* no fueron monofiléticos.

Para el análisis filogenético de máxima verosimilitud para las especies de *Tityus* y *Ananteris*, se obtuvo un árbol con buen soporte estadístico para los nodos internos y para los nodos terminales de forma general, con excepción de algunos terminales de *Tityus jaimiei* (Figura 5). Tanto *Ananteris* como *Tityus* fueron monofiléticos. Dentro del grupo se reconocen tres especies del género *Ananteris*: *A. canalera* proveniente de Panamá Oeste, *A. platnicki* de la zona oriental de la Provincia de Panamá y *Ananteris* cf. *leilae* proveniente de dos localidades de la provincia de Darién: Quintín y Arretí.

Por su parte las secuencias de los escorpiones del género *Tityus* presentaron 4 clados, todos con buen soporte estadístico:

- Las secuencias de *T. serrulatus* agruparon junto con las especies del

subgénero *Archaeotityus* Lourenço, 2006 (=grupo *clathratus*): *T. atriventer*, *T. clathratus* y *T. tayrona*.

- El segundo clado lo conformaron *T. cerroazul* con la secuencia KY982271.1, correspondiente a la especie *Tityus smithii* Pocock, 1893 de las Antillas Menores (San Vicente y Las Granadinas) (Teruel, 2011b).
- El tercer clado estuvo conformado por especies de *Tityus* del subgénero *Atreus* de Trinidad y Tobago y Venezuela.
- El cuarto clado agrupó a las especies de *Tityus* del subgénero *Atreus* Gervais, 1843 de Panamá: *T. jaimeii*, *T. festae*, *Tityus* sp. 1 y *Tityus* sp. 2, con tres especies de *Atreus* de Venezuela y Guyana: *Tityus metuendus* Pocock, 1897, *Tityus nematochirus* Mello-Leitão, 1940 y *Tityus perijanensis* González-Sponga, 1994.

Las secuencias de *T. cerroazul*, *T. festae* y *Tityus (Atreus)* sp. 1 no fueron monofiléticas, indicando la posible existencia de especies crípticas en estos taxa. Numerosas secuencias de *T. jaimeii* provenientes de localidades de la vertiente del Caribe (Colón y Bocas del Toro) y de la vertiente del Pacífico, formaron un grupo monofilético, por lo que se interpreta como una sola especie.

## **Discusión**

La fauna de escorpiones de Panamá se eleva a 21 especies, entre las que se encuentran cuatro innominadas (dos del género *Ananteris* e igual cantidad del género *Tityus*), así

como tres introducidas (*Isometrus maculatus*, *Centruroides margaritatus* y *C. edwardsii*), dos de las cuales no existe certeza de su establecimiento permanente en el país (*I. maculatus*, *C. edwardsii*). Los principales cambios se presentan en los tres géneros de Buthidae reportados para Panamá: *Ananteris*, *Centruroides* y *Tityus*. Esta cifra puede aumentar al tomar en cuenta nuestros resultados preliminares de los análisis filogenéticos practicados a los Buthidae de Panamá.

Los pequeños escorpiones que integran el género *Ananteris* tienden a establecer poblaciones locales con un limitado ámbito geográfico, lo que ha contribuido a la gran diversidad específica que se le reconoce (93 especies): a modo de ejemplo, Guayana Francesa, con un territorio solo 1.2 veces mayor que el de Panamá, posee 11 especies (Dupré, 2021). Es de esperar que el género haya experimentado en suelo panameño un patrón evolutivo parecido a este, por lo que probablemente en el futuro se compruebe la existencia de más de cuatro especies en el país. La filogenia de las especies de *Ananteris* queda como una tarea por realizar; actualmente se cuenta con poca representación de secuencias de COI para las especies de este género (2 especies en GenBank).

La identidad taxonómica de las especies panameñas pertenecientes al género *Centruroides* se mantuvo muy confusa hasta muy recientemente (Armas & Trujillo, 2010; Armas *et al.*, 2011; Miranda *et al.*, 2014); en tanto el descubrimiento de una especie nueva (Quintero & Esposito, 2014) contribuyó a mejorar la información disponible sobre los escorpiones de este género en Panamá. No obstante, el reciente

hallazgo de un espécimen de *C. edwardsii*, accidentalmente introducido por vía aérea, es un elemento a tener presente, pues el intenso intercambio comercial, así como el tránsito de personas, pudieran facilitar el ingreso al país de esta u otras especies de escorpiones.

Los hallazgos del análisis filogenético de máxima verosimilitud para las especies de *Centruroides* de Panamá concuerda de forma general con lo obtenido por Esposito y Prendini (2019) y Goodman *et al.* (2021a). Esposito y Prendini (2019) realizaron filogenia molecular calibrada con fósiles para los siete géneros de la subfamilia Centruroidinae Krauss, 1955, combinando caracteres moleculares de cinco loci aplicando inferencia Bayesiana. Goodman *et al.* (2021a, b) delimitaron el clado “thorelli” para especies de *Centruroides* manchados con hábitos arbóreos presentes en bosques de Norte y Centroamérica mediante análisis Bayesiano y de máxima verosimilitud para caracteres morfológicos y secuencias cortas de COI (mini códigos de barra) obtenidas de escorpiones provenientes de museos.

Hay aspectos interesantes de resaltar en nuestros resultados con las especies de *Centruroides* debido a que *C. bicolor* y *C. limbatus* no fueron monofiléticos. Las secuencias de dos escorpiones provenientes de Santa Fe (Veraguas), identificados a través de sus características fenotípicas como *C. bicolor* indican que se trata de una especie distinta a la utilizada por Esposito & Prendini (2019) proveniente de Puntarenas, Costa Rica, la cual se agrupó con la secuencia de *C. bicolor* de Santiago de Veraguas y con la secuencia de *Centruroides panamensis*, aunque esta última con

muy bajo soporte estadístico. *Centruroides panamensis* es endémica de la Cordillera Central en la provincia de Chiriquí (1100-1600 msnm), simpátrica con *C. bicolor* (Quintero & Esposito, 2014).

Conectado a lo anterior, las secuencias de *C. limbatus* de Bocas del Toro aparecen como una especie distinta a la utilizada por Esposito & Prendini (2019), la cual también proviene de Puntarenas, Costa Rica. Las secuencias de *C. limbatus* de Bocas del Toro se agruparon más cercanamente con las secuencias *C. bicolor* de Santa Fe. Estudios genéticos más completos deben realizarse con distintas poblaciones de *C. bicolor*, incluyendo aquellas presentes en la Cordillera de Talamanca/Central y en las islas Coiba y Ranchería (Quintero & Esposito, 2014; Armas & Miranda, 2019). Similar situación ocurre con *C. limbatus*, ya que si tomamos en cuenta que la localidad tipo de esta especie es Talamanca, Costa Rica, la población de Bocas del Toro debe pertenecer a otra especie.

Por mucho tiempo *C. granosus* y *C. edwardsii* fueron confundidas con *C. margaritatus*. Armas *et al.* (2011a) redescubrieron a *Centruroides granosus* de Panamá, en donde es una especie común, mientras que Armas *et al.* (2011b) restituyeron a *C. edwardsii* como especie válida con amplia distribución en América desde México hasta Colombia e introducido en Cuba, pero sin confirmar su presencia en Panamá. En este mismo trabajo, delimitaron la distribución de *C. margaritatus* para el norte de América del Sur (Ecuador, Colombia y Perú) e introducido en Cuba y Jamaica, y consideran que *Centruroides morenoi* es un sinónimo de *C. margaritatus*.

Posteriormente, la presencia de *C. margaritatus* fue confirmada como un elemento introducido en ciudad de Panamá (Miranda *et al.*, 2014).

Tomando en cuenta lo mencionado arriba, hay que señalar dos aspectos relevantes en los resultados de nuestro análisis filogenético: 1. que la secuencia identificada como *C. morenoi* MK479188.1 con origen en St. Andrews Parish, Jamaica puede que pertenezca realmente a *C. margaritatus*; 2. que la localidad de origen de la secuencia MK479169.1 (Esposito & Prendini, 2019) es la provincia de Loja, y que Brito & Borges (2015) registran la presencia de tres especies de *Centruroides* para Ecuador: *C. exsul*, *C. gracilis* y *C. margaritatus*, siendo esta última la única reportada para la provincia de Loja, por lo que es muy probable que esta secuencia corresponda a *C. margaritatus* y no a *C. edwardsii*. Esto explicaría la gran similitud entre estas secuencias, avalando su coespecificidad.

El género *Tityus*, el más diverso del orden de los escorpiones (aproximadamente 220 especies) es uno de los más urgidos de una profunda revisión taxonómica. En Panamá, las especies de *Tityus* de los subgéneros *Atreus* y *Tityus* son causantes de envenenamientos graves y muertes (Borges *et al.*, 2012). *Tityus cerroazul* ha sido considerada una especie muy peligrosa para humanos y cuyo veneno presenta poca reactividad ante el antiveneno utilizado en Panamá (Borges *et al.*, 2020). Otra especie, *Tityus jaimiei*, de gran importancia epidemiológica, ha sido históricamente confundida con otra sudamericana, *Tityus pachyurus*; en tanto que otras especies permanecen pendientes de determinación y nominación (*Tityus* sp. 1 y *Tityus* sp. 2). Además, se

desconoce el ámbito geográfico de las especies nominales hasta ahora reconocidas (la información disponible es fragmentaria e incluso es probable que algunas de ellas en realidad correspondan a más de una especie).

Entre los hallazgos del análisis filogenético, las especies del género *Tityus* de Panamá, se ubicaron en tres clados distintos, los cuales corresponden en parte a los subgéneros propuestos por Lourenço (2006). Las especies de *Archaeotityus* utilizadas en el análisis formaron un grupo monofilético, teniendo como grupo hermano a *T. serrulatus* (miembro del subgénero *Tityus* del complejo *stigmurus*), situación reportada previamente por Ojanguren-Affilastro *et al.* (2017) y Moreno-González *et al.* (2021).

*Tityus cerroazul* pertenece al subgénero *Tityus* del complejo *bolivianus* (Lourenço, 2006; Quintero & Miranda, 2007). En nuestros resultados, las secuencias de esta especie se agruparon con *T. smithi*, proveniente de San Vicente y las Granadinas (Antillas Menores) (Teruel, 2011b) pero, en un clado distinto a *T. serrulatus*, otra especie atribuida al subgénero *Tityus* (complejo *stigmurus*). Ojanguren-Affilastro *et al.* (2017) señalan que el subgénero *Tityus* no forma un grupo monofilético, mostrando que las especies del complejo *bolivianus* están más cercanamente relacionados con las especies de *Atreus*, lo que también ha sido comprobado por Moreno-González *et al.* (2021) a través de evidencias morfológicas confrontadas con análisis filogenéticos a partir de secuencias de ADN genómico de cuatro loci (12S rRNA, 16S rRNA, 28S rRNA, and COI).

El resto de las secuencias de las especies panameñas de *Tityus* (a excepción de *T. championi*), formaron un grupo monofilético con especies del norte de Sudamérica, más cercanas con *T. perijanensis*, *T. nematochirus* y *T. metuendus*. Todas corresponden al subgénero *Atreus* uno de los más diversos dentro de *Tityus* (Lourenço, 2006). En este sentido, las secuencias que previo al análisis se atribuyeron a cuatro especies: *T. jaime*, *T. festae*, *Tityus* sp. 1 y *Tityus* sp. 2., parecen representar más especies (*T. festae* y *Tityus* sp. 1). En el caso de *Tityus festae*, la población proveniente de El Llano-Cartí parece pertenecer a una especie distinta a la de Darién. Para *Tityus* sp. 1 es un poco más complicado, debido a que ambas secuencias utilizadas provienen de la provincia de Colón. Por consiguiente, es necesario que estas especies de *Tityus* del subgénero *Atreus* sean revisadas, delimitadas (e incluso descritas) utilizando evidencias genéticas y fenotípicas (Moreno-González *et al.* 2021).

Nuestros hallazgos evidencian el insuficiente conocimiento que persiste sobre la composición taxonómica y la distribución geográfica del Orden Escorpiones en Panamá. Esta situación, dada la innegable importancia médico-sanitaria que revisten los escorpiones en este país, impone la necesidad de continuar y perfeccionar los proyectos de investigación sobre la biodiversidad escorpiológica panameña.

## **Conclusiones**

Se confirma registro de 21 especies de escorpiones en Panamá, pertenecientes a las

familias Buthidae (19 especies), Chactidae (1 especie) y Hormuridae (1 especie). De estas especies, 17 están asignadas a taxones ya descritos: la familia Hormuridae, representada por *Opisthacanthus elatus* (Gervais, 1844); igualmente, *Chactas exsul* (Werner, 1839) es la única especie de la familia Chactidae. La familia Buthidae está representada por: *Ananteris platnicki*, *Ananteris canalera*, *Centruroides bicolor*, *Centruroides edwardsii*, *Centruroides granosus*, *Centruroides limbatus*, *Centruroides margaritatus*; *Centruroides panamensis*, *Isometrus maculatus*, *Tityus championi*, *Tityus cerroazul*, *Tityus festae*, *Tityus jaimeii*, *Tityus ocelote* y *Tityus tayrona*. El listado es completado por cuatro especies pendientes de determinación precisa: *Ananteris* cf. *leilae* (Darién), *Ananteris* cf. *platnicki* (Darién), *Tityus* sp. 1 (Colón) y *Tityus* sp. 2 (Darién). Resultados preliminares de los análisis filogenéticos de las especies de Buthidae de Panamá sugieren la ocurrencia de varias especies crípticas bajo los taxones nominales: *C. bicolor*, *T. cerroazul*, *T. festae*, *T. jaimeii* y la aquí denominada *Tityus* sp. 1.

Cuatro de las especies de los escorpiones panameños son endémicas para el país (*A. canalera*, *C. granosus*, *C. panamensis*, *T. festae*), ocho son compartidas con Centroamérica, principalmente Costa Rica (*A. platnicki*, *Chactas exsul*, *C. bicolor*, *C. limbatus*, *T. championi*, *T. cerroazul*, *T. jaimeii*, *T. ocelote*), dos compartidas con Colombia (*O. elatus*, *T. tayrona*) y tres constituyen elementos introducidos (*C. edwardsii*, *C. margaritatus* e *Isometrus maculatus*) (Miranda *et al.*, 2015). No obstante, es de esperar que el porcentaje de endemismo aumente cuando se completen los estudios pendientes para delimitación de las especies.

## Referencias bibliográficas

- Acosta, L. E., Candido, D. M., Buckup, E. H. & Brescovit, A. D. 2008. Description of *Zabius gaucho* (Scorpiones, Buthidae), a new species from southern Brazil, with an update about the generic diagnosis. *The Journal of Arachnology*, 36: 491–501.
- Armas, L. F. de, Luna Sarmiento, D. & Flórez, E. D. 2012. Composición del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) en Colombia, con la descripción de una nueva especie. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 50: 105-114.
- Armas, L. F. de & Maes, J.-M. 2000. Lista anotada de los alacranes (Arachnida: Scorpiones) de América Central, con algunas consideraciones biogeográficas. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 46: 23–38 (1998).
- Armas, L. F. de & Maes, J.-M. 2001. Enmiendas a la “Lista anotada de los alacranes de América Central (Arachnida: Scorpiones)”. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 46: 23–38.
- Armas, L. F. de & Miranda, R. J. 2019. Primeros registros de Amblypygi, Scorpiones y Solifugae del Parque Nacional Coiba, Veraguas, Panamá. *Revista Ibérica de Aracnología*, 35: 53-55.

- Armas, L. F. de & Teruel, R. 2021. The correct identity of *Centruroides hoffmanni* Armas, 1996 (Scorpiones: Buthidae), with the descriptions of a new species from Chiapas, Mexico. *Euscorpius*, 339: 1-5.
- Armas, L. F. de, Teruel, R. & Kovařík, F. 2011a. Redescription of *Centruroides granosus* (Thorell, 1876) and identity of *Centrurus granosus simplex* Thorell, 1876 (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 127: 1-11.
- Armas, L. F. de, Teruel, R. & Kovařík, F. 2011b. On *Centruroides margaritatus* (Gervais, 1841) and closely related species (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 132: 1-16.
- Armas, L. F. de & Trujillo, R. E. 2010. Nueva especie de *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) de Guatemala y Honduras, América Central. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 47: 235-240.
- Bohorquez-Gomez, R. M. 2016. Revisión taxonómica y distribución geográfica de las especies de *Tityus*, subgénero *Atreus*, (Scorpiones, Buthidae) presentes en Colombia. Tesis en opción al título de Magister en Ciencias-Biología, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Bogotá, Colombia. i-xiv + 128 pp. Disponible en: [www.bdigital.unal.edu.co/52075/](http://www.bdigital.unal.edu.co/52075/), consultado el 06.02.2020].

- Borges, A. 2015. Scorpionism and dangerous scorpions in Central America and the Caribbean region. Pp. 215–244; en: Gopalakrishnakone, P., Possani, L. D., Schwartz, E. F. & Rodríguez De La Vega, R. (editores), *Scorpion venoms*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Borges, A. & Graham, M. R. 2016. Phylogenetics of scorpions of medical importance. Pp. 81-103; en: Gopalakrishnakone, P., Calvete, J. J. (editores), *Venom Genomics and Proteomics*, Dordrecht: Springer Netherlands.
- Borges, A., Miranda, R. J., & Pascale, J. M. 2012. Scorpionism in Central America, with special reference to the case of Panama. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 18: 130–143.
- Caligiuri, L. G., Sandoval A. E., Miranda J. C., Pessoa, F. A., Santini, M. S., Salomón, O. D., Secundino N. F. C. & McCarthy, C. B. 2019. Optimization of DNA extraction from individual sand flies for PCR amplification. *Methods and Protocols*, 2, 36: 1-15. doi:10.3390/mps2020036.
- Dunlop, J. A., Penney, D. & Jekel, D. 2020. A summary list of fossil spiders and their relatives; en: World Spider Catalog. Natural History Museum Bern, disponible en <http://wsc.nmbe.ch>, versión 20.5, Consultado en febrero 2021.

- Dupré, G. 2021. Situation faunistique des scorpions d'Amérique du Sud. *Arachnides*, 101: 1-23.
- Esposito, L. A. & Prendini, L. 2019. Island ancestors and New World biogeography: A case study from the scorpions (Buthidae: Centruroidinae). *Scientific Reports*, 9, 3500. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33754-8>.
- Esposito, L. A., Yamaguti, H. Y., Pinto-da-Rocha, R. & Prendini, L. 2018. Plucking with the plectrum: Phylogeny of the New World buthid scorpion subfamily Centruroidinae Kraus, 1955 (Scorpiones: Buthidae) reveals evolution of three pecten-sternite stridulation organs. *Arthropod Systematics and Phylogeny*, 76: 87–122.
- Fet, V., Sissom, W. D., Lowe, G. & Braunwalder, M. E. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998)*. The New York Entomological Society, New York. 690 pp.
- Fet, V. & Lowe, G. 2000. Family Buthidae C. L. Koch, 1837. Pp. 54–286; en: Fet, V., Sissom, W. D., Lowe, G. & Braunwalder, M. E. (editores), *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998)*. The New York Entomological Society, New York.
- Flórez, E. D. 2001. Escorpiones de la familia Buthidae (Chelicerata: Scorpiones) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2 (1): 25–30.

- Francke, O. F. & Stockwell, S. A. 1987. Scorpions (Arachnida) from Costa Rica. *Special Publications the Museum, Texas Tech University*, 25: 1–64.
- Goodman, A. M., Prendini, L., & Esposito, L. A. 2021a. Systematics of the arboreal neotropical “thorelli” clade of *Centruroides* bark scorpions (Buthidae) and the efficacy of mini- barcodes for museum specimens. *Diversity*, 13, 441: 1-22.
- Goodman, A. M., Prendini, L., Francke, O. F. & Esposito, L. A. 2021b. Systematic revision of the arboreal neotropical “thorelli” clade of *Centruroides* Marx, 1890, bark scorpions (Buthidae C. L. Koch, 1837) with descriptions of six new species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 452: 1-92.
- Kalyaanamoorthy, S., Ming, B. Q., Wong, T. K. F., von Haeseler, A. & Jermini, L. S. 2017. Modelfinder: fast model selection for accurate phylogenetic estimates. *Nature Methods*, (advance online publication): doi:10.1038/nmeth.4285
- Katoh, K., Misawa, K., Kuma, K. & Miyata, T. 2002. MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucleic Acids Research*, 30 (14): 3059-3066.

- Katoh, K. & Standley, D. M. 2013. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Molecular Biology and Evolution*, 30: 772-780.
- Lourenço, W. R. 1997. Synopsis de la faune de scorpions de Colombie, avec des considérations sur la systématique et la biogéographie des espèces. *Revue Suisse de Zoologie*, 104 (1): 61–94.
- Lourenço, W. R. 2006. Nouvelle proposition de découpage sous-générique du genre *Tityus* C. L. Koch, 1836 (Scorpiones, Buthidae). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 39: 55–67.
- Lourenço, W. R. 2016. Scorpion incidents, misidentification cases and possible implications on the interpretation of results. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 22: 21.
- Lourenço, W. R. 2018. The evolution and distribution of noxious species of scorpions (Arachnida: Scorpiones). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 24 (1): 1-12.
- Lourenço W. R. & Flórez, E. D. 2018. Further clarifications on some species of the genus *Tityus*, subgenus *Atreus* (Scorpiones: Buthidae), from Colombia and Ecuador, with the description of a new species. *Revista Ibérica de Aracnología*, 33: 63-72.

- Lourenço W. R. & Méndez, E. 1984. Inventario preliminar sobre la fauna de escorpiones de Panamá, con algunas consideraciones taxonómicas y biogeográficas. *Revista de Biología Tropical*, 32 (1): 85–93.
- Lourenço W. R. & Ythier, E. 2013. The remarkable scorpion diversity in the Ecuadorian Andes and description of a new species of *Tityus* C. L. Koch, 1836 (Scorpiones, Buthidae). *ZooKeys*, 307: 1–13.
- Lunt, D. H., Zhang, D.-X., Szymura, J. M. & Hewitt, G. M. 1996. The insect cytochrome oxidase I gene: evolutionary patterns and conserved primers for phylogenetics studies. *Insect Molecular Biology*, 5 (3): 153-165.
- Masi, L. 1912. Note sugli Scorpioni appartenenti al Museo Zoologico di Roma. *Memoire della Società Zoologica italiana*, 3a. serie, 1: 88–108.
- Mello-Leitão, C. 1945. Escorpiões sul-americanos. *Arquivos do Museu Nacional*, 40: 7–468.
- Miranda, R. J. 2011. Aspectos biológicos. Pp. 13–20; en: Borges, A. (editor), *Los escorpiones y el escorpionismo en Panamá*. Editora NovoArt, Panamá, vol. 1, 48 pp.

- Miranda, R. J., Armas, L. F. de & 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.
- Miranda, R. J., Bermúdez, S., Cleghorn, J. & Cambra, R. A. 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., Murgas, D., Murgas, I. & Armas, L. F. de. 2014. Sobre la presencia de *Centruroides margaritatus* e *Isometrus maculatus* en Panamá (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 25: 15-19.
- Miranda, R. J., Ríos, M., Murgas, I. L., Arauz, D. & Suárez, J. A. 2018. Escorpionismo por *Tityus championi* en Panamá, reporte de caso. *Revista Médica de Panamá*, 38 (3): 85–87.
- Montoya, M. & Armas, L. F. de. 2002. Escorpiones (Arachnida) del Archipiélago de Bocas del Toro, Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 50 (1): 155–160.
- Moreno-González, J. A., González, R. O. & Flórez, E. D. 2019. Taxonomic revision of the Colombian *Tityus* (*Archaeotityus*) (Scorpiones, Buthidae) species: a morphological and morphometric approach, with a description of a new species. *Zootaxa*, 4660 (1): 1-94.

- Moreno-González, J. A., Pinto-da-Rocha, R. & Gallão, J. E. 2021. Bringing order to a complex system: phenotypic and genotypic evidence contribute to the taxonomy of *Tityus* (Scorpiones, Buthidae) and support the description of a new species. *Zookeys*, 1075: 33-75.
- Nguyen, L.-T., Schmidt, H. A., von Haeseler, A. & Minh, B. Q. 2015. IQ-TREE: a fast and effective stochastic algorithm for estimating Maximum-likelihood phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*, 32 (1): 268-274.
- O’Dea, A., Lessios, H. A., Coates, A. G., Eytan, R. I., Restrepo-Moreno, S. A., Cione, A. L., Collins, L. S., de Queiroz, A., Farris, D. W., Norris, R. D., Stallard, R. F., Woodburne, M. O., Aguilera, O., Aubry, M.-P., Berggren, W. A., Budd, A. F., Cozzuol, M. A., Coppard, S. E., Duque-Caro, H., Finnegan, S., Gasparini, G. M., Grossman, E. L., Johnson, K. G., Keigwin, L. D., Knowlton, N., Leigh, E. G., Leonard-Pingel, J. S., Marko, P. B., Pyenson, N. D., Ravello-Dolmen, P. G., Soibelzon, E., Soibelzon, L., Todd, J. A., Vermeij, G. J. & Jackson, J. B. C. 2016. Formation of the Isthmus of Panama. *Science Advances* 2, e1600883 (2016).
- Ojanguren-Affilastro, A. A., Adilardi, R. S., Mattoni, C. I., Ramírez, M. J. & Ceccarelli, F. S. 2017. Dated phylogenetic studies of the southernmost American buthids (Scorpiones: Buthidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 110: 39-49.

- Pocock, R. I. 1897. Descriptions of some new species of scorpions of the genus *Tityus*, with notes upon some forms allied to *T. americanus* (Linn.). *Annals & Magazine of Natural History*, ser. 6: 510–521.
- Pocock, R. I. 1898. Descriptions of some new scorpions from Central and South America. *Annals & Magazine of Natural History*, serie 7 (1): 384-394.
- Pocock, R. I. 1900. Miryopoda and Arachnida. Report on a collection made by Messrs F. V. McConell and J. J. Quelch at Mount Roraima in British Guiana. *Transactions of the Linnaean Society of London (Zoology)*, 2 (8): 64-71.
- Pocock, R. I. 1902. Arachnida. Scorpiones, Pedipalpi, and Solifugae. *Biologia Centrali-Americana*. London: Taylor & Francis, 71 pp, 10 láminas.
- Prendini, L. 2004. The systematics of southern African *Parabuthus* Pocock (scorpiones, Buthidae): revisions to the taxonomy and key to the species. *The Journal of Arachnology*, 32: 109–186.
- Quintero, D. 2005. Preliminary biodiversity assessment and notes on the biology of the arachnids (Arachnida: Scorpiones, Amblypygi and Araneae) of Bahía Honda region (Veraguas, Panama). Pp. 363–491; en: Castroviejo, S. & Ibáñez, A. (editores), *Studies on the Biodiversity of the Bahía Honda Region (Veraguas, Panama)*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- Quintero, D. A. & Miranda, R. J. C. 2007. *Tityus cerroazul* Lourenço (Scorpiones: Buthidae): nueva sinonimia, notas sobre su biología, nuevos registros de distribución en Panamá, descripción del macho previamente desconocido y picadura mortal de un niño. *Tecnociencia*, 9 (2): 121–135.
- Quintero, D. A. & Esposito, L. 2014. A new species of *Centruroides* Marx (Scorpiones: Buthidae) from Panama and new distribution records for *Centruroides bicolor* (Pocock, 1898) and *Centruroides granosus* (Thorell, 1876). *Zootaxa*, 3795 (3): 373-382.
- Rein, J. O. 2021. The Scorpion Files. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology. [consultado en febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/>
- Román, J. P., García, F., Medina, D., Vásquez, M., García, J., Graham, M. R., Romero-Alvarez, D., de Oliveira Pardal, P. P., Ishikawa, E. A. Y., Borges, A. 2017. Scorpion envenoming in Morona Santiago, Amazonian Ecuador: Molecular phylogenetics confirms involvement of the *Tityus obscurus* group. *Acta Tropica*, 178: 1-9.
- Sissom, W. D. 1990. Systematics, biogeography and paleontology. Pp. 60-164; en: Polis, G. A. (editor), *Biology of scorpions*. Stanford University Press, California.

- Sissom, W. D. 2000. Family Chactidae Pocock, 1893. Pp. 287–322; en: Fet, V., Sissom, W. D., Lowe, G. & Braunwalder, M. E (editores), *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998)*. The New York Entomological Society, New York.
- Stahnke, H. L. 1970. Scorpion nomenclature and mensuration. *Entomological News*, 81: 297–316.
- Teruel, R. 2002. Primer registro de *Centruroides margaritatus* (Gervais, 1841) para Cuba (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 5: 87-89.
- Teruel, R. 2011a. La verdadera identidad de *Tityus championi* Pocock, 1898 (Scorpiones: Buthidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 48: 367–373.
- Teruel, R. 2011b. Redescription of *Tityus pictus* Pocock, 1893 and *Tityus smithii* Pocock, 1893, with notes on the *Tityus* species from the Lesser Antilles (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 125: 1-26.
- Teruel, R. & Cozijn, M. A. C. 2011. A checklist of the scorpions (Arachnida: Scorpiones) of Panama, with two new records. *Euscorpius*, 133: 1–6.
- Thorell, T. 1876. Études Scorpiologiques. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali*, 19: 75-272.

- Thorell, T. 1893. Scorpiones exotici R. Musei Historiae Naturalis Florentini. *Bollettino della Soceità Entomologica Italiana*, 25: 356-387.
- Vachon, M. 1974. Etude des caractères utilisés pour classer les familles et les genres de Scorpions (Arachnides). 1. La trichobothriotaxie en arachnologie. Sigles trichobothriaux et types de trichobothriotaxie chez les Scorpions. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris*, 3è sér., n° 140, Zoologie, 104: 857–958.
- Vachon, M. 1975. Sur l'utilisation de la trichobothriotaxie du bras des pédipalpes des scorpions (Arachnides) dans le classement des genres de la famille des Buthidae Simon. *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris* (series D), 281: 1597–1599.
- Viquez, C. 1999. *Escorpiones de Costa Rica/Costa Rica Scorpions*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo, Heredia. 84 p.
- Ward, M. J., Ellsworth, S. A. & Nystrom, G. 2018. A global accounting of medically significant scorpions: Epidemiology, major toxins, and comparative resources in harmless counterparts. *Toxicon*, 151: 137–155.
- Wendruff, A. J., Babcock, L. E., Wirkner, C. S., Kluessendorf, J. & Mikulic, D. G. 2020. A Silurian ancestral scorpion with fossilised internal anatomy illustrating a

pathway to arachnid terrestrialisation. *Scientific Reports*, 10: 14.

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-56010-z>

Yamashita, T. & Rhoads, D. D. 2013. Species delimitation and morphological divergence in the scorpion *Centruroides vittatus* (Say, 1821): Insights from Phylogeography. *PLoS ONE* 8 (7): e68282. doi: 10.1371/journal.pone.0068282

## **Tablas y figuras**

Tabla 1. Variaciones en medidas de *Opisthacanthus elatus* (Hormuridae) y *Chactas exsul* (Chactidae). Todas las medidas están dadas en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres morfológicos  | <i>Opisthacanthus elatus</i>   |                                | <i>Chactas exsul</i>          |                               |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                          | machos (n=11)                  | hembras (n=9)                  | machos (n=11)                 | hembras (n=9)                 |
| Longitud total           | 76.03 $\pm$ 7.66 (63.03-87.53) | 77.35 $\pm$ 5.59 (71-87.17)    | 40.09 $\pm$ 3.7 (33.94-45-14) | 43.84 $\pm$ 4.08 (37.2-51.9)  |
| Longitud de carapacho    | 12.07 $\pm$ 0.86 (10.8-13.42)  | 12.32 $\pm$ 1.02 (10.05-13.18) | 5.67 $\pm$ 0.48 (4.72-6.03)   | 5.73 $\pm$ 0.55 (4.77-6.48)   |
| Ancho ant. de carapacho  | 6.56 $\pm$ 0.39 (5.89-7.11)    | 6.77 $\pm$ 0.44 (5.8-7.17)     | 3.78 $\pm$ 0.26 (3.31-4.01)   | 3.77 $\pm$ 0.38 (2.95-4.14)   |
| Ancho post. de carapacho | 12 $\pm$ 1.26 (9.62-13.97)     | 12.53 $\pm$ 1.04 (10.28-13.85) | 5.26 $\pm$ 0.45 (4.41-5.66)   | 5.39 $\pm$ 0.58 (4.45-6.05)   |
| Longitud de mesosoma     | 29.24 $\pm$ 5.58 (18.72-35.89) | 29.75 $\pm$ 5.68 (23.53-40.14) | 10.62 $\pm$ 2.62 (8.73-14.41) | 14.42 $\pm$ 2.62 (10.28-18.4) |
| <b>Metasoma</b>          |                                |                                |                               |                               |
| Longitud de segmento I   | 3.91 $\pm$ 0.39 (3.36-4.34)    | 3.98 $\pm$ 0.33 (3.5-4.48)     | 2.36 $\pm$ 0.27 (1.82-2.52)   | 1.94 $\pm$ 0.25 (1.54-2.24)   |
| Ancho de segmento I      | 3.81 $\pm$ 0.4 (3.22-4.62)     | 3.8 $\pm$ 0.3 (3.36-4.34)      | 2.82 $\pm$ 0.3 (2.24-3.08)    | 2.64 $\pm$ 0.28 (2.24-3.08)   |
| Longitud de segmento II  | 4.31 $\pm$ 0.47 (3.5-5.18)     | 4.48 $\pm$ 0.31 (4.2-5.04)     | 2.89 $\pm$ 0.42 (2.1-3.22)    | 2.43 $\pm$ 0.27 (1.96-2.8)    |
| Ancho de segmento II     | 3.36 $\pm$ 0.39 (2.8-4.06)     | 3.34 $\pm$ 0.26 (2.94-3.78)    | 2.47 $\pm$ 0.28 (1.96-2.66)   | 2.35 $\pm$ 0.23 (2.1-2.66)    |
| Longitud de segmento III | 4.76 $\pm$ 0.47 (3.78-5.6)     | 4.85 $\pm$ 0.44 (4.48-5.6)     | 3.31 $\pm$ 0.41 (2.52-3.64)   | 2.71 $\pm$ 0.32 (2.1-3.08)    |
| Ancho de segmento III    | 3.04 $\pm$ 0.33 (2.52-3.64)    | 3.03 $\pm$ 0.26 (2.66-3.5)     | 2.38 $\pm$ 0.28 (1.82-2.52)   | 2.21 $\pm$ 0.22 (1.96-2.52)   |
| Longitud de segmento IV  | 5.38 $\pm$ 0.56 (4.34-6.3)     | 5.48 $\pm$ 0.36 (5.04-6.02)    | 3.94 $\pm$ 0.51 (2.94-4.34)   | 3.25 $\pm$ 0.51 (2.52-3.92)   |
| Ancho de segmento IV     | 2.7 $\pm$ 0.25 (2.38-3.08)     | 2.7 $\pm$ 0.31 (2.08-3.08)     | 2.22 $\pm$ 0.21 (1.82-2.38)   | 2.05 $\pm$ 0.25 (1.68-2.38)   |
| Longitud de segmento V   | 7.69 $\pm$ 0.93 (5.74-9.24)    | 7.78 $\pm$ 0.64 (7.14-9.1)     | 5.69 $\pm$ 0.26 (5.18-5.88)   | 5.09 $\pm$ 0.61 (3.92-5.74)   |
| Ancho de segmento V      | 2.75 $\pm$ 0.31 (2.24-3.22)    | 2.72 $\pm$ 0.34 (2.08-3.22)    | 2.22 $\pm$ 0.21 (1.82-2.38)   | 2.04 $\pm$ 0.27 (1.68-2.38)   |
| Profundidad segmento V   | 2.95 $\pm$ 0.3 (2.52-3.5)      | 2.99 $\pm$ 0.27 (2.66-3.5)     | 2.22 $\pm$ 0.27 (1.68-2.38)   | 2.22 $\pm$ 0.26 (1.68-2.38)   |
| Longitud de telson       | 8.67 $\pm$ 0.86 (6.58-10.08)   | 8.71 $\pm$ 0.71 (7.42-10.08)   | 5.6 $\pm$ 0.66 (4.34-6.16)    | 5.38 $\pm$ 0.59 (4.48-6.3)    |
| Ancho de vesícula        | 2.91 $\pm$ 0.4 (2.24-3.5)      | 2.86 $\pm$ 0.31 (2.24-3.22)    | 2.26 $\pm$ 0.3 (1.68-2.52)    | 2.13 $\pm$ 0.33 (1.68-2.52)   |
| Profundidad de vesícula  | 3.3 $\pm$ 0.41 (2.52-3.92)     | 3.31 $\pm$ 0.43 (2.52-3.92)    | 2.1 $\pm$ 0.29(1.54-2.38)     | 1.94 $\pm$ 0.33 (1.4-2.38)    |
| <b>Pedipalpo</b>         |                                |                                |                               |                               |
| Longitud de fémur        | 10.61 $\pm$ 0.9 (8.54-12.18)   | 10.9 $\pm$ 0.75 (10.08-12.18)  | 6.93 $\pm$ 0.19 (6.58-7.14)   | 5.06 $\pm$ 0.57 (3.92-5.74)   |
| Ancho de fémur           | 4.43 $\pm$ 0.32 (3.78-4.9)     | 4.54 $\pm$ 0.3 (4.34-5.04)     | 1.87 $\pm$ 0.11 (1.68-1.96)   | 1.96 $\pm$ 0.19 (1.68-2.24)   |
| Longitud de patela       | 11.07 $\pm$ 1.04 (8.82-12.9)   | 11.25 $\pm$ 0.81 (10.08-12.6)  | 7.16 $\pm$ 0.24 (6.72-7.42)   | 5.32 $\pm$ 0.56 (4.2-5.88)    |
| Ancho de patela          | 5.23 $\pm$ 0.51 (4.2-6.16)     | 5.41 $\pm$ 0.44 (5.04-6.3)     | 2.08 $\pm$ 0.06 (1.96-2.1)    | 2.24 $\pm$ 0.22 (1.82-2.52)   |
| Longitud de mano         | 13.4 $\pm$ 1.28 (11.19-15.01)  | 13.17 $\pm$ 0.98 (11.05-14.03) | 6.62 $\pm$ 0.41 (5.85-7.05)   | 5.54 $\pm$ 0.57 (4.45-6.27)   |
| Ancho de mano            | 8.82 $\pm$ 1.07 (7.11-10.18)   | 8.33 $\pm$ 0.73 (7.25-9.19)    | 2.87 $\pm$ 0.21 (2.52-3.08)   | 3.67 $\pm$ 0.42 (2.8-4.2)     |
| Profundidad de mano      | 5.02 $\pm$ 0.74 (3.71-6.01)    | 5.04 $\pm$ 0.65 (3.67-5.5)     | 2.57 $\pm$ 0.26 (2.24-2.8)    | 2.99 $\pm$ 0.41 (2.1-3.5)     |
| Longitud de dedo fijo    | 8.76 $\pm$ 0.81 (7.11-9.93)    | 8.95 $\pm$ 1.0 (6.71-10.03)    | 3.54 $\pm$ 0.24 (3.26-3.83)   | 3.74 $\pm$ 0.78 (2.8-5.59)    |
| Longitud de dedo móvil   | 12.65 $\pm$ 1.22 (10.3-14.38)  | 12.82 $\pm$ 1.3 (9.85-14.26)   | 5.11 $\pm$ 0.39(4.42-5.43)    | 5.04 $\pm$ 0.56 (3.94-5.66)   |

Tabla 2. Variaciones en medidas de machos de especies del género *Centruroides* de Panamá. Todas las medidas están dadas en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres morfológicos      | <i>Centruroides granosus</i><br>machos (n=10) | <i>Centruroides margaritatus</i><br>machos (n=3) | <i>Centruroides panamensis</i><br>machos (n=6) |
|------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Longitud total               | 81.27 $\pm$ 8.89 (59.86-95.38)                | 98.52 $\pm$ 6.9 (90.59-103.08)                   | 67.63 $\pm$ 3.91 (62.77-72.32)                 |
| Longitud de carapacho        | 7.22 $\pm$ 0.63 (5.74-8.05)                   | 8.51 $\pm$ 0.67 (7.75-8.99)                      | 5.93 $\pm$ 0.26 (5.62-6.32)                    |
| Ancho anterior de carapacho  | 3.53 $\pm$ 0.25 (2.97-3.91)                   | 4.22 $\pm$ 0.59 (3.72-4.87)                      | 2.93 $\pm$ 0.17 (2.73-3.2)                     |
| Ancho posterior de carapacho | 6.73 $\pm$ 0.55 (5.58-7.7)                    | 8.36 $\pm$ 0.82 (7.42-8.87)                      | 5.51 $\pm$ 0.31 (5.09-5.87)                    |
| Longitud de mesosoma         | 20.6 $\pm$ 2.6 (16.74-25.45)                  | 23.56 $\pm$ 0.69 (22.91-24.28)                   | 17.55 $\pm$ 2.2 (13.33-19.66)                  |
| Metasoma                     |                                               |                                                  |                                                |
| Longitud de segmento I       | 7.18 $\pm$ 1.02 (4.9-8.68)                    | 9.05 $\pm$ 1.17 (7.7-9.8)                        | 5.74 $\pm$ 0.38 (5.32-6.16)                    |
| Ancho de segmento I          | 3.68 $\pm$ 0.3 (3.08-4.2)                     | 4.34 $\pm$ 0.28 (4.06-4.62)                      | 3.01 $\pm$ 0.15 (2.8-3.22)                     |
| Longitud de segmento II      | 8.72 $\pm$ 1.06 (6.02-10.08)                  | 11.2 $\pm$ 1.24 (9.8-12.18)                      | 7 $\pm$ 0.32 (6.58-7.42)                       |
| Ancho de segmento II         | 3.61 $\pm$ 0.26 (3.08-4.06)                   | 4.15 $\pm$ 0.21 (3.92-4.34)                      | 2.89 $\pm$ 0.17 (2.66-3.08)                    |
| Longitud de segmento III     | 9.52 $\pm$ 1.21 (6.44-11.06)                  | 12.09 $\pm$ 1.4 (10.50-13.16)                    | 7.91 $\pm$ 0.68 (7-8.68)                       |
| Ancho de segmento III        | 3.63 $\pm$ 0.3 (2.94-4.06)                    | 4.15 $\pm$ 0.21 (3.92-4.34)                      | 2.89 $\pm$ 0.21 (2.66-3.22)                    |
| Longitud de segmento IV      | 9.81 $\pm$ 1.16 (6.86-11.34)                  | 12.55 $\pm$ 1.5 (10.92-13.86)                    | 8.33 $\pm$ 0.62 (7.42-8.82)                    |
| Ancho de segmento IV         | 3.74 $\pm$ 0.29 (3.08-4.2)                    | 4.15 $\pm$ 0.21 (3.92-4.34)                      | 2.92 $\pm$ 0.14 (2.8-3.08)                     |
| Longitud de segmento V       | 10.39 $\pm$ 1.28 (7.14-12.18)                 | 12.88 $\pm$ 1.4 (11.48-14.28)                    | 8.49 $\pm$ 0.53 (7.84-8.96)                    |
| Ancho de segmento V          | 3.86 $\pm$ 0.32 (3.08-4.34)                   | 4.11 $\pm$ 0.21 (3.78-4.34)                      | 3.2 $\pm$ 0.16 (2.94-3.36)                     |
| Profundidad segmento V       | 3.44 $\pm$ 0.29 (2.8-3.92)                    | 3.87 $\pm$ 0.35 (3.5-4.2)                        | 2.89 $\pm$ 0.19 (2.66-3.08)                    |
| Longitud de telson           | 7.83 $\pm$ 0.73 (6.02-8.82)                   | 9.66 $\pm$ 0.99 (8.96-10.36)                     | 6.67 $\pm$ 0.34 (6.02-6.86)                    |
| Ancho de vesícula            | 3.01 $\pm$ 0.3 (2.38-3.5)                     | 3.64 $\pm$ 0.28 (3.36-3.92)                      | 2.5 $\pm$ 0.16 (2.24-2.66)                     |
| Profundidad de vesícula      | 2.63 $\pm$ 0.24 (2.1-2.94)                    | 3.03 $\pm$ 0.21 (2.8-3.22)                       | 2.1 $\pm$ 0.15 (1.82-2.24)                     |
| Pedipalpo                    |                                               |                                                  |                                                |
| Longitud de fémur            | 7.31 $\pm$ 0.68 (5.6-8.26)                    | 9.52 $\pm$ 0.85 (8.54-10.08)                     | 6.09 $\pm$ 0.29 (5.74-6.44)                    |
| Ancho de fémur               | 1.99 $\pm$ 0.16 (1.68-2.24)                   | 2.15 $\pm$ 0.16 (1.96-2.24)                      | 1.61 $\pm$ 0.08 (1.54-1.68)                    |
| Longitud de patela           | 7.94 $\pm$ 0.74 (6.3-9.1)                     | 9.89 $\pm$ 0.72 (9.1-10.5)                       | 6.65 $\pm$ 0.39 (6.16-7)                       |
| Ancho de patela              | 2.65 $\pm$ 0.3 (1.96-3.08)                    | 2.89 $\pm$ 0.21 (2.66-3.08)                      | 2.15 $\pm$ 0.07 (2.1-2.24)                     |
| Longitud de mano             | 6.26 $\pm$ 0.74 (4.45-7.28)                   | 7.41 $\pm$ 0.86 (6.42-7.98)                      | 5.02 $\pm$ 0.33 (4.55-5.44)                    |
| Ancho de mano                | 3.28 $\pm$ 0.37 (2.52-3.78)                   | 3.97 $\pm$ 0.4 (3.5-4.2)                         | 2.57 $\pm$ 0.19 (2.38-2.8)                     |
| Profundidad de mano          | 3.28 $\pm$ 0.32 (2.52-3.78)                   | 3.83 $\pm$ 0.29 (3.5-4.06)                       | 2.52 $\pm$ 0.2 (2.24-2.8)                      |
| Longitud de dedo fijo        | 6.49 $\pm$ 0.63 (5.07-7.6)                    | 7.8 $\pm$ 0.65 (7.12-8.41)                       | 5.47 $\pm$ 0.36 (5.19-5.99)                    |
| Longitud de dedo móvil       | 7.56 $\pm$ 0.62 (6.02-8.48)                   | 9.18 $\pm$ 0.75 (8.43-9.93)                      | 6.33 $\pm$ 0.39 (5.77-6.86)                    |

Tabla 3. Variaciones en medidas de hembras de especies del género *Centruroides* de Panamá. Todas las medidas están dadas en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres                   | <i>Centruroides granosus</i><br>hembras (n=10) | <i>Centruroides margaritatus</i><br>hembras (n=3) | <i>Centruroides panamensis</i><br>hembras (n=14) |
|------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Longitud total               | 82.97 $\pm$ 6.49 (73.79-93.12)                 | 87.98 $\pm$ 3.88 (84.88-92.34)                    | 59.32 $\pm$ 3.87 (54.89-63.58)                   |
| Longitud de carapacho        | 8.29 $\pm$ 0.69 (7.34-9.37)                    | 9.0 $\pm$ 0.41 (8.52-9.26)                        | 6.24 $\pm$ 0.63 (5.87-7.19)                      |
| Ancho anterior de carapacho  | 4.39 $\pm$ 0.48 (3.68-5.04)                    | 4.53 $\pm$ 0.29 (4.2-4.72)                        | 3.11 $\pm$ 0.35 (2.81-3.61)                      |
| Ancho posterior de carapacho | 8.28 $\pm$ 0.69 (7.26-9.04)                    | 8.91 $\pm$ 0.26 (8.61-9.07)                       | 6.15 $\pm$ 0.69 (5.61-7.16)                      |
| Longitud de mesosoma         | 25.66 $\pm$ 2.69 (20.29-29.38)                 | 24.57 $\pm$ 1.64 (22.87-26.15)                    | 18.85 $\pm$ 2.98 (15.63-22.52)                   |
| Metasoma                     |                                                |                                                   |                                                  |
| Longitud de segmento I       | 6.23 $\pm$ 0.55 (5.32-7)                       | 7.09 $\pm$ 0.21 (6.86-7.28)                       | 4.27 $\pm$ 0.42 (4.06-4.9)                       |
| Ancho de segmento I          | 4.69 $\pm$ 0.28 (4.2-5.04)                     | 5.09 $\pm$ 0.08 (5.04-5.18)                       | 3.47 $\pm$ 0.21 (3.36-3.78)                      |
| Longitud de segmento II      | 7.63 $\pm$ 0.7 (6.58-8.68)                     | 8.68 $\pm$ 0.5 (8.12-9.1)                         | 5.25 $\pm$ 0.44 (4.9-5.88)                       |
| Ancho de segmento II         | 4.62 $\pm$ 0.31 (4.2-5.04)                     | 5.04 $\pm$ 0 (5.04-5.04)                          | 3.26 $\pm$ 0.27 (3.08-3.64)                      |
| Longitud de segmento III     | 8.22 $\pm$ 0.78 (7.9-9.24)                     | 9.24 $\pm$ 0.56 (8.68-9.8)                        | 5.67 $\pm$ 0.59 (5.04-6.44)                      |
| Ancho de segmento III        | 4.58 $\pm$ 0.3 (4.2-5.04)                      | 4.95 $\pm$ 0.16 (4.76-5.04)                       | 3.26 $\pm$ 0.27 (3.08-3.64)                      |
| Longitud de segmento IV      | 8.79 $\pm$ 0.79 (7.7-9.8)                      | 9.75 $\pm$ 0.49 (9.24-10.22)                      | 6.13 $\pm$ 0.54 (5.6-6.86)                       |
| Ancho de segmento IV         | 4.61 $\pm$ 0.35 (4.06-5.04)                    | 4.95 $\pm$ 0.16 (4.76-5.04)                       | 3.29 $\pm$ 0.24 (3.08-3.64)                      |
| Longitud de segmento V       | 9.56 $\pm$ 0.85 (8.4-10.78)                    | 10.31 $\pm$ 0.58 (9.66-10.78)                     | 6.76 $\pm$ 0.66 (6.3-7.7)                        |
| Ancho de segmento V          | 4.47 $\pm$ 0.35 (3.92-4.9)                     | 4.67 $\pm$ 0.21 (4.48-4.9)                        | 3.19 $\pm$ 0.21 (3.08-3.50)                      |
| Profundidad segmento V       | 3.99 $\pm$ 0.36 (3.5-4.48)                     | 4.39 $\pm$ 0.21 (4.2-4.62)                        | 2.87 $\pm$ 0.24 (2.66-3.22)                      |
| Longitud de telson           | 8.6 $\pm$ 0.84 (7.42-9.94)                     | 9.33 $\pm$ 0.4 (9.1-9.8)                          | 6.16 $\pm$ 0.66 (5.74-7.14)                      |
| Ancho de vesícula            | 3.22 $\pm$ 0.26 (2.8-3.5)                      | 3.55 $\pm$ 0.35 (3.22-3.92)                       | 2.31 $\pm$ 0.18 (2.1-2.52)                       |
| Profundidad de vesícula      | 2.97 $\pm$ 0.25 (2.66-3.36)                    | 2.99 $\pm$ 0.16 (2.8-3.08)                        | 2.07 $\pm$ 0.13 (1.96-2.24)                      |
| Pedipalpo                    |                                                |                                                   |                                                  |
| Longitud de fémur            | 7.7 $\pm$ 0.75 (6.58-8.82)                     | 8.45 $\pm$ 0.4 (7.98-8.68)                        | 5.67 $\pm$ 0.61 (5.32-6.58)                      |
| Ancho de fémur               | 2.34 $\pm$ 0.23 (1.96-2.66)                    | 2.38 $\pm$ 0.14 (2.24-2.52)                       | 1.72 $\pm$ 0.07 (1.68-1.82)                      |
| Longitud de patela           | 8.40 $\pm$ 0.75 (7.28-9.66)                    | 9.33 $\pm$ 0.58 (8.68-9.8)                        | 6.23 $\pm$ 0.71 (5.74-7.28)                      |
| Ancho de patela              | 3.12 $\pm$ 0.26 (2.8-3.5)                      | 3.17 $\pm$ 0.08 (3.08-3.22)                       | 2.24 $\pm$ 0.11 (2.1-2.38)                       |
| Longitud de mano             | 6.68 $\pm$ 0.72 (5.47-7.98)                    | 7.23 $\pm$ 0.38 (6.8-7.5)                         | 4.52 $\pm$ 0.54 (4.17-5.32)                      |
| Ancho de mano                | 3.98 $\pm$ 0.39 (3.36-4.48)                    | 4.2 $\pm$ 0.14 (4.06-4.34)                        | 2.49 $\pm$ 0.21 (2.38-2.8)                       |
| Profundidad de mano          | 3.81 $\pm$ 0.34 (3.22-4.2)                     | 4.01 $\pm$ 0.08 (3.92-4.06)                       | 2.35 $\pm$ 0.31 (2.1-2.8)                        |
| Longitud de dedo fijo        | 7.47 $\pm$ 0.78 (6.29-8.79)                    | 8.03 $\pm$ 0.54 (7.42-8.43)                       | 5.66 $\pm$ 0.49 (5.22-6.35)                      |
| Longitud de dedo móvil       | 8.69 $\pm$ 0.87 (7.46-10.08)                   | 9.6 $\pm$ 0.69 (8.82-10.13)                       | 6.5 $\pm$ 0.51 (6.06-7.23)                       |

Tabla 4. Variaciones en medidas de machos y hembras de *Centruroides bicolor* y *Centruroides limbatus*. Todas las medidas están dadas en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres               | <i>Centruroides bicolor</i>      |                                | <i>Centruroides limbatus</i>    |                                |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                          | machos (n=9)                     | hembras (n=14)                 | machos (n=7)                    | hembras (n=4)                  |
| Longitud total           | 105.98 $\pm$ 12.6 (83.24-125.77) | 92.12 $\pm$ 6.7 (83.73-104.6)  | 91.98 $\pm$ 7.25 (84.68-102.09) | 81.44 $\pm$ 4.38 (76.5-87.18)  |
| Longitud de carapacho    | 9.46 $\pm$ 1.03 (7.47-10.7)      | 9.55 $\pm$ 0.6 (8.77-10.29)    | 8.27 $\pm$ 0.62 (7.53-9.14)     | 8.17 $\pm$ 0.5 (7.64-8.72)     |
| Ancho ant. de carapacho  | 5.57 $\pm$ 0.51 (4.79-6.35)      | 5.94 $\pm$ 0.32 (5.43-6.41)    | 4.4 $\pm$ 0.56 (3.51-5.03)      | 4.37 $\pm$ 0.42 (3.84-4.79)    |
| Ancho post. de carapacho | 8.66 $\pm$ 1.09 (6.38-10.12)     | 9.16 $\pm$ 0.62 (8.43-10.28)   | 7.65 $\pm$ 0.64 (7.03-8.55)     | 7.94 $\pm$ 0.84 (7.09-8.75)    |
| Longitud de mesosoma     | 24.97 $\pm$ 3.18 (20.75-30.57)   | 25.93 $\pm$ 3.48 (20.57-32.34) | 22.96 $\pm$ 1.53 (21.43-26.16)  | 25.08 $\pm$ 1.85 (22.42-26.38) |
| <b>Metasoma</b>          |                                  |                                |                                 |                                |
| Longitud de segmento I   | 9.07 $\pm$ 1.16 (7.14-10.92)     | 7.02 $\pm$ 0.48 (6.3-7.84)     | 7.82 $\pm$ 0.94 (7-9.38)        | 6.09 $\pm$ 0.44 (5.6-6.58)     |
| Ancho de segmento I      | 4.39 $\pm$ 0.36 (3.64-4.9)       | 5.01 $\pm$ 0.33 (4.62-5.6)     | 3.96 $\pm$ 0.18 (3.78-4.2)      | 4.31 $\pm$ 0.24 (4.06-4.62)    |
| Longitud de segmento II  | 11.57 $\pm$ 1.59 (8.96-14.42)    | 8.74 $\pm$ 0.56 (7.84-9.8)     | 9.78 $\pm$ 1.12 (8.68-11.48)    | 7.46 $\pm$ 0.58 (6.72-7.98)    |
| Ancho de segmento II     | 4.08 $\pm$ 0.36 (3.36-4.62)      | 4.73 $\pm$ 0.29 (4.48-5.32)    | 3.72 $\pm$ 0.24 (3.5-4.06)      | 4.06 $\pm$ 0.34 (3.78-4.48)    |
| Longitud de segmento III | 12.62 $\pm$ 1.72 (9.38-15.3)     | 9.32 $\pm$ 0.61 (8.4-10.36)    | 10.7 $\pm$ 1.25 (9.66-12.6)     | 7.98 $\pm$ 0.64 (7.14-8.54)    |
| Ancho de segmento III    | 4.03 $\pm$ 0.38 (3.22-4.62)      | 4.6 $\pm$ 0.32 (4.2-5.16)      | 3.7 $\pm$ 0.21 (3.5-4.06)       | 3.92 $\pm$ 0.34 (3.64-4.34)    |
| Longitud de segmento IV  | 13.15 $\pm$ 1.75 (9.8-15.83)     | 9.84 $\pm$ 0.63 (9.1-10.78)    | 11.26 $\pm$ 1.28 (10.08-13.3)   | 8.79 $\pm$ 0.65 (7.98-9.38)    |
| Ancho de segmento IV     | 4.09 $\pm$ 0.37 (3.36-4.62)      | 4.6 $\pm$ 0.36 (4.2-5.16)      | 3.66 $\pm$ 0.19 (3.5-3.92)      | 3.82 $\pm$ 0.21 (3.64-4.06)    |
| Longitud de segmento V   | 13.98 $\pm$ 1.68 (10.78-16.38)   | 11.09 $\pm$ 0.7 (10.22-12.04)  | 11.9 $\pm$ 1.1 (10.92-13.72)    | 9.38 $\pm$ 0.78 (8.4-10.08)    |
| Ancho de segmento V      | 4.4 $\pm$ 0.43 (3.5-5.04)        | 4.52 $\pm$ 0.29 (4.2-4.9)      | 3.7 $\pm$ 0.24 (3.36-4.06)      | 3.71 $\pm$ 0.18 (3.5-3.92)     |
| Profundidad segmento V   | 4.2 $\pm$ 0.4 (3.36-4.62)        | 4.36 $\pm$ 0.28 (3.92-4.76)    | 3.66 $\pm$ 0.2 (3.36-3.92)      | 3.71 $\pm$ 0.18 (3.5-3.92)     |
| Longitud de telson       | 11.15 $\pm$ 1.01 (8.96-12.74)    | 10.63 $\pm$ 0.68 (9.38-11.76)  | 9.3 $\pm$ 0.86 (8.12-10.36)     | 8.51 $\pm$ 0.72 (7.84-9.52)    |
| Ancho de vesícula        | 3.78 $\pm$ 0.43 (2.94-4.48)      | 3.44 $\pm$ 0.22 (3.22-3.92)    | 3.12 $\pm$ 0.26 (2.94-3.64)     | 2.84 $\pm$ 0.13 (2.66-2.94)    |
| Profundidad de vesícula  | 3.3 $\pm$ 0.41 (2.38-3.78)       | 3.3 $\pm$ 0.21 (3.08-3.64)     | 3.06 $\pm$ 0.42 (2.66-3.92)     | 2.73 $\pm$ 0.18 (2.52-2.94)    |
| <b>Pedipalpo</b>         |                                  |                                |                                 |                                |
| Longitud de fémur        | 10.67 $\pm$ 1.17 (8.4-11.9)      | 9.48 $\pm$ 0.49 (8.68-10.22)   | 9.2 $\pm$ 0.78 (8.26-10.36)     | 8.12 $\pm$ 0.59 (7.56-8.82)    |
| Ancho de fémur           | 2.38 $\pm$ 0.21 (1.96-2.66)      | 2.48 $\pm$ 0.12 (2.38-2.66)    | 2.12 $\pm$ 0.15 (1.96-2.38)     | 2.17 $\pm$ 0.14 (1.96-2.24)    |
| Longitud de patela       | 11.2 $\pm$ 1.2 (8.82-12.6)       | 10.16 $\pm$ 0.58 (9.38-11.2)   | 9.78 $\pm$ 0.79 (8.82-10.92)    | 8.54 $\pm$ 0.72 (7.7-9.38)     |
| Ancho de patela          | 3.06 $\pm$ 0.25 (2.52-3.36)      | 3.27 $\pm$ 0.18 (3.08-3.5)     | 2.88 $\pm$ 0.27 (2.52-3.22)     | 3.15 $\pm$ 0.52 (2.8-3.92)     |
| Longitud de mano         | 7.66 $\pm$ 0.68 (6.44-8.57)      | 6.99 $\pm$ 0.43 (6.3-7.69)     | 7.22 $\pm$ 0.71 (6.32-8.2)      | 5.93 $\pm$ 0.55 (5.2-6.51)     |
| Ancho de mano            | 3.68 $\pm$ 0.48 (2.9-4.2)        | 3.56 $\pm$ 0.24 (3.22-4.06)    | 3.66 $\pm$ 0.34 (3.36-4.2)      | 3.26 $\pm$ 0.21 (3.08-3.5)     |
| Profundidad de mano      | 3.27 $\pm$ 0.23 (2.94-3.64)      | 3.18 $\pm$ 0.1 (3.08-3.36)     | 3.34 $\pm$ 0.27 (3.08-3.78)     | 2.98 $\pm$ 0.21 (2.8-3.22)     |
| Longitud de dedo fijo    | 9.24 $\pm$ 0.87 (7.24-10.27)     | 9.31 $\pm$ 0.55 (8.6-10.58)    | 8.35 $\pm$ 1.01 (6.67-9.68)     | 8.68 $\pm$ 0.78 (7.89-9.43)    |
| Longitud de dedo móvil   | 11.2 $\pm$ 1.09 (8.8-12.28)      | 10.95 $\pm$ 0.55 (10.34-11.93) | 9.74 $\pm$ 0.91 (8.77-11.1)     | 9.66 $\pm$ 0.83 (8.86-10.4)    |

Tabla 5. Variaciones en medidas de escorpiones del género *Tityus*: *T. ocelote* y *T. tayrona*. Todas las medidas están dadas en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres               | <i>Tityus ocelote</i>          |                                | <i>Tityus tayrona</i>         |                               |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                          | machos (n=9)                   | hembras (n=9)                  | machos (n=8)                  | hembras (n=17)                |
| Longitud total           | 29.21 $\pm$ 2.94 (24.19-32.76) | 29.25 $\pm$ 2.58 (24.61-32.85) | 37.67 $\pm$ 3.5 (33.11-42.45) | 37.29 $\pm$ 2.0 (34.09-42.23) |
| Longitud de carapacho    | 3.31 $\pm$ 0.3 (2.88-3.79)     | 3.46 $\pm$ 0.17 (3.25-3.79)    | 4.26 $\pm$ 0.43 (3.79-5.0)    | 4.43 $\pm$ 0.17 (4.14-4.73)   |
| Ancho ant. de carapacho  | 1.73 $\pm$ 0.14 (1.54-1.9)     | 1.8 $\pm$ 0.12 (1.63-1.98)     | 2.23 $\pm$ 0.25 (2.01-2.68)   | 2.39 $\pm$ 0.1 (2.17-2.49)    |
| Ancho post. de carapacho | 3.42 $\pm$ 0.3 (3.02-3.89)     | 3.61 $\pm$ 0.19 (3.42-4.01)    | 4.08 $\pm$ 0.41 (3.54-4.7)    | 4.54 $\pm$ 0.25 (4.03-5)      |
| Longitud de mesosoma     | 7.6 $\pm$ 1.45 (5.07-9.92)     | 8.46 $\pm$ 1.56 (6.38-10.4)    | 9.17 $\pm$ 1.2 (7.34-11.46)   | 10.52 $\pm$ 1.67 (7.71-14.02) |
| <b>Metasoma</b>          |                                |                                |                               |                               |
| Longitud de segmento I   | 2.05 $\pm$ 0.14 (1.82-2.24)    | 1.93 $\pm$ 0.09 (1.82-2.1)     | 2.8 $\pm$ 0.37 (2.38-3.36)    | 2.52 $\pm$ 0.12 (2.38-2.66)   |
| Ancho de segmento I      | 1.79 $\pm$ 0.14 (1.54-1.96)    | 1.8 $\pm$ 0.13 (1.68-2.1)      | 2.24 $\pm$ 0.25 (1.96-2.66)   | 2.31 $\pm$ 0.11 (2.1-2.52)    |
| Longitud de segmento II  | 2.55 $\pm$ 0.24 (2.24-2.94)    | 2.41 $\pm$ 0.18 (2.1-2.66)     | 3.4 $\pm$ 0.33 (3.08-3.92)    | 3.06 $\pm$ 0.24 (2.38-3.5)    |
| Ancho de segmento II     | 1.62 $\pm$ 0.14 (1.4-1.82)     | 1.6 $\pm$ 0.10 (1.54-1.82)     | 2.17 $\pm$ 0.26 (1.96-2.52)   | 2.16 $\pm$ 0.1 (1.96-2.24)    |
| Longitud de segmento III | 2.92 $\pm$ 0.32 (2.52-3.5)     | 2.68 $\pm$ 0.26 (2.1-2.8)      | 3.96 $\pm$ 0.41 (3.5-4.48)    | 3.52 $\pm$ 0.15 (3.22-3.78)   |
| Ancho de segmento III    | 1.62 $\pm$ 0.14 (1.4-1.82)     | 1.57 $\pm$ 0.09 (1.4-1.68)     | 2.17 $\pm$ 0.22 (1.96-2.52)   | 2.17 $\pm$ 0.09 (1.96-2.24)   |
| Longitud de segmento IV  | 3.39 $\pm$ 0.31 (2.94-3.92)    | 3.11 $\pm$ 0.33 (2.38-3.5)     | 4.45 $\pm$ 0.43 (4.06-5.18)   | 4.13 $\pm$ 0.22 (3.78-4.48)   |
| Ancho de segmento IV     | 1.7 $\pm$ 0.15 (1.54-1.96)     | 1.56 $\pm$ 0.11 (1.4-1.68)     | 2.22 $\pm$ 0.23 (1.96-2.66)   | 2.17 $\pm$ 0.1 (1.96-2.38)    |
| Longitud de segmento V   | 3.89 $\pm$ 0.33 (3.5-4.48)     | 3.75 $\pm$ 0.26 (3.22-4.06)    | 5.13 $\pm$ 0.49 (4.62-6.02)   | 4.88 $\pm$ 0.34 (3.92-5.46)   |
| Ancho de segmento V      | 2.01 $\pm$ 0.26 (1.68-2.38)    | 1.71 $\pm$ 0.09 (1.54-1.82)    | 2.6 $\pm$ 0.37 (2.14-3.22)    | 2.29 $\pm$ 0.13 (2.1-2.52)    |
| Profundidad segmento V   | 2.07 $\pm$ 0.22 (1.82-2.38)    | 1.74 $\pm$ 0.1 (1.68-1.96)     | 2.78 $\pm$ 0.35 (2.38-3.22)   | 2.27 $\pm$ 0.14 (1.96-2.52)   |
| Longitud de telson       | 3.5 $\pm$ 0.33 (3.08-4.06)     | 3.45 $\pm$ 0.12 (3.36-3.64)    | 4.52 $\pm$ 0.49 (4.06-5.18)   | 4.25 $\pm$ 0.22 (3.78-4.62)   |
| Ancho de vesícula        | 1.17 $\pm$ 0.12 (0.98-1.4)     | 1.18 $\pm$ 0.07 (1.12-1.26)    | 1.54 $\pm$ 0.2 (1.4-1.82)     | 1.46 $\pm$ 0.07 (1.4-1.54)    |
| Profundidad de vesícula  | 1.17 $\pm$ 0.16 (0.98-1.4)     | 1.17 $\pm$ 0.07 (1.12-1.26)    | 1.51 $\pm$ 0.14 (1.4-1.68)    | 1.48 $\pm$ 0.07 (1.4-1.54)    |
| <b>Pedipalpo</b>         |                                |                                |                               |                               |
| Longitud de fémur        | 3.08 $\pm$ 0.26 (2.66-3.5)     | 3.13 $\pm$ 0.1 (3.08-3.36)     | 4.04 $\pm$ 0.37 (3.64-4.48)   | 4.01 $\pm$ 0.2 (3.64-4.34)    |
| Ancho de fémur           | 0.96 $\pm$ 0.11 (0.84-1.12)    | 1.01 $\pm$ 0.06 (0.98-1.12)    | 1.26 $\pm$ 0.13 (1.12-1.4)    | 1.34 $\pm$ 0.09 (1.12-1.4)    |
| Longitud de patela       | 3.48 $\pm$ 0.28 (3.08-3.92)    | 3.64 $\pm$ 0.12 (3.5-3.78)     | 4.52 $\pm$ 0.41 (4.2-5.18)    | 4.59 $\pm$ 0.23 (4.2-5.04)    |
| Ancho de patela          | 1.49 $\pm$ 0.14 (1.26-1.68)    | 1.54 $\pm$ 0.07 (1.4-1.68)     | 1.77 $\pm$ 0.21 (1.54-2.1)    | 1.84 $\pm$ 0.1 (1.68-1.96)    |
| Longitud de mano         | 2.63 $\pm$ 0.31 (2.1-3.08)     | 2.16 $\pm$ 0.16 (1.96-2.52)    | 3.66 $\pm$ 0.61 (2.94-4.62)   | 3.01 $\pm$ 0.13 (2.8-3.22)    |
| Ancho de mano            | 1.88 $\pm$ 0.24 (1.4-2.1)      | 1.2 $\pm$ 0.07 (1.12-1.26)     | 2.26 $\pm$ 0.37 (1.82-2.8)    | 1.74 $\pm$ 0.17 (1.3-1.96)    |
| Profundidad de mano      | 1.8 $\pm$ 0.28 (1.26-2.1)      | 1.1 $\pm$ 0.05 (0.98-1.12)     | 2.19 $\pm$ 0.42 (1.68-2.8)    | 1.71 $\pm$ 0.4 (1.4-3.22)     |
| Longitud de dedo fijo    | 3.36 $\pm$ 0.23 (2.94-3.64)    | 3.66 $\pm$ 0.18 (3.36-3.92)    | 4.41 $\pm$ 0.39 (3.92-4.9)    | 4.79 $\pm$ 0.25 (4.2-5.18)    |
| Longitud de dedo móvil   | 3.95 $\pm$ 0.29 (3.5-4.34)     | 4.12 $\pm$ 0.29 (3.5-4.48)     | 5.04 $\pm$ 0.43 (4.62-5.6)    | 5.36 $\pm$ 0.24 (4.76-5.8)    |

Tabla 6. Variaciones en medidas de machos de tres especies de escorpiones del género *Tityus*: *T. cerroazul*, *T. festae* y *T. championi*. Todas las medidas están dadas en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres                   | <i>Tityus cerroazul</i><br>machos (n=3) | <i>Tityus festae</i><br>machos (n=16) | <i>Tityus championi</i><br>machos (n=6) |
|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|
| Longitud total               | 75.61 $\pm$ 2.71 (73.79-78.72)          | 83.55 $\pm$ 5.76 (73.99-96.78)        | 71.99 $\pm$ 5.05 (66.79-80.38)          |
| Longitud de carapacho        | 8.07 $\pm$ 0.55 (7.57-8.66)             | 8.33 $\pm$ 0.51 (7.45-9.40)           | 7.48 $\pm$ 0.35 (7.09-7.98)             |
| Ancho anterior de carapacho  | 4.23 $\pm$ 0.14 (4.07-4.33)             | 4.94 $\pm$ 0.35 (4.6-5.9)             | 4.1 $\pm$ 0.24 (3.79-4.34)              |
| Ancho posterior de carapacho | 8.64 $\pm$ 0.37 (8.32-9.05)             | 7.97 $\pm$ 0.55 (7.14-9.1)            | 7.46 $\pm$ 0.36 (6.78-7.7)              |
| Longitud de mesosoma         | 16.76 $\pm$ 1.11 (15.96-18.03)          | 19.89 $\pm$ 2.78 (15.6-24.8)          | 18.57 $\pm$ 3.11 (15.18-22.98)          |
| Metasoma                     |                                         |                                       |                                         |
| Longitud de segmento I       | 5.97 $\pm$ 0.29 (5.74-6.3)              | 6.96 $\pm$ 0.58 (5.46-7.7)            | 5.72 $\pm$ 0.6 (4.62-6.3)               |
| Ancho de segmento I          | 5.23 $\pm$ 0.08 (5.18-5.32)             | 4.38 $\pm$ 0.32 (3.92-5.04)           | 4.01 $\pm$ 0.11 (3.92-4.2)              |
| Longitud de segmento II      | 7.37 $\pm$ 0.4 (7.14-7.84)              | 8.51 $\pm$ 0.74 (6.44-9.52)           | 7.07 $\pm$ 0.72 (5.74-7.7)              |
| Ancho de segmento II         | 5.13 $\pm$ 0.08 (5.04-5.18)             | 4.42 $\pm$ 0.38 (3.78-5.04)           | 3.99 $\pm$ 0.17 (3.78-4.29)             |
| Longitud de segmento III     | 8.12 $\pm$ 0.37 (7.84-8.54)             | 9.28 $\pm$ 0.87 (7.0-10.64)           | 7.7 $\pm$ 0.75 (6.3-8.26)               |
| Ancho de segmento III        | 5.41 $\pm$ 0.21 (5.18-5.6)              | 4.45 $\pm$ 0.41 (3.78-5.18)           | 4.04 $\pm$ 0.22 (3.78-4.34)             |
| Longitud de segmento IV      | 9.47 $\pm$ 0.66 (8.96-10.22)            | 10.46 $\pm$ 0.96 (7.84-11.76)         | 8.42 $\pm$ 0.77 (7.0-9.1)               |
| Ancho de segmento IV         | 5.93 $\pm$ 0.29 (5.6-6.16)              | 4.48 $\pm$ 0.43 (3.78-5.32)           | 3.99 $\pm$ 0.23 (3.64-4.2)              |
| Longitud de segmento V       | 10.5 $\pm$ 0.64 (9.94-11.2)             | 10.67 $\pm$ 0.89 (8.4-12.04)          | 8.77 $\pm$ 0.73 (7.42-9.38)             |
| Ancho de segmento V          | 5.69 $\pm$ 0.16 (5.6-5.88)              | 4.46 $\pm$ 0.46 (3.64-5.32)           | 3.87 $\pm$ 0.3 (3.5-4.2)                |
| Profundidad segmento V       | 5.13 $\pm$ 0.29 (4.9-5.46)              | 4.17 $\pm$ 0.3 (3.64-4.62)            | 3.78 $\pm$ 0.23 (3.5-4.06)              |
| Longitud de telson           | 9.33 $\pm$ 0.29 (9.1-9.66)              | 9.47 $\pm$ 0.73 (8.54-11.2)           | 8.26 $\pm$ 0.51 (7.56-8.82)             |
| Ancho de vesícula            | 4.34 $\pm$ 0.14 (4.2-4.48)              | 3.37 $\pm$ 0.25 (2.94-3.5)            | 3.22 $\pm$ 0.23 (2.94-3.5)              |
| Profundidad de vesícula      | 4.25 $\pm$ 0.93 (3.64-5.32)             | 3.4 $\pm$ 0.32 (2.94-4.06)            | 3.08 $\pm$ 0.25 (2.66-3.36)             |
| Pedipalpo                    |                                         |                                       |                                         |
| Longitud de fémur            | 8.35 $\pm$ 0.4 (8.12-8.82)              | 9.79 $\pm$ 0.82 (7.7-11.2)            | 9.85 $\pm$ 1.33 (7.28-10.92)            |
| Ancho de fémur               | 2.57 $\pm$ 0.08 (2.52-2.66)             | 2.29 $\pm$ 0.16 (2.1-2.52)            | 2.15 $\pm$ 0.11 (1.96-2.24)             |
| Longitud de patela           | 9.1 $\pm$ 0.56 (8.54-9.66)              | 9.91 $\pm$ 0.77 (7.98-11.06)          | 9.99 $\pm$ 1.19 (7.7-11.06)             |
| Ancho de patela              | 3.5 $\pm$ 0.14 (3.36-3.64)              | 3.15 $\pm$ 0.22 (2.8-3.64)            | 2.75 $\pm$ 0.14 (2.52-2.94)             |
| Longitud de mano             | 7.97 $\pm$ 0.41 (7.58-8.39)             | 7.64 $\pm$ 0.8 (5.44-8.94)            | 7.71 $\pm$ 1.26 (5.3-8.93)              |
| Ancho de mano                | 5.09 $\pm$ 0.35 (4.76-5.46)             | 3.82 $\pm$ 0.51 (2.94-4.9)            | 3.17 $\pm$ 0.42 (2.52-3.78)             |
| Profundidad de mano          | 4.85 $\pm$ 0.29 (4.62-5.18)             | 3.53 $\pm$ 0.45 (2.66-4.34)           | 3.06 $\pm$ 0.35 (2.52-3.5)              |
| Longitud de dedo fijo        | 8.2 $\pm$ 0.32 (7.96-8.56)              | 10.07 $\pm$ 0.62 (9.07-11.2)          | 9.16 $\pm$ 0.45 (8.52-9.72)             |
| Longitud de dedo móvil       | 9.87 $\pm$ 0.67 (9.48-10.64)            | 11.31 $\pm$ 0.78 (10.19-12.7)         | 10.33 $\pm$ 0.71 (9.17-11.03)           |

Tabla 7. Variaciones en medidas de hembras de tres especies de escorpiones del género *Tityus* de Panamá: *T. cerroazul*, *T. festae* y *T. championi*. Las medidas están en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres                   | <i>Tityus cerroazul</i><br>hembras (n=12) | <i>Tityus festae</i><br>hembras (n=11) | <i>Tityus championi</i><br>hembras (n=6) |
|------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Longitud total               | 73.7 $\pm$ 3.77 (67.54-81.12)             | 73.08 $\pm$ 5.58 (64.85-80.35)         | 69.91 $\pm$ 2.78 (65.83-74.21)           |
| Longitud de carapacho        | 8.05 $\pm$ 0.48 (7.31-8.66)               | 7.74 $\pm$ 0.45 (7.19-8.5)             | 7.3 $\pm$ 0.24 (7.06-7.74)               |
| Ancho anterior de carapacho  | 4.34 $\pm$ 0.27 (4.04-4.8)                | 4.63 $\pm$ 0.36 (4.19-5.18)            | 4.05 $\pm$ 0.28 (3.7-4.46)               |
| Ancho posterior de carapacho | 8.72 $\pm$ 0.56 (7.78-9.73)               | 7.8 $\pm$ 0.75 (6.51-8.7)              | 7.47 $\pm$ 0.43 (6.89-7.98)              |
| Longitud de mesosoma         | 20.99 $\pm$ 3.17 (15.31-24.3)             | 20.05 $\pm$ 3.19 (15.62-23,72)         | 21.82 $\pm$ 1.47 (19.15-23.03)           |
| <b>Metasoma</b>              |                                           |                                        |                                          |
| Longitud de segmento I       | 5.12 $\pm$ 0.35 (4.48-5.6)                | 5.64 $\pm$ 0.4 (5.04-6.3)              | 4.92 $\pm$ 0.22 (4.62-5.32)              |
| Ancho de segmento I          | 4.62 $\pm$ 0.34 (4.2-5.04)                | 4.16 $\pm$ 0.27 (3.78-4.76)            | 3.99 $\pm$ 0.15 (3.78-4.2)               |
| Longitud de segmento II      | 6.24 $\pm$ 0.37 (5.6-6.86)                | 6.69 $\pm$ 0.67 (5.46-7.42)            | 6.07 $\pm$ 0.25 (5.88-6.44)              |
| Ancho de segmento II         | 4.48 $\pm$ 0.35 (3.92-5.04)               | 4.11 $\pm$ 0.27 (3.64-4.62)            | 3.83 $\pm$ 0.21 (3.64-4.2)               |
| Longitud de segmento III     | 6.98 $\pm$ 0.47 (6.16-7.7)                | 7.31 $\pm$ 0.57 (6.3-7.98)             | 6.49 $\pm$ 0.28 (6.3-7.0)                |
| Ancho de segmento III        | 4.61 $\pm$ 0.42 (3.78-5.18)               | 4.07 $\pm$ 0.25 (3.64-4.48)            | 3.8 $\pm$ 0.14 (3.64-4.06)               |
| Longitud de segmento IV      | 8.07 $\pm$ 0.44 (7.42-8.82)               | 8.3 $\pm$ 0.51 (7.42-8.96)             | 7.44 $\pm$ 0.34 (7.14-7.98)              |
| Ancho de segmento IV         | 4.9 $\pm$ 0.55 (3.92-5.74)                | 3.98 $\pm$ 0.28 (3.5-4.34)             | 3.64 $\pm$ 0.15 (3.5-3.92)               |
| Longitud de segmento V       | 9.2 $\pm$ 0.48 (8.54-9.94)                | 8.82 $\pm$ 0.46 (7.98-9.38)            | 7.91 $\pm$ 0.33 (7.7-8.54)               |
| Ancho de segmento V          | 4.77 $\pm$ 0.48 (4.06-5.6)                | 3.93 $\pm$ 0.28 (3.5-4.34)             | 3.57 $\pm$ 0.12 (3.5-3.78)               |
| Profundidad segmento V       | 4.27 $\pm$ 0.35 (3.78-5.04)               | 3.8 $\pm$ 0.27 (3.36-4.2)              | 3.59 $\pm$ 0.11 (3.5-3.78)               |
| Longitud de telson           | 9.04 $\pm$ 0.51 (8.26-9.8)                | 8.53 $\pm$ 0.46 (7.84-9.38)            | 7.96 $\pm$ 0.19 (7.7-8.26)               |
| Ancho de vesícula            | 3.9 $\pm$ 0.27 (3.5-4.2)                  | 3.02 $\pm$ 0.22 (2.8-3.36)             | 3.01 $\pm$ 0.12 (2.94-3.22)              |
| Profundidad de vesícula      | 3.54 $\pm$ 0.22 (3.22-3.92)               | 2.94 $\pm$ 0.21 (2.52-3.22)            | 2.89 $\pm$ 0.11 (2.8-3.08)               |
| <b>Pedipalpo</b>             |                                           |                                        |                                          |
| Longitud de fémur            | 7.89 $\pm$ 0.45 (7.14-8.54)               | 7.83 $\pm$ 0.43 (7.14-8.4)             | 7.63 $\pm$ 0.21 (7.42-7.98)              |
| Ancho de fémur               | 2.42 $\pm$ 0.15 (2.24-2.66)               | 2.27 $\pm$ 0.11 (2.1-2.38)             | 2.1 $\pm$ 0.13 (1.96-2.24)               |
| Longitud de patela           | 8.69 $\pm$ 0.46 (7.98-9.38)               | 8.25 $\pm$ 0.37 (7.42-8.68)            | 7.93 $\pm$ 0.19 (7.7-8.26)               |
| Ancho de patela              | 3.22 $\pm$ 0.17 (2.94-3.5)                | 3.17 $\pm$ 0.22 (2.8-3.5)              | 2.87 $\pm$ 0.19 (2.66-3.22)              |
| Longitud de mano             | 6.41 $\pm$ 0.4 (5.76-7.08)                | 5.69 $\pm$ 0.96 (4.45-8.26)            | 5.6 $\pm$ 0.38 (4.96-6.17)               |
| Ancho de mano                | 3.38 $\pm$ 0.34 (2.94-3.92)               | 3.11 $\pm$ 0.25 (2.66-3.36)            | 2.73 $\pm$ 0.12 (2.66-2.94)              |
| Profundidad de mano          | 3.19 $\pm$ 0.31 (2.8-3.64)                | 2.77 $\pm$ 0.23 (2.38-3.08)            | 2.59 $\pm$ 0.12 (2.52-2.8)               |
| Longitud de dedo fijo        | 8.58 $\pm$ 0.48 (8.05-9.3)                | 9.01 $\pm$ 0.46 (8.41-9.67)            | 8.34 $\pm$ 0.26 (7.97-8.69)              |
| Longitud de dedo móvil       | 9.86 $\pm$ 0.47 (9.38-10.73)              | 9.78 $\pm$ 0.38 (9.05-10.17)           | 9.18 $\pm$ 0.32 (8.76-9.63)              |

Tabla 8. Variaciones en medidas de escorpiones del género *Tityus*: *Tityus* sp.1 y *Tityus* sp.2. Las medidas están en mm. Para cada carácter se aporta el valor promedio  $\pm$  la desviación estandar, y entre paréntesis, la amplitud.

| Caracteres                   | <i>Tityus</i> sp.2 (Darién)<br>machos (n=3) | <i>Tityus</i> sp.2 (Darién)<br>hembras (n=2) | <i>Tityus</i> sp.1 (Colón)<br>hembras (n=17) |
|------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Longitud total               | 72.79 $\pm$ 10.64 (65.32-84.97)             | 72.41 $\pm$ 1.33 (71.47-73.35)               | 69.9 $\pm$ 3.52 (62.66-75.6)                 |
| Longitud de carapacho        | 6.66 $\pm$ 0.91 (6.05-7.7)                  | 7.55 $\pm$ 0.18 (7.42-7.67)                  | 7.35 $\pm$ 0.34 (6.72-8.0)                   |
| Ancho anterior de carapacho  | 3.92 $\pm$ 0.69 (3.4-4.7)                   | 4.63 $\pm$ 0.04 (4-6-4.65)                   | 4.24 $\pm$ 0.28 (3.7-4.9)                    |
| Ancho posterior de carapacho | 6.31 $\pm$ 0.79 (5.7-7.2)                   | 7.49 $\pm$ 0.01 (7.48-7.5)                   | 7.31 $\pm$ 0.37 (6.46-7.87)                  |
| Longitud de mesosoma         | 18.02 $\pm$ 2.73 (14.86-19.6)               | 19.86 $\pm$ 0.06 (19.81-19.9)                | 18.71 $\pm$ 2.58 (15.06-23.87)               |
| Metasoma                     |                                             |                                              |                                              |
| Longitud de segmento I       | 6.07 $\pm$ 1.19 (5.18-7.42)                 | 5.6 $\pm$ 0 (5.6)                            | 5.48 $\pm$ 0.23 (5.04-6.02)                  |
| Ancho de segmento I          | 3.36 $\pm$ 0.5 (2.94-3.92)                  | 4.06 $\pm$ 0.2 (3.92-4.2)                    | 3.89 $\pm$ 0.21 (3.5-4.2)                    |
| Longitud de segmento II      | 7.47 $\pm$ 1.43 (6.44-9.1)                  | 6.72 $\pm$ 0.2 (6.58-6.86)                   | 6.59 $\pm$ 0.33 (6.02-7.14)                  |
| Ancho de segmento II         | 3.13 $\pm$ 0.57 (2.8-3.78)                  | 3.85 $\pm$ 0.1 (3.78-3.92)                   | 3.71 $\pm$ 0.19 (3.36-4.06)                  |
| Longitud de segmento III     | 8.21 $\pm$ 1.51 (7.14-9.94)                 | 7.35 $\pm$ 0.1 (7.28-7.42)                   | 7.17 $\pm$ 0.35 (6.44-7.84)                  |
| Ancho de segmento III        | 3.13 $\pm$ 0.57 (2.8-3.78)                  | 3.85 $\pm$ 0.1 (3.78-3.92)                   | 3.63 $\pm$ 0.17 (3.22-3.92)                  |
| Longitud de segmento IV      | 9.19 $\pm$ 1.62 (8.12-11.06)                | 8.33 $\pm$ 0.3 (8.12-8.54)                   | 8.17 $\pm$ 0.38 (7.42-8.96)                  |
| Ancho de segmento IV         | 3.03 $\pm$ 0.4 (2.8-3.5)                    | 3.64 $\pm$ 0.2 (3.5-3.78)                    | 3.53 $\pm$ 0.17 (3.22-3.78)                  |
| Longitud de segmento V       | 9.38 $\pm$ 1.46 (8.4-11.06)                 | 8.89 $\pm$ 0.3 (8.68-9.1)                    | 8.58 $\pm$ 0.35 (7.98-9.38)                  |
| Ancho de segmento V          | 3.08 $\pm$ 0.48 (2.8-3.64)                  | 3.64 $\pm$ 0.2 (3.5-3.78)                    | 3.49 $\pm$ 0.17 (3.22-3.78)                  |
| Profundidad segmento V       | 2.99 $\pm$ 0.45 (2.66-3.5)                  | 3.57 $\pm$ 0.1 (3.5-3.64)                    | 3.42 $\pm$ 0.17 (3.08-3.64)                  |
| Longitud de telson           | 7.79 $\pm$ 1.13 (7.14-9.1)                  | 8.12 $\pm$ 0.2 (7.98-8.26)                   | 7.84 $\pm$ 0.55 (6.3-8.54)                   |
| Ancho de vesícula            | 2.66 $\pm$ 0.48 (2.38-3.22)                 | 2.87 $\pm$ 0.1 (2.8-2.94)                    | 2.73 $\pm$ 0.19 (2.38-2.73)                  |
| Profundidad de vesícula      | 2.52 $\pm$ 0.37 (2.24-2.94)                 | 2.73 $\pm$ 0.1 (2.66-2.8)                    | 2.63 $\pm$ 0.16 (2.24-2.8)                   |
| Pedipalpo                    |                                             |                                              |                                              |
| Longitud de fémur            | 9.15 $\pm$ 1.78 (8.12-11.2)                 | 7.98 $\pm$ 0.4 (7.7-8.26)                    | 7.93 $\pm$ 0.36 (7.28-8.68)                  |
| Ancho de fémur               | 1.82 $\pm$ 0.24 (1.68-2.1)                  | 2.1 $\pm$ 0 (2.1)                            | 2.08 $\pm$ 0.1 (1.96-2.24)                   |
| Longitud de patela           | 9.33 $\pm$ 1.62 (8.26-11.2)                 | 8.33 $\pm$ 0.49 (7.98-8.68)                  | 8.27 $\pm$ 0.33 (7.7-8.96)                   |
| Ancho de patela              | 2.29 $\pm$ 0.32 (2.1-2.66)                  | 2.87 $\pm$ 0.1 (2.8-2.94)                    | 2.78 $\pm$ 0.14 (2.52-3.08)                  |
| Longitud de mano             | 5.94 $\pm$ 1.27 (5.0-7.39)                  | 5.53 $\pm$ 0.62 (5.09-5.96)                  | 5.51 $\pm$ 0.28 (4.92-6.02)                  |
| Ancho de mano                | 2.1 $\pm$ 0.37 (1.82-2.52)                  | 2.87 $\pm$ 0.1 (2.8-2.94)                    | 2.8 $\pm$ 0.17 (2.52-3.08)                   |
| Profundidad de mano          | 1.91 $\pm$ 0.29 (1.68-2.2)                  | 2.59 $\pm$ 0.1 (2.52-2.66)                   | 2.59 $\pm$ 0.15 (2.24-2.8)                   |
| Longitud de dedo fijo        | 8.89 $\pm$ 1.27 (7.91-10.33)                | 9.09 $\pm$ 0.62 (8.65-9.53)                  | 8.98 $\pm$ 0.33 (8.32-9.52)                  |
| Longitud de dedo móvil       | 9.69 $\pm$ 1.58 (8.56-11.5)                 | 9.89 $\pm$ 0.38 (9.62-10.16)                 | 9.92 $\pm$ 0.38 (9.29-10.68)                 |

Tabla 9. Variación en conteo de dientes pectíneos de *O. elatus* (Hormuridae) y *C. exsul* (Chactidae).

|                      | 6 | 7 | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | moda | Rango |
|----------------------|---|---|----|---|----|----|----|----|------|-------|
| <i>O. elatus</i>     |   |   |    |   |    |    |    |    |      |       |
| machos (n=11)        | - | - | -  | - | 2  | 10 | 7  | 3  | 11   | 10-13 |
| hembras (n=9)        | 4 | 5 | 9  | - | -  | -  | -  | -  | 8    | 6-8   |
| juveniles (n=7)      | - | - | 6  | - | 1  | 2  | 4  | 1  | 12   | 8-13  |
| <i>Chactas exsul</i> |   |   |    |   |    |    |    |    |      |       |
| machos (n=6)         | - | 2 | 6  | 4 | -  | -  | -  | -  | 8    | 7-9   |
| hembras (n=9)        | 3 | 1 | 11 | 3 | -  | -  | -  | -  | 8    | 6-9   |
| juveniles (n=3)      | 4 | 2 | -  | - | -  | -  | -  | -  | 6    | 6-7   |

Tabla 10. Variación en conteo de dientes pectíneos de especies de *Centruroides* de Panamá.

|                        | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | moda   | rango |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|
| <i>C. panamensis</i>   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=6)           | -  | -  | -  | 2  | 2  | 5  | 3  | -  | -  | -  | -  | -  | 23     | 21-24 |
| hembras (n=5)          | 4  | 3  | 3  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 18     | 18-20 |
| <i>C. granosus</i>     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=10)          | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1  | 9  | 4  | 4  | -  | 2  | 25     | 24-29 |
| hembras (n=10)         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 10 | 5  | 5  | -  | -  | -  | 24     | 24-26 |
| <i>C. margaritatus</i> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=4)           | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 6  | -  | 2  | 27     | 27-29 |
| hembras (n=2)          | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | -  | 2  | -  | -  | NA     | 25-27 |
| <i>C. edwardsii</i>    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| hembras (n=1)          | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | -  | -  | NA     | 27    |
| <i>C. bicolor</i>      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=8)           | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1  | 2  | 8  | 5  | -  | 27     | 25-28 |
| hembras (n=13)         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1  | 3  | 10 | 6  | 5  | 1  | 26     | 24-29 |
| <i>C. limbatus</i>     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=7)           | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 4  | 7  | 3  | -  | -  | 26     | 25-27 |
| hembras (n=14)         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | 3  | 3  | -  | -  | -  | 25, 26 | 24-26 |

Tabla 11. Variación en conteo de dientes pectíneos de *Tityus ocelote* y *T. tayrona* de Panamá.

|                   | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | moda | Rango |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|------|-------|
| <i>T. ocelote</i> |    |    |    |    |    |    |    |    |      |       |
| machos (n=9)      | 8  | 4  | 5  | 1  | -  | -  | -  | -  | 12   | 12-15 |
| hembras (n=9)     | 7  | 11 | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 13   | 12-13 |
| <i>T. tayrona</i> |    |    |    |    |    |    |    |    |      |       |
| machos (n=8)      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 5  | 11 | 19   | 18-19 |
| hembras (n=17)    | -  | -  | -  | -  | 6  | 6  | 15 | 7  | 18   | 16-19 |

Tabla 12. Variación en conteo de dientes pectíneos de especies de *Tityus* de Panamá.

|                            | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | moda   | Rango |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|
| <i>T. cerroazul</i>        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=3)               | -  | -  | 3  | 3  | -  | -  | -  | -  | -  | 17, 18 | 17-18 |
| hembras (n=13)             | 2  | 3  | 15 | 2  | 3  | 1  | -  | -  | -  | 17     | 15-20 |
| <i>T. festae</i>           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=14)              | -  | -  | -  | -  | 2  | 5  | 16 | 3  | 2  | 21     | 19-23 |
| hembras (n=10)             | -  | -  | -  | -  | -  | 6  | 12 | 2  | -  | 21     | 20-22 |
| <i>T. championi</i>        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=5)               | -  | -  | 3  | 4  | 3  | -  | -  | -  | -  | 18     | 17-19 |
| hembras (n=6)              | -  | -  | 5  | 6  | 1  | -  | -  | -  | -  | 18     | 17-19 |
| <i>Tityus</i> sp. (Colón)  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=1)               | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 2  | -  | -  | 21     | 21    |
| hembras (n=17)             | -  | -  | -  | 1  | 3  | 16 | 13 | 1  | -  | 20     | 18-22 |
| <i>Tityus</i> sp. (Darién) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |
| machos (n=3)               | -  | -  | -  | 2  | -  | 2  | 2  | -  | -  | NA     | 18-21 |
| hembras (n=3)              | -  | -  | -  | -  | 1  | 2  | 3  | -  | -  | 21     | 19-21 |

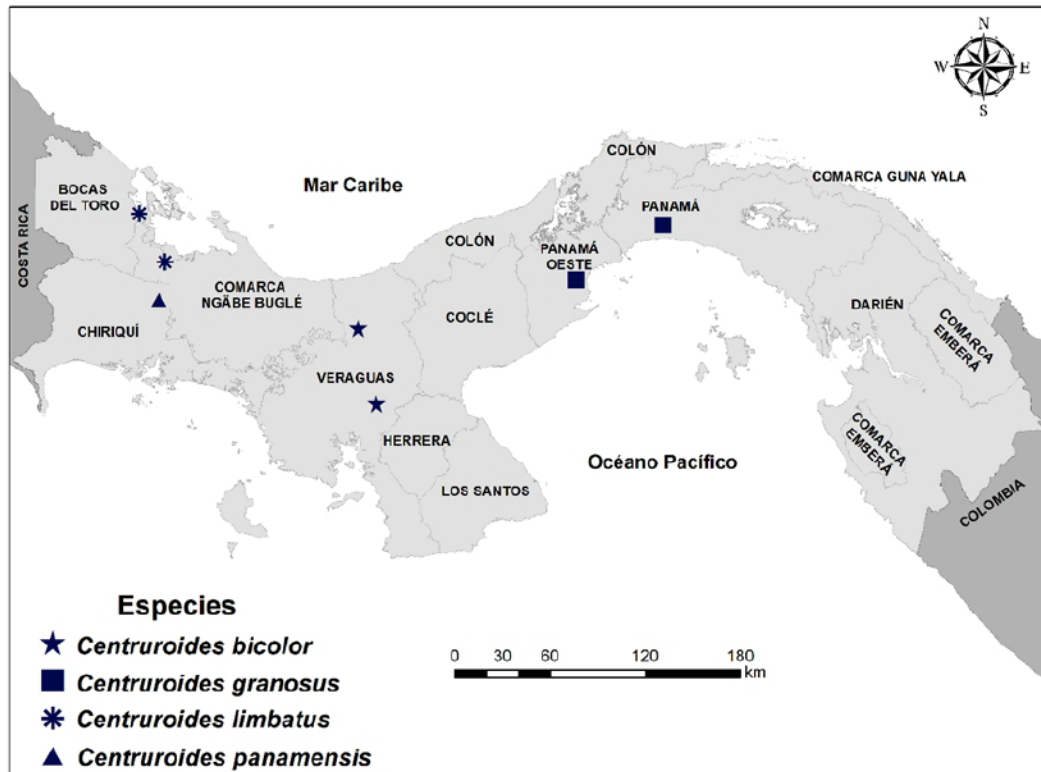


Figura 1. Localidades de recolecta de los escorpiones del género *Centruroides* de Panamá incluidos en análisis filogenético basado en las secuencias de la región C-terminal de COI.

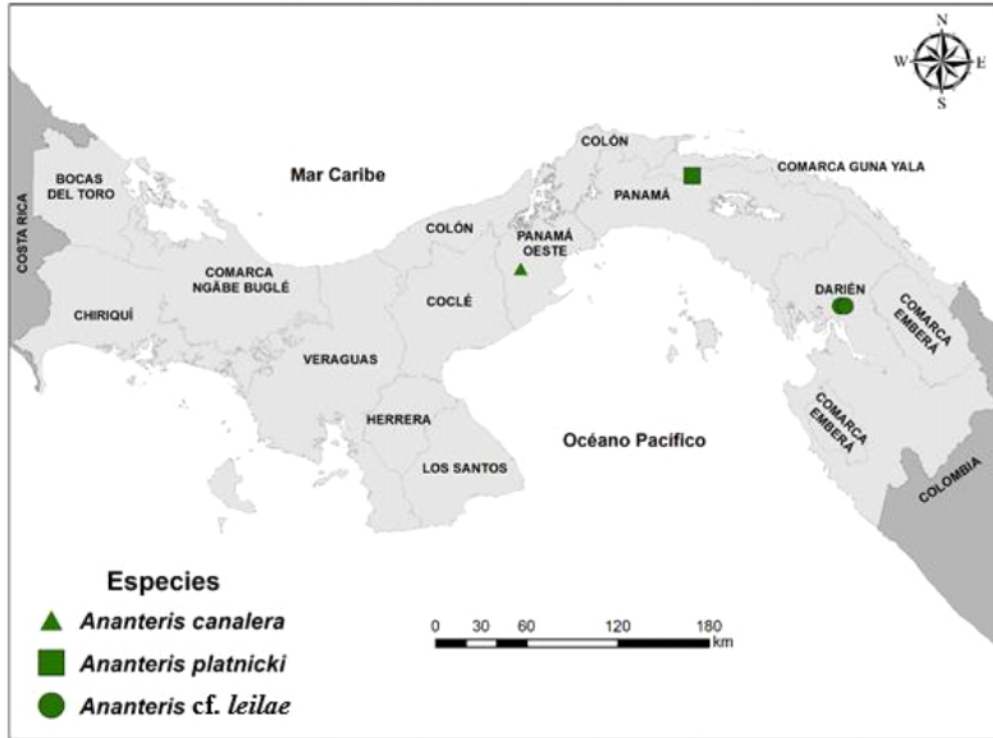


Figura 2. Localidades de recolecta de los escorpiones del género *Ananteris* de Panamá incluidos en análisis filogenético basado en las secuencias de la región C-terminal de COI.

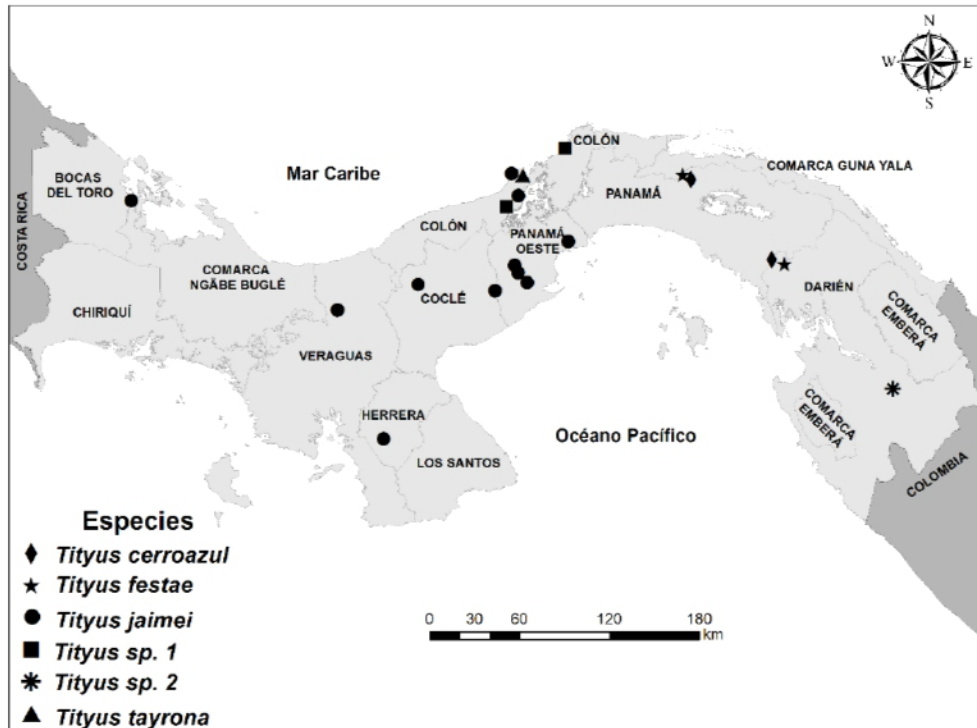


Figura 3. Localidades de recolecta de los escorpiones del género *Tityus* incluidos en análisis filogenético basado en las secuencias de la región C-terminal de COI.

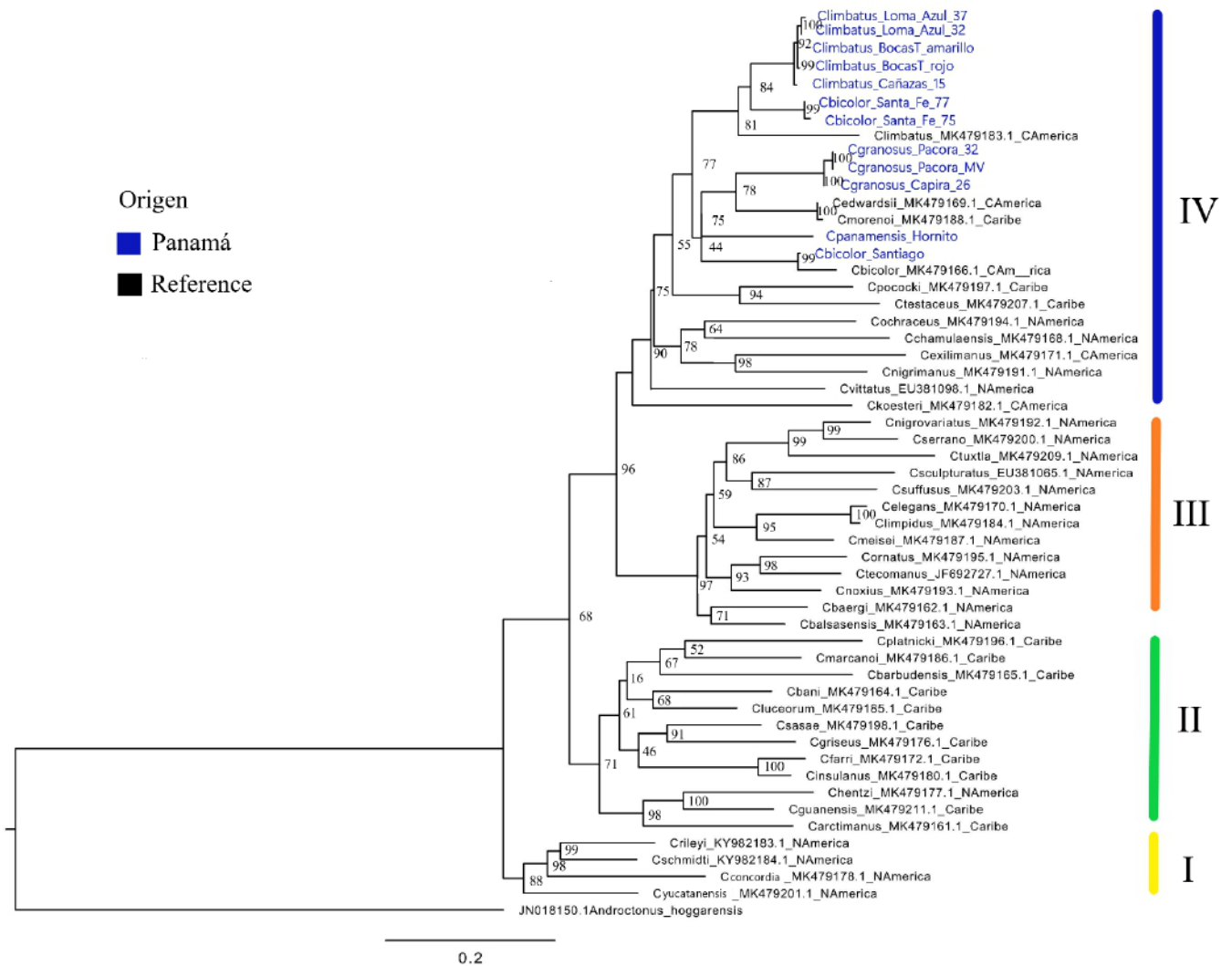
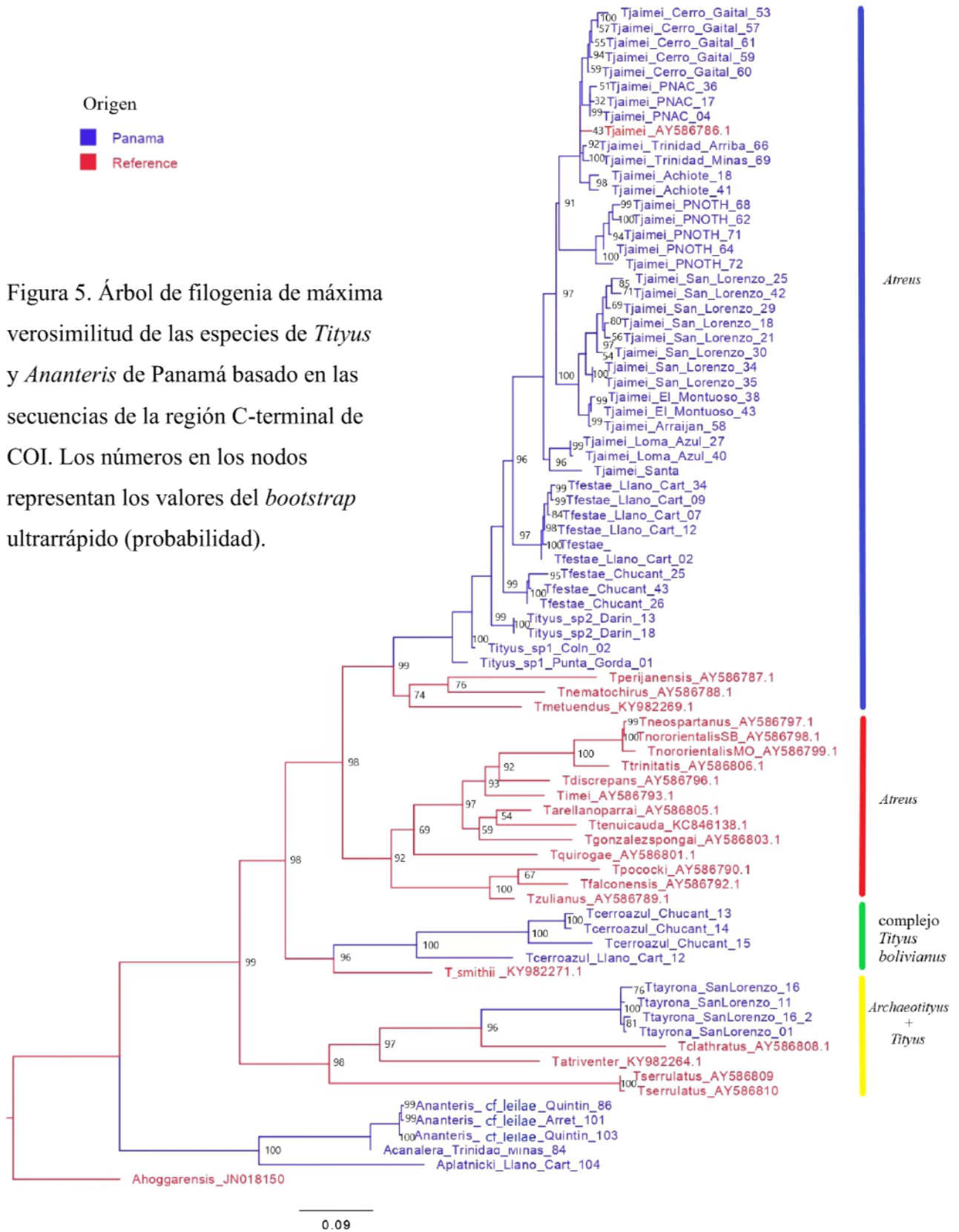


Figura 4. Árbol de filogenia de máxima verosimilitud de las especies de *Centruroides* de Panamá basado en las secuencias de la región C-terminal de COI. Los números en los nodos representan los valores del *bootstrap* ultrarrápido (probabilidad). Los clados en números romanos: I corresponde al clado “thorelli” descrito por Goodman *et al.* (2021a, b), II incluyen parte de las especies habitantes de las islas del Caribe; El clado III incluye principalmente especies del Oeste de México (norte y centro); en el clado IV agrupa las especies de Panamá junto con otras especies de Centroamérica y provenientes de las islas del Caribe.





Figuras 6-9. *Opisthacanthus elatus* (Hormuridae) con crías en el dorso (6) y vista dorsal (7).  
*Chactas exsul*, (Chactidae) hembra (8) y macho (9).



Figuras 10-15. Hembras de escorpiones del género *Ananteris*: *Ananteris canalera* (10, 12, 14) y *Ananteris platnicki* (11, 13, 15). Habito (10-11), carapacho (12-13), vista dorsal de pedipalpo (14-15).



Figuras 16-19. *Centruroides bicolor* macho (16) y hembra (17); *Centruroides limbatus* macho (18) y hembra (19).



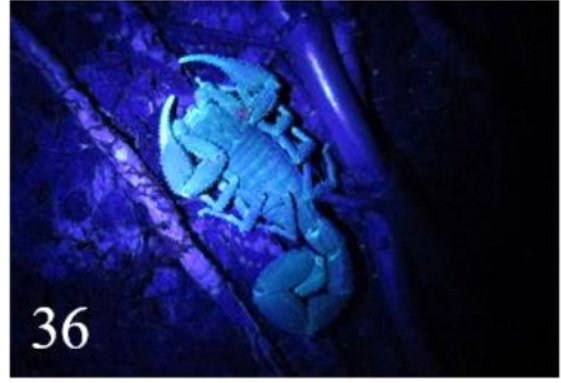
Figuras 20-25. Especies de *Centruroides* de Panamá: *C. granosus* hembra (20) y macho (21); *C. margaritatus* hembra (22) y macho (23); *C. edwardsii* hembra (24) vista dorsal de patela y pinza de pedipalpo (25); este ejemplar es un caso de introducción accidental y la especie no forma parte de la fauna de Panamá.



Figura 26-28. *Centruroides panamensis*: hembra sobre hojarasca (26); macho sobre corteza de árbol (27); hembra y macho con pinzas trabadas en recipiente plástico (28).



Figuras 29-34. *Tityus ocelote* hembra (29) y macho (30). *Tityus tayrona* (31-34): vista dorsal de hembra (31); vista dorsal de macho (32); hembra en hojarasca (33); macho depredando cucaracha (34).



Figuras 35-38. *Tityus cerroazul*: macho sobre corteza de árbol, bajo luz blanca (35) y bajo luz ultravioleta (36); macho recién mudado (37); hembra depredando grillo (38).



Figuras 39-42. *Tityus* spp.: *Tityus championi* hembra (39) y macho (40); *Tityus* sp.1 hembra (41); *Tityus* sp. 2 macho (42).



Figuras 43-48. *Tityus festae* (43, 45, 47) y *Tityus jaimeii* (44, 46, 48): vista dorsal de hembras (43-44); machos (45-46); detalle de pedipalpos de *T. festae* macho (47) vista antero-dorsal de *T. jaimeii* macho (48).

Tabla 13. Distribución por provincia de los escorpiones de Panamá, datos provenientes de islas se listan fuera de la unidad administrativa a la que pertenecen (provincias). Abreviaturas: Bocas del Toro (BT), Coclé (COC), Colón (COL), Chiriquí (CH), Darién (DA), Herrera (HE), Los Santos (LS), Panamá (PAN), Panamá Oeste (PO), Veraguas (V), Archipiélago de Bocas del Toro (ABT), Archipiélago de las Perlas (ADP), Isla Coiba (IC), Isla Ranchería (IR), Comarca Ngäbe Buglé (CNB).

| escorpión                                                            | distribución en Panamá, por provincia |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>CHACTIDAE</b>                                                     |                                       |
| <i>Chactas exsul</i> (Werner, 1939)                                  | COC, COL, DA, PAN, PO                 |
| <b>HORMURIDAE</b>                                                    |                                       |
| <i>Opisthacanthus elatus</i> (Gervais, 1844)                         | COL, DA, HE, PAN, PO                  |
| <b>BUTHIDAE</b>                                                      |                                       |
| <i>Ananteris canalera</i> Miranda & Armas, 2020                      | PO                                    |
| <i>Ananteris platnicki</i> Lourenço, 1993                            | BT, ABT, COC, PAN, PO, V              |
| <i>Ananteris</i> cf. <i>leilae</i>                                   | DA                                    |
| <i>Ananteris</i> cf. <i>platnicki</i>                                | DA                                    |
| <i>Centruroides bicolor</i> (Pocock, 1898)                           | CH, CNB, LS, V, IC, IR                |
| <i>Centruroides edwardsii</i> (Gervais, 1843)                        | PAN                                   |
| <i>Centruroides granosus</i> (Thorell, 1876)                         | COC, HE, DA, LS, PAN, PO, V           |
| <i>Centruroides limbatus</i> (Pocock, 1898)                          | BT, ABT                               |
| <i>Centruroides margaritatus</i> (Gervais, 1841)                     | PAN                                   |
| <i>Centruroides panamensis</i> Quintero & Esposito, 2014             | CH                                    |
| <i>Isometrus maculatus</i> (DeGeer, 1778)                            | PAN                                   |
| <i>Tityus (Archaeotityus) ocelote</i> Francke & Stockwell, 1987      | BT, COL, PAN, PO, V, IC, IR           |
| <i>Tityus (Archaeotityus) tayrona</i> Lourenço, 1991                 | COL, CH, DA, PAN, PO                  |
| <i>Tityus (Atreus) championi</i> Pocock, 1898                        | CH                                    |
| <i>Tityus (Atreus) festae</i> Borelli, 1899                          | DA, PAN                               |
| <i>Tityus (Atreus) jamei</i> Miranda, Bermúdez, Flórez & Armas, 2020 | BT, COC, COL, HE, PAN, PO, V          |
| <i>Tityus (Atreus)</i> sp.1                                          | COL, PAN                              |
| <i>Tityus (Atreus)</i> sp. 2                                         | DA                                    |
| <i>Tityus (Tityus) cerroazul</i> Lourenço, 1986                      | COL, COC, DA, PAN, PO                 |

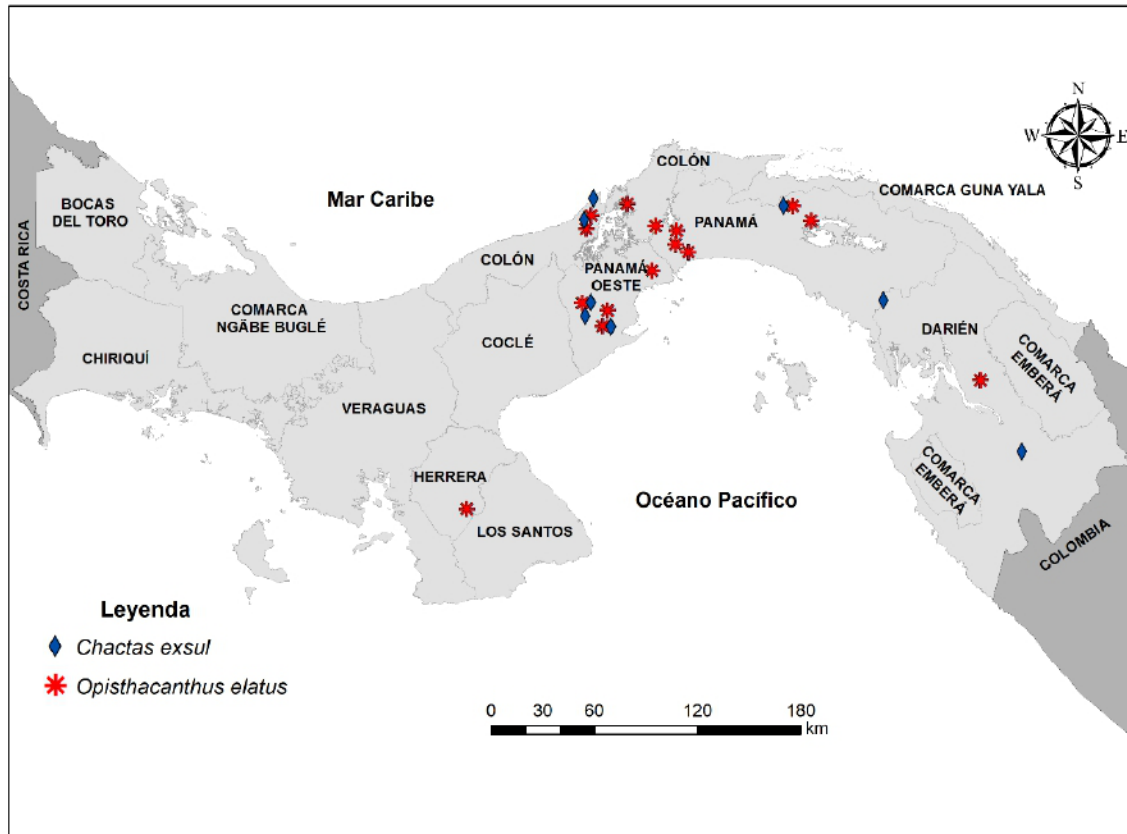


Figura 49. Mapa de distribución de *Chactas exsul* (Chactidae) y *Opisthacanthus elatus* (Hormuridae) en Panamá, basado en el material revisado.

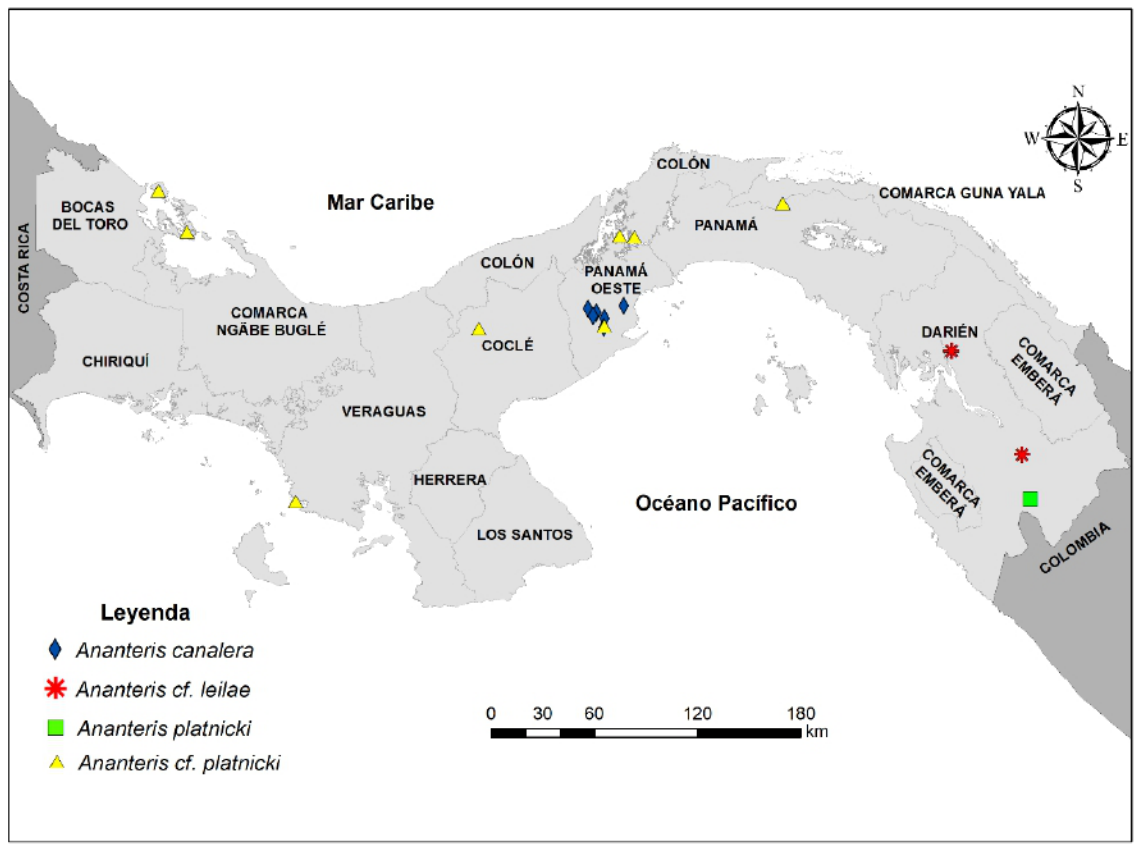


Figura 50. Mapa de distribución de escorpiones del género *Ananteris* (Buthidae) en Panamá, basado en el material revisado e información de Miranda & Armas, 2020.

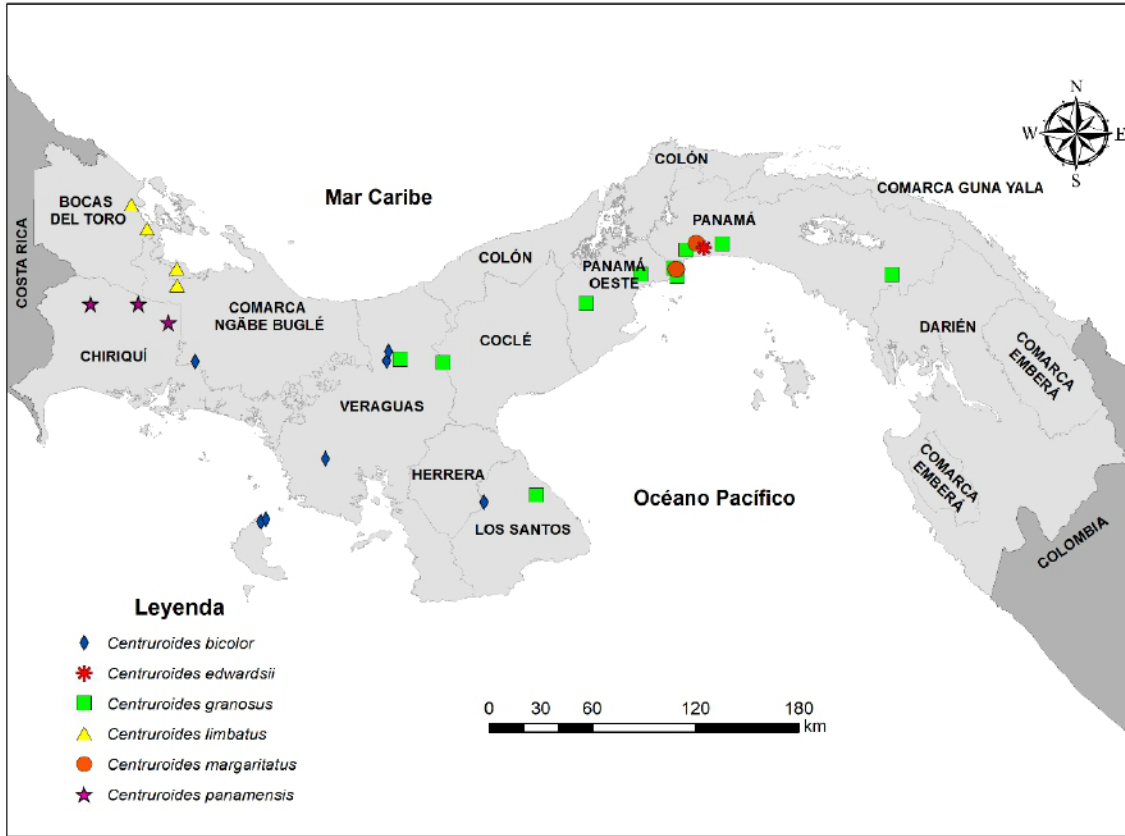


Figura 51. Mapa de distribución de escorpiones del género *Centruroides* (Buthidae) en Panamá, basado en el material revisado.

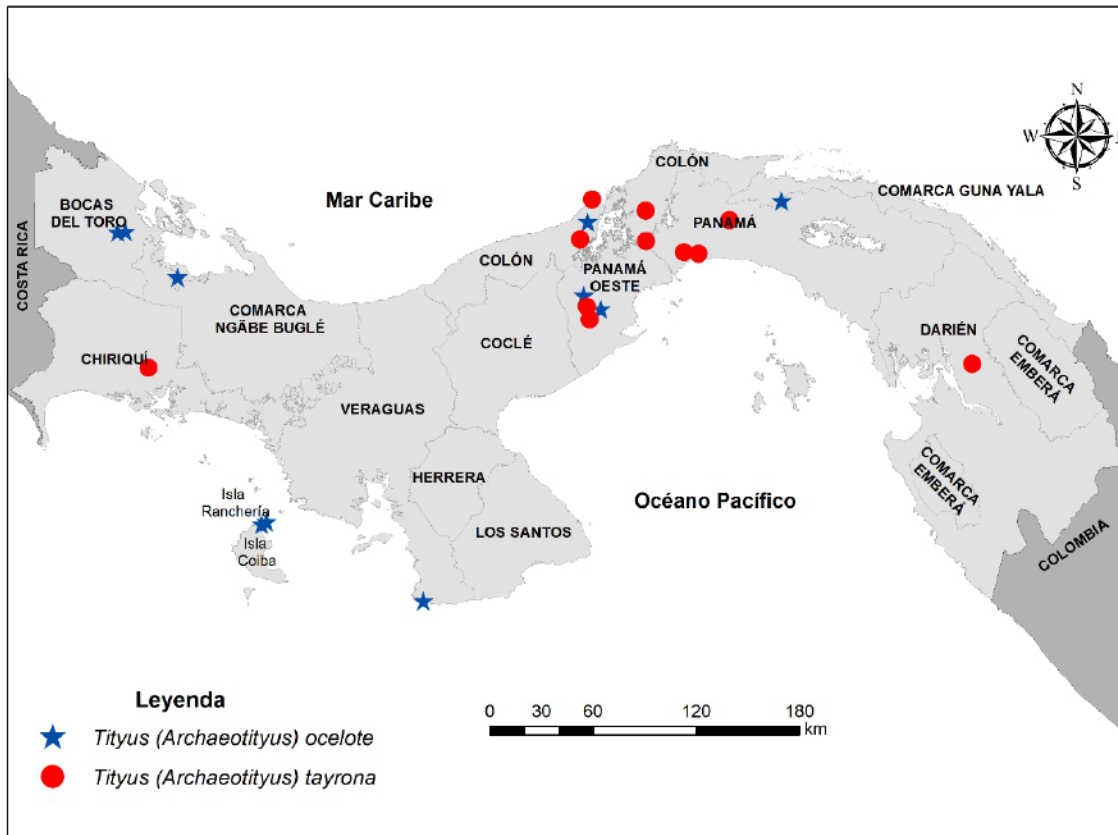


Figura 52. Mapa de distribución de escorpiones del género *Tityus*, subgénero *Archaeotityus* (Buthidae) en Panamá, basado en el material revisado.

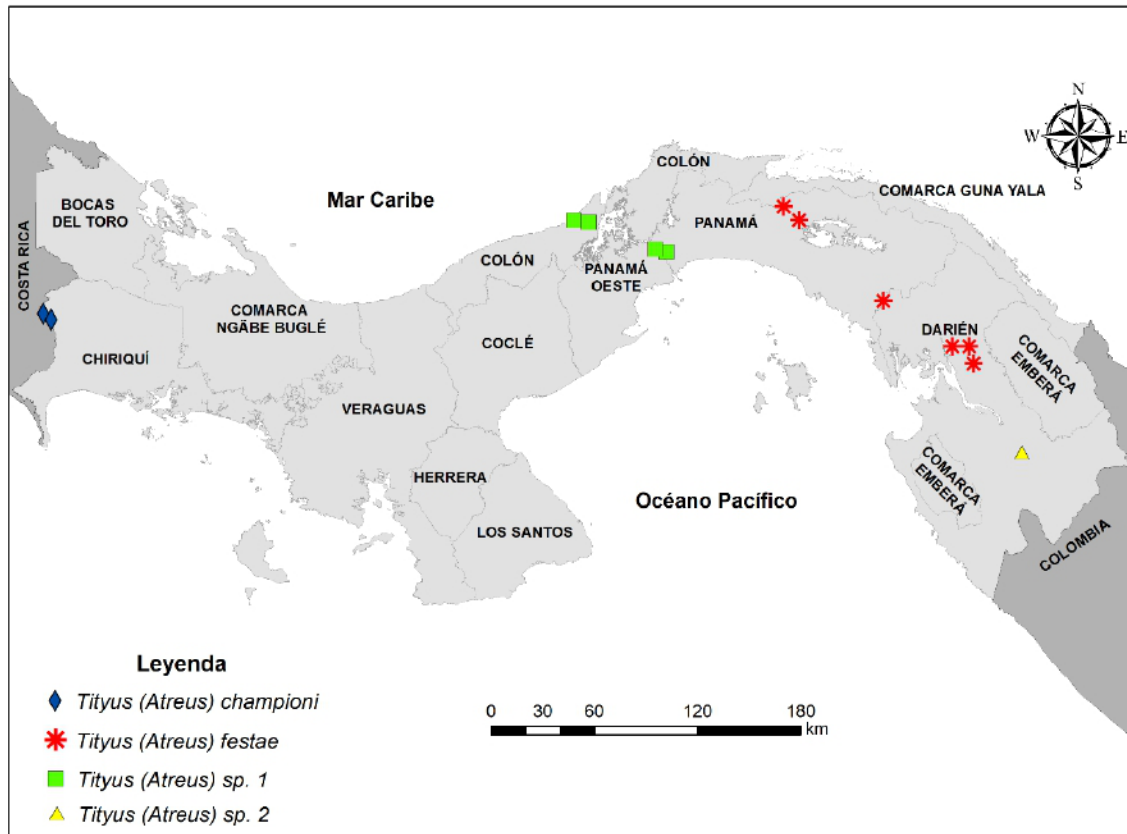


Figura 53. Mapa de distribución de escorpiones del género *Tityus*, subgénero *Atreus* (Buthidae) en Panamá, basado en el material revisado.

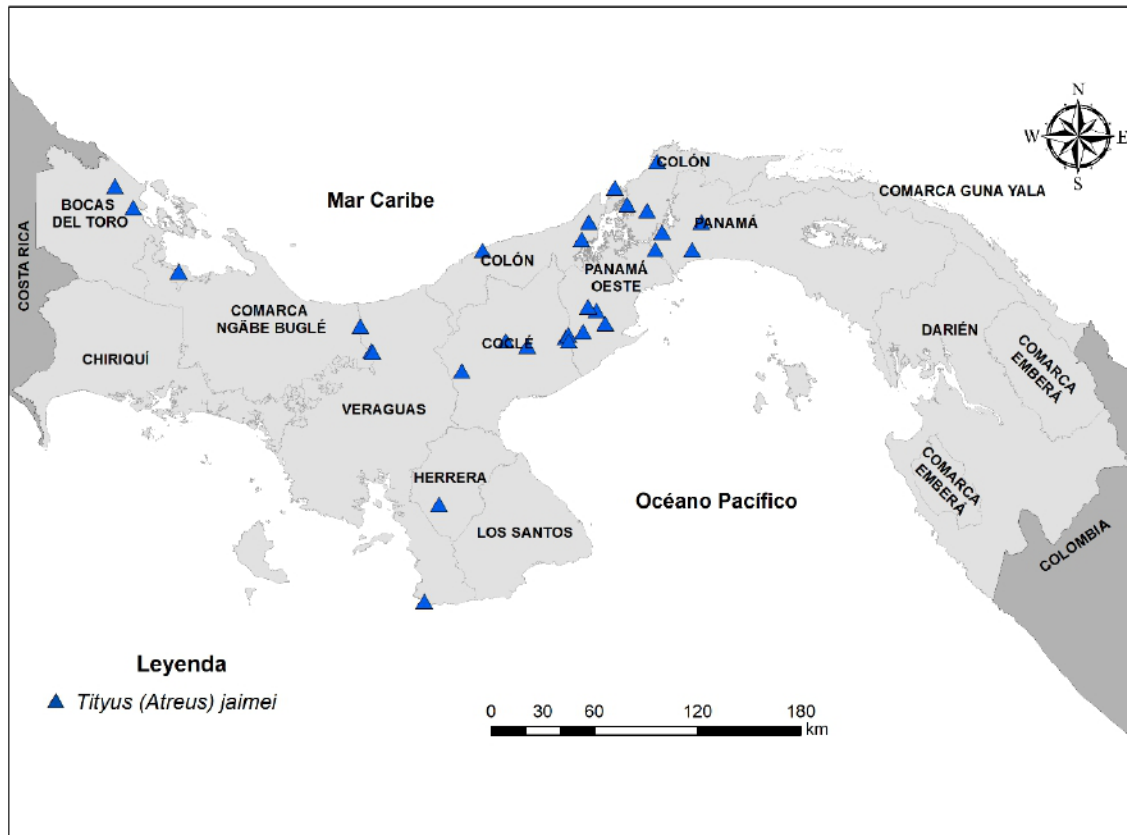


Figura 54. Mapa de distribución de *Tityus (Atreus) jaimeii* (Buthidae) en Panamá, basado en el material revisado.

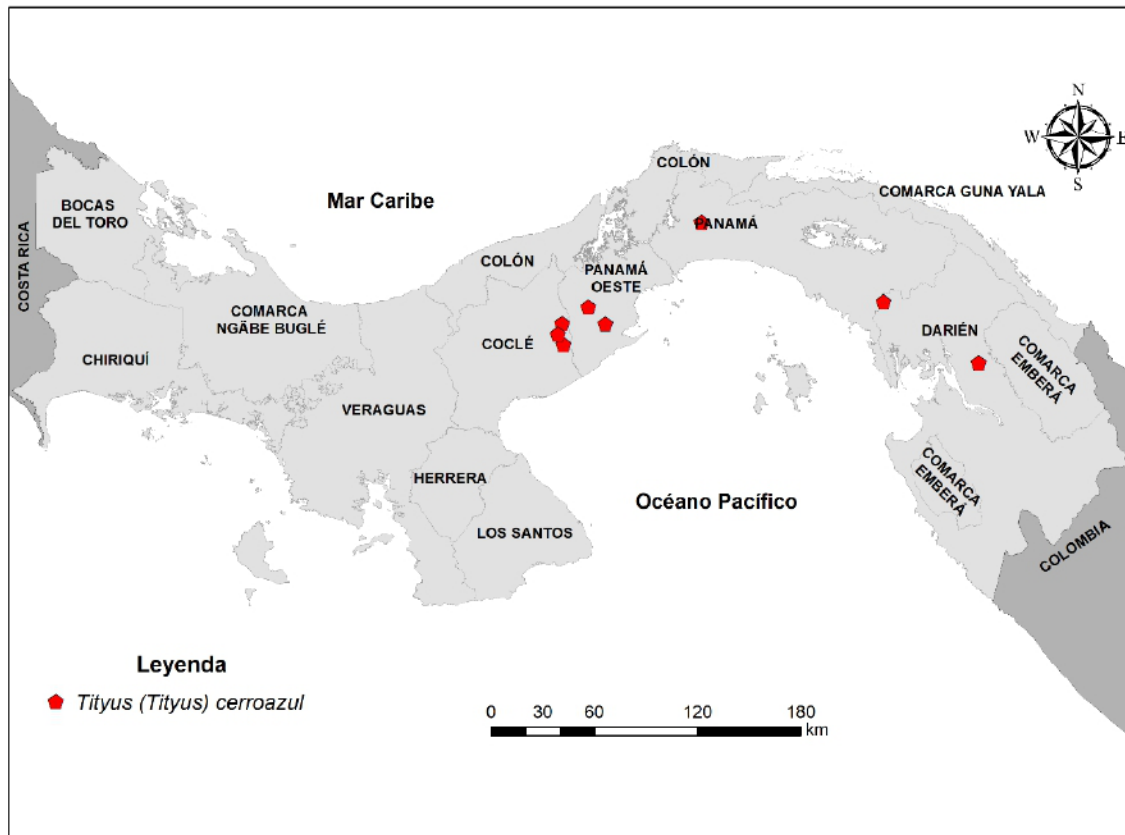


Figura 55. Mapa de distribución de *Tityus (Tityus) cerroazul* (Buthidae) en Panamá, basado en el material revisado.

## Anexos

**Anexo 1.** Tabla de coordenadas de las localidades de colecta de los escorpiones del género

*Centruroides* usados en análisis filogenético con gen codificante del COI.

| Especie                        | código                    | Provincia      | Latitud  | Longitud   |
|--------------------------------|---------------------------|----------------|----------|------------|
| <i>Centruroides bicolor</i>    | Cbicolor_Santa_Fe_77      | Veraguas       | 8.514830 | -81.076810 |
| <i>Centruroides bicolor</i>    | Cbicolor_Santa_Fe_75      | Veraguas       | 8.514830 | -81.076810 |
| <i>Centruroides bicolor</i>    | Cbicolor_Santiago         | Veraguas       | 8.084495 | -80.972674 |
| <i>Centruroides granosus</i>   | Cgranosus_Capira_26       | Panamá Oeste   | 8.793980 | -79.827130 |
| <i>Centruroides granosus</i>   | Cgranosus_Pacora_32       | Panamá         | 9.102088 | -79.325169 |
| <i>Centruroides granosus</i>   | Cgranosus_Pacora_MV       | Panamá         | 9.102088 | -79.325169 |
| <i>Centruroides limbatus</i>   | Climbatus_Loma_Azul_37    | Bocas del Toro | 9.168277 | -82.333570 |
| <i>Centruroides limbatus</i>   | Climbatus_Loma_Azul_32    | Bocas del Toro | 9.168277 | -82.333570 |
| <i>Centruroides limbatus</i>   | Climbatus_Cañazas_15      | Bocas del Toro | 8.893350 | -82.185360 |
| <i>Centruroides limbatus</i>   | Climbatus_BocasT_amarillo | Bocas del Toro | 8.893350 | -82.185250 |
| <i>Centruroides limbatus</i>   | Climbatus_BocasT_rojo     | Bocas del Toro | 9.168277 | -82.333570 |
| <i>Centruroides panamensis</i> | Cpanamensis_Hornito       | Chiriquí       | 8.675811 | -82.217975 |

**Anexo 2.** Tabla de coordenadas de las localidades de colecta de los escorpiones del género *Ananteris* usados en análisis filogenético con gen codificante del COI

| Especie                            | nombre                      | Provincia    | Latitud  | Longitud   |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------|------------|
| <i>Ananteris canalera</i>          | Acanalera_Trinidad_Minas_84 | Panamá Oeste | 8.772690 | -80.011570 |
| <i>Ananteris</i> cf. <i>leilae</i> | Ananteris_sp_Quintin_86     | Darién       | 8.541140 | -78.099750 |
| <i>Ananteris</i> cf. <i>leilae</i> | Ananteris_sp_Arretí_101     | Darién       | 8.542150 | -78.071120 |
| <i>Ananteris</i> cf. <i>leilae</i> | Ananteris_sp_Quintin_103    | Darién       | 8.541140 | -78.099750 |
| <i>Ananteris platnicki</i>         | Aplatnicki_Llano_Cartí_104  | Panamá       | 9.322130 | -78.981660 |

**Anexo 3.** Tabla de coordenadas de las localidades de colecta de los escorpiones del género *Tityus* usados en análisis filogenético con gen codificante del COI.

| Especie                 | código                    | Provincia | Latitud  | Longitud   |
|-------------------------|---------------------------|-----------|----------|------------|
| <i>Tityus cerroazul</i> | Tcerroazul_Llano_Cartí_12 | Panamá    | 9.322130 | -78.981660 |
| <i>Tityus cerroazul</i> | Tcerroazul_Chucantí_13    | Darién    | 8.805535 | -78.444620 |
| <i>Tityus cerroazul</i> | Tcerroazul_Chucantí_14    | Darién    | 8.805535 | -78.444620 |
| <i>Tityus cerroazul</i> | Tcerroazul_Chucantí_15    | Darién    | 8.805535 | -78.444620 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Llano_Cartí_34    | Panamá    | 9.322130 | -78.981660 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Llano_Cartí_98    | Panamá    | 9.322130 | -78.981660 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Llano_Cartí_07    | Panamá    | 9.322130 | -78.981660 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Llano_Cartí_02    | Panamá    | 9.322130 | -78.981660 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Llano_Cartí_09    | Panamá    | 9.322130 | -78.981660 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Llano_Cartí_12    | Panamá    | 9.322130 | -78.981660 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Chucantí_26       | Darién    | 8.805535 | -78.444620 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Chucantí_43       | Darién    | 8.805535 | -78.444620 |
| <i>Tityus festae</i>    | Tfestae_Chucantí_25       | Darién    | 8.805535 | -78.444620 |
| <i>Tityus</i> sp. 1     | Tityus_sp1_Punta_Gorda_01 | Colón     | 9.483611 | -79.699617 |
| <i>Tityus</i> sp. 1     | Tityus_sp1_Colón_02       | Colón     | 9.125204 | -80.022120 |
| <i>Tityus</i> sp. 2     | Tityus_sp2_Darién_13      | Darién    | 8.022842 | -77.718050 |
| <i>Tityus</i> sp. 2     | Tityus_sp2_Darién_18      | Darién    | 8.022842 | -77.718050 |
| <i>Tityus tayrona</i>   | Ttayrona_San_Lorenzo_16_2 | Colón     | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus tayrona</i>   | Ttayrona_San_Lorenzo_01   | Colón     | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus tayrona</i>   | Ttayrona_San_Lorenzo_11   | Colón     | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus tayrona</i>   | Ttayrona_San_Lorenzo_16   | Colón     | 9.325936 | -79.988265 |

**Anexo 4.** Tabla Coordenadas de las localidades de colecta de los ejemplares de *Tityus jaime* usados en análisis filogenético con gen codificante del COI

| especie             | código                    | Provincia      | Latitud  | Longitud   |
|---------------------|---------------------------|----------------|----------|------------|
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Loma_Azul_27       | Bocas del Toro | 9.168277 | -82.333570 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Loma_Azul_40       | Bocas del Toro | 9.168277 | -82.333570 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Santa_Fe_16        | Veraguas       | 8.511660 | -81.081850 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_El_Montuoso_38     | Herrera        | 7.732590 | -80.801260 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_El_Montuoso_43     | Herrera        | 7.732590 | -80.801260 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Arraijan_58        | Panamá Oeste   | 8.922028 | -79.679569 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Trinidad_Arriba_66 | Panamá Oeste   | 8.735560 | -79.985480 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Trinidad_Minas_69  | Panamá Oeste   | 8.778840 | -80.005840 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_PNAC_36            | Panamá Oeste   | 8.675800 | -79.930050 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_PNAC_04            | Panamá Oeste   | 8.675800 | -79.930050 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_PNAC_17            | Panamá Oeste   | 8.675800 | -79.930050 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Achiote_18         | Colón          | 9.199100 | -79.981150 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Achiote_41         | Colón          | 9.199100 | -79.981150 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_18     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_21     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_25     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_29     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_30     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_34     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_35     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_San_Lorenzo_42     | Colón          | 9.325936 | -79.988265 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Cerro_Gaital_59    | Coclé          | 8.626197 | -80.125641 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Cerro_Gaital_53    | Coclé          | 8.626197 | -80.125641 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Cerro_Gaital_57    | Coclé          | 8.626197 | -80.125641 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Cerro_Gaital_60    | Coclé          | 8.626197 | -80.125641 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_Cerro_Gaital_61    | Coclé          | 8.626197 | -80.125641 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_PNOTH_62           | Coclé          | 8.665265 | -80.591343 |
| <i>Tityus jaime</i> | Tjaime_PNOTH_64           | Coclé          | 8.665265 | -80.591343 |

| continuación          |                   |       |          |            |
|-----------------------|-------------------|-------|----------|------------|
| <i>Tityus jaimeii</i> | Tjaimeii_PNOTH_71 | Coclé | 8.665265 | -80.591343 |
| <i>Tityus jaimeii</i> | Tjaimeii_PNOTH_72 | Coclé | 8.665265 | -80.591343 |
| <i>Tityus jaimeii</i> | Tjaimeii_PNOTH_68 | Coclé | 8.665265 | -80.591343 |

**Anexo 5.** Tabla de códigos de secuencias de COI de especies de *Centruroides* GenBank incluidos en análisis filogenético. \*No presenta literatura asociada.

| Especie                           | códigos de acceso | Región                | referencia                    |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <i>Centruroides arctimanus</i>    | MK479161.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides baergi</i>        | MK479162.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides balsasensis</i>   | MK479163.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides bani</i>          | MK479164.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides barbudensis</i>   | MK479165.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides bicolor</i>       | MK479166.1        | América Central       | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides chamulaensis</i>  | MK479168.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides edwardsii</i>     | MK479169.1        | América Central       | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides elegans</i>       | MK479170.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides exilimanus</i>    | MK479171.1        | América Central       | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides farri</i>         | MK479172.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides griseus</i>       | MK479176.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides guanensis</i>     | MK479211.1        | Norteamérica y Caribe | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides hentzi</i>        | MK479177.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides hoffmanni</i>     | MK479178.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides insulanus</i>     | MK479180.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides koesteri</i>      | MK479182.1        | América Central       | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides limbatus</i>      | MK479183.1        | América Central       | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides limpidus</i>      | MK479184.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides luceorum</i>      | MK479185.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides marcanoii</i>     | MK479186.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides meisei</i>        | MK479187.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides morenoi</i>       | MK479188.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides nigrimanus</i>    | MK479191.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides nigrovariatus</i> | MK479192.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides noxius</i>        | MK479193.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides ochraceus</i>     | MK479194.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides ornatus</i>       | MK479195.1        | Norteamérica          | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides platnicki</i>     | MK479196.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides pococki</i>       | MK479197.1        | Caribe                | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides rileyi</i>        | KY982183.1        | Norteamérica          | Esposito <i>et al.</i> , 2018 |

| continuación                     |            |              |                               |
|----------------------------------|------------|--------------|-------------------------------|
| <i>Centruroides sasae</i>        | MK479198.1 | Caribe       | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides schmidti</i>     | KY982184.1 | Norteamérica | Esposito <i>et al.</i> , 2018 |
| <i>Centruroides sculpturatus</i> | EU381065.1 | Norteamérica | Yamashita & Rhoads, 2013      |
| <i>Centruroides serrano</i>      | MK479200.1 | Norteamérica | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides sissomi</i>      | MK479201.1 | Norteamérica | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides suffusus</i>     | MK479203.1 | Norteamérica | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides tecomanus</i>    | JF692727.1 | Norteamérica | *Valdez-Velazquez y col.      |
| <i>Centruroides testaceus</i>    | MK479207.1 | Caribe       | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides tuxtla</i>       | MK479209.1 | Norteamérica | Esposito & Prendini, 2019     |
| <i>Centruroides vittatus</i>     | EU381098.1 | Norteamérica | Yamashita & Rhoads, 2013      |

**Anexo 6.** Tabla de códigos de secuencias COI de escorpiones tomadas de GenBank para análisis filogenético de Buthidae (*Ananteris* y *Tityus*) de Panamá.

| Especie                        | códigos de acceso | Distribución                | referencia                   |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Androctonus hoggarensis</i> | JN018150          | Argelia                     | Arabi et al. 2012            |
| <i>Tityus serrulatus</i>       | AY586809          | Brasil                      | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus serrulatus</i>       | AY586810          | Brasil                      | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus pachyurus</i>        | AY586786.1        | Panamá                      | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus perijanensis</i>     | AY586787.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus nematochirus</i>     | AY586788.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus zulianus</i>         | AY586789.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus pococki</i>          | AY586790.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus falconensis</i>      | AY586792.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus imei</i>             | AY586793.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus discrepans</i>       | AY586796.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus neospartanus</i>     | AY586797.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus nororientalis</i>    | AY586798.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus nororientalis</i>    | AY586799.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus quirogae</i>         | AY586801.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus gonzalezspongai</i>  | AY586803.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus arellanoparrai</i>   | AY586805.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus trinitatis</i>       | AY586806.1        | Trinidad y Tobago           | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus tenuicauda</i>       | KC846138.1        | Trinidad y Tobago           | Cornejo-Escobar et al., 2013 |
| <i>Tityus metuendus</i>        | KY982269.1        | Guyana y Perú               | Esposito et al., 2018        |
| <i>Tityus clathratus</i>       | AY586808.1        | Venezuela                   | Borges et al., 2010          |
| <i>Tityus atriventer</i>       | KY982264.1        | Granada                     | Esposito et al., 2018        |
| <i>Tityus pictus microdon</i>  | KY982271.1        | S. Vicente y las Granadinas | Esposito et al., 2018        |



## CAPÍTULO 2. EFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DE HÁBITAT SOBRE LAS COMUNIDADES DE ESCORPIONES EN TRES LOCALIDADES DEL CORREGIMIENTO DE EL CACAO, DISTRITO DE CAPIRA, PANAMÁ OESTE.

### Resumen

Se evaluaron los efectos de la FH sobre la composición de las comunidades de escorpiones en tres fragmentos de bosque en El Cacao, Capira, Panamá Oeste (F1= Trinidad Arriba; F2= Aguacate; F3= Trinidad de las Minas. Diversidad alfa y beta, densidad y distribución vertical se obtuvieron de las comunidades de escorpiones presentes en cuatro niveles de parcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 X 20 m) de acuerdo a un gradiente respecto a edificaciones humanas y al fragmento de bosque en cada localidad: niveles 1 y 2 en la matriz circundante y niveles 3 y 4 dentro de los fragmentos de bosque, todo trabajado por triplicado (4 niveles X 3 réplicas X 3 fragmentos= 36 parcelas). Los muestreos se llevaron a cabo en marzo (estación seca) y agosto (estación lluviosa) de 2018. Datos complementarios se obtuvieron en marzo y agosto de 2019, de las parcelas “Otoe” y “Limón” en las que se evaluó además de la diversidad, el desplazamiento horizontal y la distribución vertical de escorpiones en la vegetación. Se recolectaron 362 escorpiones: F1 (152), F2 (84) y F3 (126) pertenecientes a ocho especies. Los valores de los índices de diversidad alfa de las comunidades de escorpiones fueron similares entre localidades, pero no entre los niveles. El recambio de especies fue de alrededor de 0.5 (índice de Whittaker) entre los niveles de la matriz circundante y aquellos dentro de los fragmentos de bosque. Las especies más abundantes dentro de los fragmentos de bosque fueron *Opisthacanthus elatus* y *Tityus jaimeii*, mientras que la más abundante y dominante en los niveles de la matriz fue *Tityus tayrona*. *Opisthacanthus elatus* y *Chactas exsul* son los escorpiones más afectados por la FH en El Cacao, probablemente por la quema de la vegetación. Parasitismo por nematodos, un caso de pasaristoidismo por mosca Sarcophagidae y ácaros foréticos sobre escorpiones son reportados entre las interacciones observadas en nuestro estudio.

## **Introducción**

La fragmentación de hábitat (FH) es la subdivisión de un hábitat natural o ecosistema en pedazos más pequeños (Jackson & Fahrig, 2013). Como resultado ocurre un aumento en el número de fragmentos de menor tamaño y un aumento en el aislamiento de los fragmentos. De esta forma, los fragmentos quedan rodeados por una matriz con nuevas características ambientales, lo que implica cambios en los factores abióticos que pueden no ser adecuados para las especies nativas del hábitat original (Bestion *et al.*, 2019).

El sustento teórico de la FH está basado en las teorías de Biogeografía de Islas y la Teoría de dinámicas de Metapoblación (MacArthur & Wilson, 1967; Levins, 1969). La primera se enfoca en el tamaño de los fragmentos y su efecto sobre el número de especies que albergan, tomando en cuenta la tasa de colonización y extinción de las especies. Por otro lado, la segunda se enfoca en la conectividad e intercambio entre poblaciones de una especie a través de una red de fragmentos (Levins, 1969; Mullu, 2016).

La FH constituye una de las principales amenazas a la biodiversidad a nivel mundial, más aún cuando se analizan sus efectos en sinergia con la degradación de la calidad de hábitat (Heinrichs *et al.*, 2016) y con el cambio climático (Mantyka-Pringle *et al.*, 2012; Segan *et al.*, 2016). Los efectos negativos sobre los organismos en los hábitats fragmentados incluyen la reducción en el tamaño de las poblaciones, disminución en el éxito reproductivo, disminución en la diversidad genética e interrupción en el flujo genético, reducción en la diversidad de organismos, así como la simplificación de las redes tróficas, y en algunos casos, la extinción a nivel local (Solé *et al.*, 2004).

La reducción de cobertura de bosques naturales y cambios en el uso de tierra ocurre a nivel mundial, sin embargo, es más marcado en Latinoamérica (FAO & JRC, 2012). Aunque estos cambios pueden ocurrir por eventos naturales, las actividades humanas como la agricultura, ganadería y el desarrollo urbanístico constituyen la principal causa de la fragmentación de hábitat (Pardini *et al.*, 2017).

Los efectos de la FH no son iguales para todos los organismos. Estos efectos dependen de las características y requerimientos propios de las especies o grupo funcionales objetos de estudio. Aquellas especies especialistas son más propensas a sufrir los efectos de la fragmentación y pérdida de hábitat que las especies con necesidades más generales. Igualmente, se espera que aquellas especies con baja capacidad de dispersión sean más afectadas por la FH (Cagnolo *et al.*, 2009; Leal *et al.*, 2012).

Los artrópodos constituyen un grupo de gran importancia en el funcionamiento de los distintos ecosistemas, debido a su diversidad y abundancia. Grupos de especies o grupos funcionales que cumplen tareas de polinización y ciclo de nutrientes en el suelo han sido sujetos de investigaciones sobre fragmentación de hábitat (Medianero *et al.*, 2007). Otros estudios tienen enfoques sobre interacciones de especies multitróficas y examinan el grado de afectación debido a la FH (Evans *et al.*, 2013; Benítez-Malvido *et al.*, 2016).

Los escorpiones conforman un grupo de artrópodos de presencia muy antigua en el planeta (Dunlop *et al.*, 2017). Son depredadores de hábitos nocturnos, presentes en todos los continentes, excepto en la Antártida. La mayoría de las especies de escorpiones viven

en zonas tropicales y subtropicales del planeta, ocupando variados ecosistemas que van desde desiertos hasta selvas tropicales (Lourenço, 2015). Estos arácnidos muestran una marcada preferencia por microhábitats, habiendo especies que viven sobre o dentro del suelo y aquellas asociadas a la vegetación (Polis, 1990).

Gran parte de la información ecológica de los escorpiones proviene de estudios realizados en ambientes desérticos (Polis, 1990; Agosto *et al.*, 2006; Araujo *et al.*, 2010). Aunque menos información se ha producido sobre la ecología de escorpiones en bosques neotropicales, poco a poco de avanza en estudios de diversidad local, diversidad entre ambientes, interacciones ecológicas, variaciones estacionales y efectos de fragmentación de hábitats (Yamaguti & Pinto-da-Rocha, 2006; Lira *et al.*, 2016; Blasco-Aróstegui *et al.*, 2020).

Para el período entre 2008-2016 la cobertura de bosques de Panamá abarcaba el 40 % de la superficie total del país. Para este mismo período la tasa de deforestación se calculó en un 6 %, amenazada principalmente por actividades antrópicas (ANAM, 2014, Informe del estado del ambiente). A pesar de lo antes mencionado, la información sobre la ecología de escorpiones es escasa y dispersa, y se carece de estudios sobre los efectos que la fragmentación de hábitat tiene en este grupo de arácnidos. Una valiosa herramienta para evaluar los efectos de la fragmentación de hábitat es a través de la estimación de la diversidad específica y la determinación de la composición de comunidades de organismos (Legendre *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la hipótesis que la fragmentación de bosque tropical provoca cambios en la composición de las comunidades de escorpiones, al reducir la distribución local de las especies susceptibles, y favorecer la colonización de las especies oportunistas; y al modificar las interacciones ecológicas con otros organismos. Este trabajo de investigación se realizó en tres localidades del Corregimiento de El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

Nuestro estudio se realizó en fragmentos de bosque ubicados en el corregimiento de El Cacao en el distrito de Capira, provincia de Panamá Oeste, el cual tiene una superficie de 177.1 km<sup>2</sup>. Panamá Oeste se encuentra ubicada en la vertiente del Pacífico, y presenta un clima con una estación lluviosa que va de mayo a noviembre, siendo octubre y noviembre los meses más lluviosos, y una estación seca durante los meses de diciembre a abril (ETESA, Hidrometeorología) (Figura 1A).

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen-Geiger el área de estudio presenta un clima de selva ecuatorial completamente húmeda (Kottek et al. 2006). La dimensión aproximada de cada fragmento fue calculada utilizando Google Earth Pro<sup>®</sup> (Figura 1B). Esta área forma parte de la cuenca del Canal de Panamá y al igual que gran parte de la vertiente del Pacífico ha sido afectada por la actividad humana (Condit *et al.*, 2001), por lo que cada localidad escogida presentaba asentamientos humanos (principalmente casas dispersas) y actividad agrícola y/o pecuaria en su

periferia.

Para fines prácticos se definen algunos términos que se utilizarán a lo largo de este capítulo:

- Fragmento (F): es la porción con cobertura boscosa en cada una de las tres localidades o poblados en los que se trabajó: Trinidad Arriba (F1), Aguacate (F2) y Trinidad de las Minas (F3) (Tabla 1)
- matriz (M): se refiere al área circundante al fragmento de bosque, transformada por actividad humana.
- Parcela: es la unidad muestral, con una superficie de suelo de 400 metros cuadrados (20 X 20 m)
- nivel: se refiere a la ubicación relativa de las parcelas respecto al fragmento de bosque. Va de 1 a 4, siendo el nivel 1 el más alejado del fragmento de bosque y el nivel 4, el más interno en el bosque.

Se utilizaron parcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 X 20 m), en cuatro niveles, siguiendo un gradiente desde las edificaciones humanas hasta los fragmentos de bosque a distancias de 50 y 150 m entre parcelas. En cada fragmento se trabajó con tres réplicas (3 fragmentos X 4 niveles X 3 réplicas = 36 parcelas) (Figura 2). Las parcelas se clasificaron de acuerdo a la composición de la vegetación presente en ellas (Ibáñez, 2011; ANAM-ACP, 2006) (Tabla 2):

- **Bosque secundario:** conformado por una alta dominancia de arbustos, e individuos arbóreos jóvenes de baja estatura en crecimiento (latizales). Además de numerosas enredaderas o trepadoras herbáceas, lianas o trepadoras leñosas y de numerosos árboles (fustales), producto de un proceso de sucesión natural a partir de rastrojos.
- **Rastrojos:** áreas que fueron confinadas para la agricultura o la ganadería que, después de ser abandonadas, entraron en un proceso de regeneración. Presentan numerosos individuos arbustivos muy ramificados y de baja altura, e individuos arbóreos jóvenes de especies pioneras y emergentes. Así como también, una gran cantidad de lianas que hacen muy difícil el acceso a través de ellas.
- **Potrero:** terrenos cubiertos de hierbas. Son áreas de pastoreo temporal para el ganado vacuno o equino, conformado por especies herbáceas nativas y exóticas, y escasamente por árboles o arbustos.
- **Áreas abiertas:** dominadas por hierbas gramíneas (Poaceae) graminoides (Cyperaceae) o no graminoides cercanas a viviendas, donde se presentan plantaciones de árboles frutales como cítricos y algodón entre otros. En esta categoría se incluyen las áreas abiertas adyacentes a fragmentos de bosque, donde hay árboles, palmas y arbustos dispersos.

Durante los muestreos se tomaron datos de temperatura y humedad relativa (máxima, mínima, promedio) en las parcelas, utilizando registradores de datos digitales (Data logger Extech RHT10).

Para los días del muestreo de estación seca, los registros de temperatura en el F1 oscilaron entre 22.5 y 35.7 °C; en el F2 la temperatura varió entre 22.2 y 44.7 °C; en el F3 la temperatura tuvo registro mínimo de 22.1 y la máxima de 39 °C. Por su parte, durante los días de muestreo de la estación lluviosa (agosto 2018), la temperatura mínima y máxima en F1 fueron de 18.9 y 39.6 °C respectivamente; en F2 la temperatura varió entre 20 y 41.5 °C; en F3 los registros fueron desde 21 a 43.9 °C. Aquellas parcelas de los niveles 1 y 2 de cada fragmento presentaron mayor variación en los registros de temperatura, especialmente durante el muestreo en la estación lluviosa (Anexo 1).

Los registros de humedad relativa en todas las parcelas presentaron valores máximos por encima del 93%, aunque los valores mínimos fueron más bajos en aquellas parcelas de los niveles 1 y 2 (potreros y áreas abiertas). Como era de esperar, los valores de humedad relativa fluctuaron menos durante la estación lluviosa (Anexo 2).

## **Muestreos**

Los muestreos se realizaron durante 18 días de marzo (estación seca) y 18 días de agosto de 2018 (estación lluviosa). Los escorpiones fueron buscados en cada una de las parcelas de 400 m<sup>2</sup> durante un período entre las 19:00 y 23:00, por un grupo de cuatro personas (esfuerzo aproximado de 12 horas por noche). Para la recolecta nocturna de los escorpiones se utilizaron lámparas de luz ultravioleta portátiles (Bioquip modelo 2921, bulbo LED, 400 nm de longitud de onda) y pinzas de metal

de 12 pulgadas. A cada escorpión recolectado se le anotó las coordenadas de captura dentro de las parcelas (x, y, z), y se les colocó en envases plásticos con algodón humedecido con agua para su traslado al laboratorio. La identificación de los especímenes se realizó con claves Francke & Stockwell (1987), Lourenço (1997) y Armas *et al.* (2012). Los ejemplares colectados se depositaron en la Colección Zoológica Dr. Eustorgio Méndez del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá (CoZEM-ICGES).

Durante el trabajo de campo en estas parcelas, se realizaron observaciones y anotaciones acerca de la actividad de los escorpiones, haciendo énfasis en las interacciones ecológicas (depredación, parasitismo). Para la determinación de ocurrencia de interacciones ecológicas no visibles en campo, los escorpiones fueron revisados en el laboratorio bajo el estereomicroscopio, y se tomó la primera deposición de heces luego de su captura. Durante siete días, se les mantuvo en los recipientes plásticos con algodón humedecido con agua, sin proporcionarle alimento (presas).

### **Parcelas “Otoe” y “Limón”**

Para complementar información sobre los escorpiones en paisaje fragmentado, se delimitaron dos parcelas de seguimiento (20 X 20 m) en Trinidad de Las Minas (distintas a las usadas en el punto anterior), una destinada al cultivo de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, 1832 (parcela “Otoe”) y otra de bosque secundario en recuperación dominado por plantas de cítricos (parcela “Limón”). Para determinar

desplazamiento horizontal y vertical, los escorpiones presentes en estas parcelas fueron monitoreados durante 9 noches consecutivas en dos períodos: marzo y agosto de 2019. Para facilitar su reconocimiento en las recapturas, los escorpiones fueron marcados con pintura fluorescente y liberados, anotando las coordenadas de captura (x, y, z). A partir de la segunda noche, la revisión incluyó no solo el área de parcela sino los alrededores, aproximadamente 20 metros hacia todos los lados de la parcela. En cada parcela se les colocó radiotransmisores a cuatro escorpiones (cuatro *Centruroides granosus* y cuatro *Tityus jamei*) para seguir sus movimientos durante varios días, mediante un sistema de radioteleetría (*Advanced telemetry system*) compuesto por un receptor de escaneo ATS R410 y radiotransmisores (serie A2405; estabilidad de frecuencia=  $\pm 2.5\text{kHz}$ , bajo condiciones de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ ). También se calcularon los índices de diversidad alfa para ambas parcelas y se calculó la densidad de los escorpiones para ambos muestreos (marzo y agosto 2019).

### **Manejo y análisis de datos**

En base a las capturas realizadas en los muestreos en las tres localidades de El Cacao en 2018 (Trinidad Arriba, Aguacate y Trinidad de Las Minas) y para los datos de las parcelas “Otoe” y “Limón” en 2019, se calcularon los valores de la abundancia relativa por especie, por niveles y muestreos, así como los siguientes índices de diversidad alfa:

- riqueza de especies (S)
- índice de entropía de Shannon,  $H' = - \sum p_i \ln p_i$ ; donde  $p_i$  es la abundancia

relativa de la especie  $i$  ( $p_i = n_i/n$ ), y  $n$  es el número total de individuos de todas las especies en la muestra. Se aplicó una prueba  $T$  (modificada de Hutchenson) a los índices de Shannon de cada localidad, de forma pareada.

- índice de dominancia de Simpson ( $D$ ): este índice va de 0 a 1. Un valor cercano a 1 indica que una especie domina en la comunidad.
- Los números de Hill o número efectivo de especies se calcularon utilizando la conversión para los índices de entropía de Shannon ( $Q_1 = \exp^H$ ) y de dominancia de Simpson ( $Q_2 = 1/D$ ) (Jost, 2006).
- Equidad de Pielou, este índice mide la uniformidad en que los individuos se reparten entre los taxones encontrados. Se calcula dividiendo el índice de diversidad de Shannon entre el logaritmo del número de taxones. Este índice varía de 0 (no hay equidad) a 1 (equidad completa), con los valores cercanos a 1 indicando que las especies tienen abundancias similares.

También se calculó la beta diversidad con dos enfoques:

- el recambio de especies entre los niveles de cada fragmento se calculó con el índice de Whittaker ( $b_w = \frac{S}{\bar{\alpha}} - 1$ ), donde  $\bar{\alpha}$  es el número promedio de especies.
- y el grado de similitud entre los niveles y entre fragmentos se calculó a través de un análisis de varianza de similitudes (ANOSIM de una vía) usando el índice de similitud de Bray-Curtis, y representado gráficamente en un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Además, se practicó

un agrupamiento jerárquico de los niveles de parcelas de las tres localidades usando el coeficiente de similitud de Bray-Curtis para datos cuantitativos (Tuomisto, 2010), mediante la aplicación del algoritmo de enlace promedio no ponderado (UPGMA) para la generación de los grupos.

Se practicó un análisis de varianza (ANOVA) entre los datos de abundancia de escorpiones por niveles. Todos los datos fueron tabulados y manejados en Microsoft Excel 365 y los análisis fueron calculados utilizando el software Past 4.03 (Hammer *et al.*, 2001).

### **Relaciones entre variables ambientales y abundancia de escorpiones**

Se utilizó un modelos de regresión lineal múltiple en busca de una posible relación de dependencia entre la abundancia de escorpiones (variable dependiente) y las variables ambientales humedad relativa promedio y amplitud térmica. La amplitud térmica es la diferencia entre los valores máximo y mínimo de temperatura registrada en un lugar durante un período determinado. Ambas medidas se calcularon para dos períodos del día: las horas de luz solar (6:15 a.m.-18:45) y las horas de oscuridad (18:46-6:12) por lo que se ejecutaron los análisis por separado.

### **Densidad, distribución vertical y desplazamiento de escorpiones:**

Se calculó la densidad de los escorpiones por hectárea mediante transformación de los resultados para todas las parcelas de 400 m<sup>2</sup>, aquellas evaluadas en F1, F2 y F3,

así como en las parcelas “Limón” y “Otoe”. La altura desde el suelo (coordenada z) de cada uno de los escorpiones recolectados en los tres fragmentos de El Cacao, sirvieron para determinar la distribución vertical por especie.

Para determinar el desplazamiento de dos especies de Buthidae: *C. granosus* y *T. jaimiei*, se utilizaron los datos recabados en las parcelas Otoe” y “Limón”. Para esto, se calculó la distancia recorrida (horizontal y vertical) para cada ejemplar entre registros consecutivos. Los gráficos de cajas (boxplots) de distribución vertical y los de rango de desplazamiento fueron realizados en Microsoft Excel 365, mientras que los gráficos de desplazamiento horizontal se realizaron en Past 4.03. Diferencias entre distancias recorridas (horizontal) se evaluaron mediante pruebas t.

### **Interacciones ecológicas**

Para este apartado, se presentan listados de presas para las distintas especies de escorpiones y los datos de prevalencia de parasitismo y parasitoidismo.

### **Resultados**

Como resultado de los muestreos (marzo + agosto 2018) se capturaron 362 individuos pertenecientes a 8 especies de escorpiones: *Opisthacanthus elatus*, *Chactas exsul*, *Ananteris canalera*, *Centruroides granosus*, *Tityus cerroazul*, *Tityus jaimiei*, *Tityus ocelote* y *Tityus tayrona*, distribuidos de la siguiente forma: 152 (6 especies) en Trinidad Arriba (F1), 84 (7 especies) en Aguacate (F2) y 126 (8 especies) en Trinidad de las Minas (F3) (Tabla 3). Cinco de las 8 especies fueron

encontradas en las tres localidades: *A. canalera*, *O. elatus*, *T. jaimiei*, *T. ocelote* y *T. tayrona*.

Las especies más abundantes para los tres fragmentos fueron (Tabla):

- F1: *T. tayrona* (50 %) + *O. elatus* (19.7 %) + *T. jaimiei* (13.82) = 83.5 %
- F2: *O. elatus* (29.76 %) + *T. jaimiei* (28.57 %) + *T. ocelote* (25 %) = 83.33 %
- F3: *T. tayrona* (42.86 %) + *T. jaimiei* (25.4 %) + *T. ocelote* (10.32 %) + *O. elatus* (10.32 %) = 89.8 %

En cuanto al aporte de individuos por niveles de parcelas a la abundancia total de cada localidad, esta se dio de la siguiente manera:

- F1: nivel 1 (11.2 %), nivel 2 (34.9 %), nivel 3 (14.5 %), nivel 4 (39.4 %)
- F2: nivel 1 (9.52 %), nivel 2 (7.14 %), nivel 3 (38.1 %), nivel 4 (45.24 %)
- F3: nivel 1 (0.8 %), nivel 2 (40.5 %), nivel 3 (11.1 %), nivel 4 (47.6 %)

El análisis de varianza indica diferencias significativas entre las medias para el aporte escorpiones por niveles (grados de libertad= 11; F= 4.12; p=0.046).

No se encontró diferencia significativa en la proporción de adultos/juveniles entre los muestreos (N=3, prueba t= 3.1, p= 0.089) (Tabla 4):

- F1: 50/39 en la estación seca, 26/37 en la estación lluviosa
- F2: 23/25 en la estación seca, 15/21 en la estación lluviosa

- F3: 43/21 en la estación seca, 29/23 en la estación lluviosa.

Para la estación seca, el porcentaje de hembras/machos recolectados para cada especie fue de la siguiente manera (Tabla 4):

- F1: *C. exsul* (solo hembras), *O. elatus* (75/25), *A. canalera* (50/50), *T. ocelote* (57.2/42.8), *T. tayrona* (85.7/14.3), *T. jaimeii* (66.7/33.3).
- F2: *O. elatus* (50/50), *A. canalera* (66.7/33.3), *T. ocelote* (77.8/22.2), *T. tayrona* (solo hembras), *T. jaimeii* (40/60).
- F3: *C. exsul* (solo hembras), *O. elatus* (solo hembras), *A. canalera* (solo hembras), *C. granosus* (75/25), *T. ocelote* (42.9/57.1), *T. tayrona* (61.1/38.9), *T. jaimeii* (37.5/62.5) y *T. cerroazul* (solo hembra).

Para la estación lluviosa, el porcentaje de hembras/machos recolectados para cada especie fue así:

- F1: *C. exsul* (solo macho), *O. elatus* (80/20), *A. canalera* (solo hembras), *T. ocelote* (50/50), *T. tayrona* (84.6/15.4), *T. jaimeii* (solo hembras).
- F2: *O. elatus* (66.7/33.3), *C. granosus* (solo macho), *T. ocelote* (20/80), *T. jaimeii* (solo hembras).
- F3: *C. exsul* (solo macho), *O. elatus* (50/50), *A. canalera* (solo hembras), *C. granosus* (solo macho), *T. ocelote* (50/50), *T. tayrona* (53.8/46.1), *T. jaimeii* (80/20).

Al analizar de forma global, los índices de diversidad  $\alpha$  resultaron similares para los tres fragmentos de bosque. La riqueza de especies fue mayor en F3 con 8 especies, luego F2 con 7 especies y F1 con 6 especies, aunque el número efectivo de especies (Q1) fue de cuatro para F1 y cinco para F2 y F3. El índice de diversidad de Shannon resultó muy similar en los tres fragmentos (Tabla 6), mientras que el índice de dominancia de Simpson estuvo alrededor del 0.3 para los tres fragmentos, lo que indica que no existe especie dominante en ninguna de las tres localidades. Por su parte los valores de Equidad de Pielou osciló entre 0.60 (F3) y 0.68 (F1), indicando una equitatividad similar en las tres localidades (Tabla 5).

Por otro lado, la relación entre riqueza de especie/cantidad de individuos en los fragmentos fue como sigue:

- F1: niveles 1+2, matriz fuera del fragmento de bosque =  $3/70$ ; niveles 3+4, dentro de fragmento =  $6/82$
- F2: niveles 1+2, matriz fuera del fragmento de bosque =  $5/14$ ; niveles 3+4, dentro de fragmento =  $6/70$
- F3: niveles 1+2, matriz fuera del fragmento de bosque =  $4/52$ ; niveles 3+4, dentro de fragmento =  $7/74$

Al analizar por separado los niveles de los fragmentos, encontramos que número efectivo de especies cuales parcelas fue mayor en los niveles dentro de los fragmentos (niveles 3 y 4), en las que se encontraron generalmente entre tres y cuatro especies. En los niveles ubicados en la matriz modificada, el número efectivo de especies (Q1) fue de 0 a tres (Tabla 7). En los niveles de parcelas ubicadas en la

matriz modificada se encontró notable dominancia de *Tityus tayrona*. Esta especie presentó mayor abundancia relativa en las parcelas 1 y 2 (matriz) de las tres localidades con respecto a las parcelas dentro de fragmento (bosque): F1: matriz= 84.4 %, bosque= 15.6; F2: matriz=100%; F3: matriz= 79.6%, bosque=20.4.

Cabe resaltar que *O. elatus* se encontró casi exclusivamente relacionada a las parcelas dentro de los fragmentos de bosque, estando presente solo un individuo en una parcela en la matriz de F2 (debajo de una roca). Lo mismo ocurrió para *Chactas exsul*, que estuvo completamente asociada a las parcelas dentro de los fragmentos de bosque en F1 y F3, ausente F2.

La densidad de escorpiones/hectárea para los fragmentos los siguientes ordenamientos de los niveles de parcelas de mayor a menor densidad y con sus valores de densidad mínima y máxima correspondientes (Tabla 8):

- F1: 2-4-3-1 en la estación seca, con una densidad mínima de 75 y máxima de 275; en la estación lluviosa el ordenamiento por niveles de parcelas fue 4-2-1-3, con 33 como densidad mínima y 258 como máxima.
- F2: 3-4-2-1 en la estación seca, con una densidad mínima de 42 y una máxima de 175; en la estación lluviosa el ordenamiento fue 4-3-1-2, con 8 escorpiones como densidad mínima y 117 como máxima.
- F3: 4-2-3-1 en la estación seca, con una densidad mínima de 0 y una máxima de 292 escorpiones; en la estación seca el ordenamiento fue 2-4-3-1, con una densidad mínima de 8 escorpiones/hectárea y 258 como máxima.

Al comparar el recambio de especies entre las comunidades de escorpiones de los niveles de parcelas en cada una de las localidades, se encontró que en F1 el menor recambio de especies ocurrió entre los niveles 3 y 4 (0.09), mientras que el mayor recambio de especies se observó entre los niveles 2 y 4 (0.5). En F2 tuvo el mismo comportamiento que en F1, con las parcelas de los niveles 3 y 4 con menor recambio (0.2) y mayor recambio de especies entre los niveles 2 y 4 (0.5). Por su parte en F3 entre los niveles 1 y 3, al igual que entre 2 y 3 se obtuvo el menor recambio (0.33) y se observó la mayor diferencia (índice de Whittaker= 1) entre las parcelas de los niveles 1 y 4 (Tabla 9), debido a que en el nivel 1 solo se encontró un individuo.

Una comparación a nivel de localidades a través del índice de similitud de Bray-Curtis, se encontró que los fragmentos más similares tomando en cuenta la riqueza y abundancia relativa por especies, fueron los fragmentos 1 y 3 (0.74). Por otro lado, la similitud entre los fragmentos 1 y 2 fue de 0.57, y entre los fragmentos 2 y 3 fue de 0.56. Sin embargo, a través del análisis de varianzas de similitudes (ANOSIM), se encontró que la similitud entre los niveles de una misma localidad fue menor que entre las localidades (coeficiente  $R=0.043$ ; probabilidad  $p= 0.31$ ). El análisis de escalamiento no métrico nos permite ver esta similitud entre parcelas de los mismos niveles de localidades distintas (por ejemplo F1-nivel 2 y F3 nivel 2) (Figura 3)

El agrupamiento jerárquico basado en el índice similitud de Bray-Curtis se realizó entre todos los niveles de parcelas, resultando en la agrupación entre las parcelas que

presentaban cobertura vegetal similar. Las parcelas con vegetación de bosque secundario (nivel 4) tuvieron un índice de similitud superior a 0.60; las parcelas con vegetación de potrero (F1 nivel 2 y F3 nivel 2) presentaron alta similitud (aproximadamente 0.8). Aquellas parcelas clasificadas como áreas abiertas, presentaron baja similitud entre ellas (por debajo del 0.45) (Figura 4).

En cuanto a la distribución vertical de los escorpiones en los fragmentos, esta fue consistente, con *A. canalera*, *C. granosus* y *T. cerroazul* (ausente en F1) asociados a la superficie del suelo, hojarasca o tenían refugios dentro del suelo (*T. cerroazul*). Otras especies como *T. tayrona* y *T. ocelote* se les encontró en el suelo y sobre arbustos, árboles y lianas a una altura entre 25 cm y un máximo de 3 m desde el suelo. Las especies de escorpiones que más amplio ámbito mostraron fueron *O. elatus* y *T. jaimoi*, esta última con algunos individuos ubicados a 10 m desde el suelo (Figura 5).

El modelo de regresión lineal múltiple para explicar la variabilidad en la abundancia de escorpiones por niveles de parcelas resultó en una baja proporción explicada por la variación en la amplitud térmica y la humedad relativa promedio (datos diurnos  $R^2= 0.07$ ;  $F= 0.71$ ; datos nocturnos  $R^2= 0.17$ ;  $F= 1.97$ ) (Tabla 11).

### **Parcelas “Otoe” y “Limón”**

Para las parcelas de seguimiento “Otoe” y “Limón”, se calcularon las abundancias relativas por especie, la densidad y los índices de diversidad alfa. En la parcela

“Otoe” se encontraron tres especies (*Opisthacanthus elatus*, *Tityus jaimeii* y *Centruroides granosus* siendo esta última la más abundante para ambos muestreos. El número efectivo de especies (Q1) fue de dos y uno para los muestreos de marzo y agosto 2019 respectivamente. Para la parcela “Limón”, se encontraron siete especies: *O. elatus*, *Chactas exsul*, *Ananteris canalera*, *C. granosus*, *Tityus cerroazul*, *T. jaimeii* y *T. ocelote*, siendo *T. jaimeii* la más abundante en marzo y *C. granosus* en agosto (Tabla 12). El número efectivo de especies (Q1) para esta parcela fue de tres y seis para los muestreos de marzo y agosto respectivamente.

La densidad de escorpiones en la parcela “Limón” para la estación seca (marzo de 2019) fue de 625 escorpiones/hectárea, y para la estación lluviosa (agosto 2019) fue de 775. Para la parcela “Otoe” la densidad se calculó en 825 escorpiones/hectárea para la estación seca, y en 1000 para la estación lluviosa (Tabla 12).

En las parcelas “Otoe” y “Limón” (Figura 6 A-B) se les dio seguimiento a los escorpiones para medir su desplazamiento vertical y horizontal (Tabla 14) través de marcas con pintura fluorescente y por radiotelemetría (Figura 7 A-D). Al evaluar las distancias recorrida por los *C. granosus* machos en la parcela “Otoe”, no se encontró diferencia significativa entre la distancia promedio recorrida en marzo ( $17.3 \pm 10.3$  m; n= 8) y agosto ( $23.9 \pm 19,3$  m; n= 7) ( $t= 0.76$ ;  $p= 0.46$ ). Tampoco se encontró diferencia significativa al comparar la distancia promedio recorrida (marzo 2019) por *T. jaimeii* en la parcela “Otoe” ( $20.4 \pm 13.8$  m; n=5) y “Limón” ( $16.9 \pm 9,5$  m; n= 5) ( $t= 0.46$ ;  $p= 0.66$ ). Por otro lado, se encontró que *T. jaimeii* puede moverse desde

nivel de suelo hasta subir en árboles a una altura aproximada de 10 metros (Figura 8), mientras que *C. granosus* se mantuvieron a nivel del suelo. Se ilustra el desplazamiento horizontal para cuatro *C. granosus* en la parcela “Otoe” (dos en marzo y dos en agosto) y tres *Tityus jaimeni* en Limón (dos en marzo y uno en agosto) (Figuras 8 y 9).

Con respecto a las interacciones entre los escorpiones y otros organismos, se obtuvieron datos sobre presas, parásitos y comensales. Los registros de presas en los tres fragmentos fueron escasos, a pesar de esto, el listado incluye 5 órdenes de insectos y uno de arácnidos. Se registraron 13 observaciones de escorpiones con presas; las presas más frecuentes fueron las cucarachas (53.8 %) y las arañas (15.3 %) (Figura 11), y la especie de escorpión con más observaciones fue *T. tayrona* (69.2 % de las observaciones) (Tabla 15). No se registraron observaciones sobre depredación intragremial ni de canibalismo.

La inspección externa de los escorpiones trasladados al laboratorio arrojó el hallazgo de ácaros adheridos a diferentes partes del cuerpo de cinco especies de escorpiones. La mayoría de estos ácaros pertenecen a la familia Histiostomatidae, principalmente en estadio de deutoninfas heteromórficas. En dos de los casos, los ácaros encontrados correspondieron a *Tyrophagus putrescentiae* perteneciente a la familia Acaridae (Tabla 16).

Como resultado de la inspección en laboratorio, se registró una asociación parasítica

con nematodos, los cuales fueron encontrados en las heces de los escorpiones. Se examinaron muestras de heces de 91 escorpiones, 13 de las cuales resultaron positivas para nematodos. Los escorpiones hallados parasitados pertenecen las siguientes especies: *A. canalera* con un 25% de parasitismo, *C. granosus* con un 20%, *T. jaimiei* con un 12,5%, *T. tayrona* con un 12%, y *Chactas exsul* con un 50% de parasitismo, todos parasitados por la misma especie de nemátodo: *Rhabditis* sp. (Rhabditidae) (Figura 12). La prevalencia fue más alta en la estación lluviosa y en las parcelas 3 y 4 (Tabla 17).

Como resultado de los muestreos en los fragmentos (F1, F2, F3) no se encontraron interacciones con parasitoides, sin embargo, en la parcela “Limón” un ejemplar de *T. jaimiei* resultó atacado por moscas parasitoides de la familia Sarcophagidae. Se encontraba sobre un arbusto, a menos de 1 m de altura desde el suelo y mostraba poca movilidad y el cuerpo rígido al momento de ser capturado. Desafortunadamente no se lograron criar los adultos.

## **Discusión**

La riqueza de escorpiones de Panamá incluye 21 especies, pertenecientes a las familias Buthidae (19 especies), Chactidae (1 especie) y Hormuridae (1 especie). La riqueza de especies encontrada en El Cacao fue de 8 especies, representando el 100% de las familias y el 38 % de las especies reportadas para Panamá (Teruel & Cozijn, 2011; Miranda *et al.* 2014; Miranda & Armas, 2020; Miranda *et al.*, 2020).

Panamá Oeste fue seleccionada como área de estudio debido a que es una de las cuatro provincias con mayor cantidad de casos de escorpionismo en Panamá (Borges *et al.*, 2012). Entre los escorpiones hallados en nuestra área de estudio, resaltan aquellas de importancia en salud pública: *C. granosus*, *T. jaimoi* y *T. cerroazul*. *Centruroides granosus* provoca muchos envenenamientos con sintomatología leve, mientras que *T. jaimoi* y *T. cerroazul* causan menos accidentes, pero que pueden llegar a ser graves y algunos fatales, principalmente en niños (Coronado *et al.*, 2008).

A nivel mundial, en diferentes tipos de ambientes se reportan entre tres a seis especies de escorpiones viviendo en simpatria, pudiendo llegar hasta 13 (Polis, 1990). La variación en la cantidad de especies encontradas puede estar influenciada por los métodos de captura elegidos (trampas de caída, luz ultravioleta, o la combinación de estas u otras) o por el diseño de muestreo (Nime *et al.*, 2013). Esto último se pudo observar en nuestros resultados de densidad de escorpiones; un muestreo durante 9 noches consecutivas a las parcelas “Limón” y “Otoe” resultó en mayor densidad en comparación con el esfuerzo realizado en los fragmentos de bosque (F1, F2, F3) que se muestrearon durante dos noches de modo intercalado.

Son escasos los estudios sobre diversidad de escorpiones en bosques lluviosos neotropicales y menos tratando sobre el efecto de la FH. Lourenço *et al.* (2003) mencionan 7 especies de escorpiones en un bosque lluvioso de la Cordillera Central en Colombia, aunque no brindan datos del tamaño del área examinada. Los autores listaron escorpiones de las familias Buthidae, Chactidae y Hormuridae (Ischnuridae),

similar a lo encontrado en nuestro estudio.

En investigación realizada en el Bosque Atlántico Brasileño, Lira *et al.* (2016) reportaron una riqueza total de 5 especies de escorpiones para todo el paisaje fragmentado, todos de la familia Buthidae, 4 del género *Tityus* y una especie de *Ananteris*. Estos autores también reportan una riqueza máxima de 3 especies dentro de los fragmentos. En los fragmentos de El Cacao, la diversidad de cada una de las localidades (diversidad  $\alpha$ ) fue similar entre ellas (índice de Shannon, Equidad de Pielou), con una media de 6.3 especies, mínimo de 6, y con un máximo de 7 especies para las parcelas dentro de los fragmentos de bosque.

En estudio de  $\beta$  diversidad realizado en bosques neotropicales, Lira *et al.* (2019) compararon el conjunto de escorpiones presentes en la matriz modificada por actividad humana y en fragmentos de bosque en Brasil y México. Estos autores no encontraron diferencias en el número de especies en la matriz en comparación con los fragmentos de bosque, aunque si encontraron una mayor abundancia de escorpiones en los fragmentos. En nuestros resultados, las parcelas dentro de los fragmentos de bosque no solo mostraron mayor abundancia de escorpiones, sino que además presentaron una mayor riqueza de especies. El recambio de especies (matriz-fragmento) estuvo por encima del 0.5.

Una simplificación o reducción en los microhábitats ocurre con los cambios en el uso de suelo y consecuente fragmentación de hábitat. A pesar de lo antes mencionado, es

conocida la ocurrencia de varias especies de escorpiones en un mismo ambiente, explotando diversos microhábitats. Especies de Buthidae tienen preferencias por refugios y por sitios de forrajeo sobre la vegetación (McReynolds, 2008; Quijano-Ravell & Ponce-Saavedra, 2016). Otras especies que viven en el suelo muestran alto grado de preferencia de acuerdo a la estructura del mismo (Bradley & Brody, 1984).

Al remover la cobertura de árboles, cambian los componentes en el suelo. La hojarasca seca que se acumula en el suelo brinda un hábitat para diferentes especies de escorpiones que pueden ubicarse a distintas profundidades. En este sentido, Lira *et al.* (2015) encontraron una correlación positiva entre la abundancia de *Tityus pusillus* Pocock, 1893 y la masa de hojarasca en 11 remanentes de bosque Atlántico brasileño.

La distribución por altura de las diferentes especies encontradas en los fragmentos de El Cacao nos indica una preferencia, teniendo a *Ananteris canalera*, *C. granosus* y *T. cerroazul* asociadas al suelo (refugios y forrajeo), aunque estas dos últimas no compartieron niveles de parcelas (matriz vs fragmento de bosque). De modo complementario, las otras especies de Buthidae (*T. jaimeii*, *T. ocelote* y *T. tayrona*) ocuparon un ámbito más amplio de forrajeo. *Tityus ocelote* se le encontró principalmente ubicado entre 40 y 70 cm desde el suelo y asociado a palmas con tronco espinoso (*Bactris*), un individuo se registró a 3 m. Este tipo de patrón fue reportado por Blasco-Aróstgui *et al.* (2020) para bosques de tierras bajas en el Caribe de Costa Rica, en donde *T. ocelote* vive en simpatria con *Centruroides limbatus*

(Pocock, 1898).

Estudios previos con comunidades de escorpiones han analizado distintos factores abióticos en busca de relaciones con la abundancia de escorpiones (Nime *et al.*, 2013; Lira *et al.*, 2015). Algunos de estos estudios presentan los datos de temperatura promedio mensual o anual en las áreas de estudio (Lira *et al.*, 2014; Lira *et al.*, 2015) mientras que en otros se presentan valores de mínimo, máximo y promedio durante el período de estudio (Nime *et al.*, 2013). En nuestro estudio, la variación en la abundancia de escorpiones no estuvo relacionada con la amplitud térmica ni con la humedad relativa.

Otros aspectos que cambian debido a la reducción y fragmentación de hábitat, son las interacciones ecológicas, aunque su impacto puede ser difícil de determinar. Los escorpiones muchas veces son considerados como depredadores generalistas, pudiendo alimentarse de varios grupos de invertebrados así como de pequeños vertebrados (McCormick & Polis, 1990), aunque también hay especies que se especializan en algún grupo de presas (Polis, 1990). Entre los invertebrados destacan los artrópodos, principalmente insectos y arácnidos. Los escorpiones son capaces incluso de depredar a escorpiones de otras especies (depredación intragremial) y hasta conspecíficos (canibalismo) (Miranda *et al.*, 2015; Blasco-Aróstegui *et al.*, 2020). En nuestra investigación no obtuvimos evidencia de que la depredación intraespecífica o incluso la intragremial (escorpiones) ocurra, aunque si ha sido reportada previamente en otras localidades en Panamá con algunas especies aquí reportadas (Miranda *et al.*,

2015).

La reducción en los microhábitats por efecto de la FH aumentará la competencia por los recursos y hará más probable el contacto entre las especies que ocupan un sitio. De este modo, interacciones como la depredación intragremial pueden tener un impacto negativo, a corto plazo, sobre las poblaciones de las especies menos aptas. Nuestros datos obtenidos en la parcela “Otoe” indican que las condiciones en esta área de cultivo han favorecido el crecimiento de la población de *C. granosus*, comparada con la cercana parcela “Limón”.

Algunas especies de escorpiones poseen aspectos en su historia de vida que aumentan la probabilidad de éxito aun en ambientes fragmentados. Los escorpiones de forma general tienen una esperanza de vida más larga que muchos artrópodos. Pueden reproducirse varias veces durante su vida (iteroparidad) (Lourenço, 2018). Además, son vivíparos y tienen cuidado materno sobre las crías. En el caso específico de los escorpiones Buthidae, estos pueden producir varias camadas a partir de una sola transferencia de esperma e incluso hay especies con reproducción partenogenética (Outeda-Jorge, 2009).

*Chactas exsul* y *O. elatus* tienen características de especies en equilibrio, y fueron más abundantes dentro de los fragmentos de bosque que en la matriz (Polis, 1990). Estas especies se caracterizan por tener un desarrollo lento hacia tamaños grandes; producen camadas relativamente pequeñas y presentan un cuidado parental

extendido, incluso con cierto grado de socialidad (Polis & Lourenço, 1986), algo comprobado en El Cacao con agregados de *O. elatus*. Además, ambas especies cazan a sus presas desde la entrada de sus refugios (Miranda *et al.*, 2015).

Por otro lado, las especies de Buthidae *T. tayrona* y *C. granosus* fueron más abundantes en parcelas en la matriz circundante a los fragmentos. Algunas especies de escorpiones Buthidae (*Tityus* y *Centruroides*) son considerados como especies oportunistas. Estas especies presentan altas tasas reproductivas, menos inversión en el cuidado parental y presentan un nicho más amplio. En los fragmentos de El Cacao, *T. tayrona* se puede considerar la especie más abundante en las parcelas ubicadas en la matriz circundante a los fragmentos de bosque.

Existe escasa información sobre las interacciones ecológicas de los escorpiones, más allá de aquellas que tienen que ver con depredación. Datos previos de ácaros parásitos sobre escorpiones incluyen mayormente familias de Prostigmata: Audyanidae, Pterygosomatidae, Trombiididae, Erytraeidae, Leewenhoekidae y Trombiculidae (Williams *et al.*, 1990; Seeman & Miller, 2002).

Los ácaros hallados sobre los escorpiones en nuestro estudio no son considerados parásitos. Los ácaros de la familia Histiostomatidae utilizan diversos grupos de artrópodos como transporte entre hábitats efímeros (Walter & Proctor, 2013). Los estadios foréticos de Histiostomatidae son deutoninfas heteromórficas que no se alimentan. Mientras que, *T. putrescentiae* es un ácaro que ocupa una amplia gama

de microhabitats (OConnor, 2009) y no forma deutoninfas para su dispersión, por lo que no fueron considerados como foréticos sobre los escorpiones. Tanto *T. putrescentiae* como los ácaros Histiostomatidae se alimentan de microhongos, encontrándose en una amplia gama de hábitats, incluyendo sobre productos alimenticios almacenados. Se ha reportado que algunas especies de Histiostomatidae y sus insectos transportadores sirven como vectores de algunos hongos patógenos de árboles (Chang *et al.*, 2017), asociación que valdría la pena explorar para escorpiones neotropicales.

Nematodos del género *Rhabditis* (Rhabditidae) (Figura 11) fueron los únicos parásitos encontrados en asociación con escorpiones en los fragmentos de El Cacao. Lo que corresponde al primer reporte de esta asociación. Previamente, Vachon (1952) reportó juveniles de nematodos dentro de escorpiones africanos; luego, Poinar & Stockwell (1988) reportaron *Parauroctonus utahensis* (Williams, 1968) macho parasitado por un nematodo Mermithidae juvenil. Por su parte, Baruš & Koubková (2002) describen *Thelastoma euscorpium* parasitando *Euscorpium italicum* (Herbst, 1800), siendo la primera especie de Thelastomatidae asociada a escorpiones. Probablemente la presencia de estos nematodos provenga de las presas que depredan los escorpiones (grillos y cucarachas) (Reboredo & Camino, 1998).

El parasitoidismo sobre escorpiones parece ser algo de baja ocurrencia en la naturaleza. Reportes previos incluyen a moscas Tachinidae, *Spilochaetosoma californicum* (Smith, 1917), criadas de dos especies de escorpiones Vaejovidae:

*Anuroctonus phaiodactylus* (Wood, 1863) y *Paravaejovis spinigerus* (Wood, 1863) (Williams *et al.*, 1990) de California. Por su parte, Shi *et al.* (2015) reportan a *Sarcophaga dux* (Sarcophagidae) atacando al escorpión *Mesobuthus martensii* (Karsch, 1879) en China, registrando un 17 % de prevalencia sobre la población de escorpiones observados. En la parcela “Limón” se encontró solo un ejemplar de *T. jaimeni* atacado por larvas de moscas de la familia Sarcophagidae.

Abordando las actividades humanas que pueden provocar cambios en la composición de las comunidades de escorpiones, en Trinidad de las Minas fuimos testigos de un fuego “controlado” como método de preparación de la tierra para uso agrícola, algo que aún es frecuente en Panamá (Fischer & Vasseur, 2000). Aquí pudimos observar de primera mano el efecto del fuego sobre algunas especies de escorpiones. Logramos revisar algunas palmas *Attalea butyracea* (Mutis ex. L. F.) Wess.Boer en las que se pudo encontrar varios *O. elatus* muertos por el fuego (Figura 12 A-B), mientras que algunos *Centruroides granosus* parecían evadir el fuego de modo efectivo e incluso regresar al área de vegetación quemada y alimentarse (Figura 12 C-D). En los resultados de desplazamiento horizontal, se observó que *C. granosus* es capaz de recorrer varias decenas de metros en una sola noche. Esto podría explicar, en parte, la abundancia de *C. granosus* en la parcela “Otoe”.

## **Conclusiones**

A través del presente estudio se exploraron los efectos de la fragmentación de hábitat (bosques) sobre las comunidades de escorpiones presentes en tres localidades de El

Cacao, distrito de Capira, Panamá Oeste. La riqueza de especies escorpiones total en el área de estudio fue de ocho especies, 5 de ellas son Buthidae, incluyendo tres de importancia en salud pública: *T. jaimeii*, *T. cerroazul* y *C. granosus*.

Las comunidades de escorpiones en las tres localidades, descritas a través de los índices de diversidad local ( $\alpha$ ), presentaron similares valores incluyendo el número de especies, dominancia y equitatividad. No obstante, el recambio de especies fue notable entre los niveles de parcelas, principalmente entre aquellas ubicadas en la matriz y las ubicadas dentro de los fragmentos de bosque.

Similitudes entre las comunidades de escorpiones fueron evidentes, incluyendo el tipo de vegetación que prefieren algunas especies, y la distribución vertical que tienen dentro del bosque. Algunas especies de escorpiones prefieren el suelo para sus actividades de forrajeo (*A. canalera*, *C. granosus* y *T. cerroazul*) y otras mostraron un mayor ámbito, desde del suelo hasta el dosel de los árboles (*O. elatus*, *T. jaimeii*, *T. ocelote* y *T. tayrona*).

Las especies en equilibrio *C. exsul* y *O. elatus* y que cazan desde sus refugios sufren de forma notable el efecto de la fragmentación por la pérdida de hábitat. La quema para preparar la siembra de algunos cultivos puede ser la causa de una disminución rápida de estas especies en la matriz resultante del proceso de deforestación. Ambas especies se desplazan poco desde sus refugios en los árboles a diferencia de las especies de Buthidae, las cuales pueden desplazarse hasta decena de metros por

noche.

La matriz resultante del la FH tuvieron pocas especies de escorpiones, aunque en parcelas de cultivo agrícola (“Otoe”) la densidad de escorpiones fue muy alta. Las especies oportunistas *C. granosus* y *T. tayrona* prosperan en la matriz resultante del proceso de FH en El Cacao. Este éxito asociado a altas capacidades de reproducción, depredación y desplazamiento. Esto también aplicable a aquellas especies de Buthidae que fueron más abundante dentro de los fragmentos de bosque (*T. jaimeii* y *T. ocelote*).

Los escorpiones de nuestro sitio de estudio tienen diversas interacciones ecológicas con otros grupos de organismos. Como depredadores generalistas son importantes en el mantenimiento de la diversidad de un ambiente. En nuestro estudio las cucarachas fueron las presas más frecuentes, lo que puede estar asociado al hallazgo de nematodos parásitos del género *Rhabditis* en las heces de 5 especies de escorpiones. Un caso de parasitoidismo por moscas Sarcophagidae ilustra una de las interacciones más raras de observar en escorpiones. Del mismo modo, el estudio de las asociaciones entre ácaros foréticos Histiostomatidae y escorpiones pueden revestir interés debido a la especificidad reportada para las especies de esta familia de ácaros.

### **Referencias bibliográficas**

- Agusto, P., Mattoni, C. I., Pizarro-Araya, J., Cepeda-Pizarro, J. & López-Cortés, F. 2006. Comunidades de escorpiones (Arachnida: Scorpiones) del desierto costero

transicional de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79: 407-421.

Araujo, C. S., Candido, D. M., Araújo, H. F. P. de, Dias, S. C. & Vasconcellos, A. 2010. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. *Zoologia*, 27 (3): 372-376.

Armas, L. F. de, Luna Sarmiento, D. & Flórez, E. D. 2012. Composición del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) en Colombia, con la descripción de una nueva especie. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 50: 105-114.

Autoridad Nacional del Ambiente-Autoridad del Canal de Panamá, 2006. Programa de Vigilancia de la Cobertura Vegetal: Región Oriental de la Cuenca del Canal de Panamá., Panamá: Convenio ACP-ANAM.

Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá. 2014. Geo Panamá 2014, informe de estado del ambiente. Editora Novo Art, S. A. Panamá. 177 pp.

Benítez-Malvido, J., Dáttilo, W., Martínez-Falcón, A. P., Durán-Barrón, C., Valenzuela, J., López, S. & Lombera, R. 2016. The multiple impacts of tropical forest fragmentation on arthropod biodiversity and on their patterns of interactions with host plants. *Plos One*, 11 (1): 1-15 .doi: 10.1371/journal.pone.0146461.

Blasco-Aróstegui, J., García-Gila, J. & Francke, O. F. 2020. Ecological aspects of the

- interactions between *Centruroides limbatus* and *Tityus ocelote* (Scorpiones: Buthidae) in a Caribbean forest of Costa Rica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91: 1-14; e913418
- Borges, A., Miranda, R. J. & Pascale, J. M. 2012. Scorpionism in Central America, with special reference to the case of Panama. *The Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 18: 130-143.
- Coronado, L., Alvarado, M. & Dutari, J. E. 2008. Características clínicas y epidemiológicas del Alacranismo. Período 2002-2007. Hospital del Niño, Panamá. *Pediátrica Panamá*, 37 (2): 36-46.
- Chang, R., Duong, T. A., Taerum, S. J., Wingfield, M. J., Zhou, X. & de Beer, Z. W. 2017. Ophiostomatoid fungi associated with conifer-infesting beetles and their phoretic mites in Yunnan, China. *MycKeys*, 28: 19–64. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.28.21758>
- Dunlop, J. A., Penney, D. & Jekel, D. 2020. A summary list of fossil spiders and their relatives; en: World Spider Catalog. Natural History Museum Bern, disponible en <http://wsc.nmbe.ch>, versión 20.5, Consultado en febrero 2021.
- Evans, D. M., Turley, N. E. & Tewksbury, J. J. 2013. Habitat edge effects alter ant-guard protection against herbivory. *Landscape Ecology*, 28 (9): 1743-1754.

FAO & JRC. 2012. *Global Forest land-use change 1990–2005*, por Lindquist, E. J., D'Annunzio, R., Gerrand, A., MacDicken, K., Achard, F., Beuchle, R., Brink, A., Eva, H. D., Mayaux, P., San-Miguel-Ayanz, J. & Stibig, H-J. FAO Forestry Paper No. 169. Food and Agriculture Organization of the United Nations and European Commission Joint Research Centre. Rome, FAO: 40 pp.

Fischer, A. & Vasseur, L. 2000. The crisis of the shifting cultivation practices and the promise of agroforestry: a review of the Panamanian experience. *Biodiversity and Conservation*, 9: 739-756.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 pp.

Ibáñez, A. 2011. *Guía Botánica del Parque Nacional Coiba*. Panamá: International Cooperative Biodiversity Groups (ICBG), Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación (Senacyt): 380 pp.

Jackson, H. B. & Fahrig, L. 2013. Habitat loss and fragmentation. *Encyclopedia of Biodiversity*, Vol. 4: 50-58.

Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *OIKOS*, 103 (2): 363-375.

- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. 2006. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated, *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3): 259-263.
- Leal, I. R., Filgueiras, B. K. C., Gomes, J. P., Iannuzzi, L. & Andersen, A. N. 2012. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. *Biodiversity and Conservation*, 21: 1687-1701. doi: 10.1007/s10531-012-0271.
- Legendre, P., Borcard, D. & Peres-Neto, P. R.. 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs*, 75 (4): 435-450.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology*. 2nd English ed. Elsevier, 853 pp.
- Levins, R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological society of America*, 15: 237-240.
- Lira A. F. A. & De Souza, A. M. 2014. Microhabitat use by scorpion species (Arachnida: Scorpiones) in the montane Atlantic Rain Forest, Brazil. *Revista Ibérica de Aracnología* 24: 107-108.

- Lira, A. F. A., Araújo V. L. N., De Souza, A. M., Rego, F. N. A. A. & Albuquerque, C. M. R. 2016. The effect of habitat fragmentation on the scorpion assemblage of a Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Insect Conservation*, 20: 457-466. doi: 10.1007/s10841-016-9878-6.
- Lira, A. F. A. & Albuquerque, C. M. R. 2014. Diversity of scorpions (Chelicerata: Arachnida) in the Atlantic Forest in Pernambuco, northeastern Brazil. *Check List*, 10: 1331–1335.
- Lira, A. F. A., Pordeus, L. M., Salomão, R. P., Badillo-Montaña, R. & Albuquerque, C. M. R. 2019. Effects of anthropogenic land-use on Scorpion (Arachnida: Scorpiones) in Neotropical Forest. *International Journal of tropical Insect Science*, 39: 211-218.
- Lira, A. F. A., Rego, F. N. A. A. & Albuquerque, C. M. R.. 2015. How important are environmental factors for the population structure of co-occurring scorpion species in a tropical forest? *Canadian Journal of Zoology*, 93: 15-19.
- Lourenço, W. R. 1997. Synopsis de la faune de scorpions de Colombie, avec des considérations sur la systématique et la biogéographie des espèces. *Revue Suisse de Zoologie*, 104 (1): 61-94.
- Lourenço W. R. 2015. Scorpion diversity and distribution: past and present patterns. Pp. 3-23; en: Gopalakrishnakone, P., Possani, L. D., Schwartz, E. F. & Rodríguez De La Vega, R. (editores), *Scorpion venoms*. Dordrecht: Springer Netherlands.

- Lourenço W. R. 2018. Scorpions and life-history strategies: from evolutionary dynamics toward scorpionism problem. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 24 (19): 1-12.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 203 pp.
- Mantyka-Pringle, C. S., Martin, T. G. & Rhodes, J. R. 2012. Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, 18: 1239-1252.
- McReynolds, C. N. 2008. Microhabitat preferences for the errant scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). *The Journal of Arachnology*, 36 (3): 557-564.
- Medianero, E., Castaño-Meneses, G., Tishechkin, A., Basset, I., Barrios, H., Ødegaard, F., Cline, A. R. & Bail, J.. 2007. Influence of local illumination and plant composition on the spatial and seasonal distribution of litter-dwelling arthropods in a tropical rainforest. *Pedobiologia*, 51: 131-145.
- Miranda, R. J., Bermúdez, S., Flórez, E. D. & Armas, L. F. de. 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., Bermúdez, S., Cleghorn, J. & Cambra, R. A. 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. & Armas, L. F. de. 2020. A new species of *Ananteris* (Scorpiones: Buthidae) from Panama. *Euscorpius*, 297: 1-7.
- Mullu, D. 2016. A review on the effect of habitat fragmentation on ecosystem. *Journal of Natural Sciences Research*, 6 (15): 1-15.
- Nime, M. F., Casanoves, F., Vrech D. E. & Matoni, C. I. 2013. Relationship between environmental variables and surface activity os scorpions in the arid Chaco ecoregion of Argentina. *Invertebrate Biology*, 132: 145-155.
- OConnor, B. 2009. Astigmatid mites (Acari: Sarcoptiformes) of forensic interest. *Experimental and Applied Acarology*, 49: 125-133.
- Outeda-Jorge, S., Mello, T. & R. Pinto-da-Rocha. 2009. Litter size, effects of maternal body size, and date of birth in South American scorpions (Arachnida: Scorpiones). *Zoologia*, 26 (1): 43-53.

- Pardini, R., Nichols, E. & Püttker, T. 2017. Biodiversity response to habitat loss and fragmentation. *Encyclopedia of the Anthropocene*, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09824-9>.
- Polis G. A. 1990. Ecology. Pp.: 247-293; en: Polis G. A., (editor). *The Biology of Scorpions*. Stanford: Stanford University Press; 1990.
- Polis, G. A. & McCormick, S. J. 1987. Intraguild predation and competition among species of desert scorpions. *Ecology*, 68: 332-343.
- Poinar, G. O. & Stockwell, S. A. 1988. A new record of a nematode parasite (Mermithidae) of a Scorpion. *Revue de Nématologie*, 11 (3): 361-364.
- Reboredo, G. R. & Camino, N. B. 1998. Two new species of nematodes (Rhabditida: Diplogasteridae and Rhabditidae) parasites of *Grylodes laplatae* (Orthoptera: Gryllidae) in Argentina. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 93 (6): 763-766.
- Seeman, O. D. & Miller, A. L. 2002. Parasitism of scorpions by mites. *The Tasmanian Naturalist*, 124: 49-55.
- Solé, R. V., Alonso, D. & Saldaña, J. 2004. Habitat fragmentation and biodiversity collapse in neutral communities. *Ecological Complexity*, 1: 65-75.

- Teruel, R. & Cozijn, M. A. C. 2011. A checklist of the scorpions (Arachnida: Scorpiones) of Panama, with two new records. *Euscorpius*, 133: 1-6.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* 33:2-22.
- Vachon, M. 1952. *Études sur les scorpions*. Inst. Pasteur Algérie, Alger, 482 pp.
- Walter, D. E. & Proctor, H. C. 2013. *Mites: ecology, evolution and behaviour*. Segunda edición. Springer Science + Business Media Dordrecht, 488 pp.
- Williams, S. C., Arnaud, P. H. Jr. & Lowe, G. 1994. Parasitism of *Anuroctonus phaiodactylus* (Wood) and *Vaejovis spinigerus* (Wood) (Scorpiones: Vaejovidae) by *Spilochaetosoma californicum* Smith (Diptera: Tachinidae), and a review of parasitism in Scorpiones. *Myia* 5: 11-27.
- Yamaguti, H. Y. & Pinto-da-Rocha, R. 2006. Ecology of *Thestylus aurantiurus* of the Parque Estadual da Serra da Cantareira, São Paulo, Brazil (Scorpiones: Bothriuridae). *The Journal of Arachnology*, 34: 214-220.

## Tablas y figuras

Tabla 1. Características de los fragmentos de bosques en El Cacao, Distrito de Capira. Área de bosque en hectáreas.

| Localidad             | código | Área de bosque | Latitud | Longitud  | Altitud msnm |
|-----------------------|--------|----------------|---------|-----------|--------------|
| Trinidad Arriba       | F1     | 11.53          | 8.73556 | -79.98548 | 270          |
| Aguacate              | F2     | 3.72           | 8.75279 | -79.96834 | 309          |
| Trinidad de las Minas | F3     | 46.32          | 8.77269 | -80.01157 | 330          |

Tabla 2. Tipo de vegetación por niveles de parcelas en tres fragmentos de bosque en El Cacao, Capira, Panamá Oeste.

| Nivel de parcelas | Trinidad Arriba   | Aguacate          | Trinidad de las Minas |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| 1                 | potrero           | área abierta      | potrero               |
| 2                 | potrero           | área abierta      | potrero               |
| 3                 | bosque secundario | área abierta      | rastrojo              |
| 4                 | bosque secundario | bosque secundario | bosque secundario     |

Tabla 3. Número de individuos (n) y abundancia relativa (AR %) por especie de escorpión y por localidad, recolectas de marzo y agosto 2018.

| especie             | Trinidad Arriba (F1) |       | Aguacate (F2) |       | Trinidad de las Minas (F3) |       |
|---------------------|----------------------|-------|---------------|-------|----------------------------|-------|
|                     | n                    | AR %  | n             | AR %  | n                          | AR %  |
| <i>A. canalera</i>  | 11                   | 7.24  | 8             | 9.52  | 3                          | 2.38  |
| <i>C. granosus</i>  | 0                    | 0     | 2             | 2.38  | 7                          | 5.56  |
| <i>T. cerroazul</i> | 0                    | 0     | 1             | 1.19  | 2                          | 1.59  |
| <i>T. ocelote</i>   | 10                   | 6.58  | 21            | 25.00 | 13                         | 10.32 |
| <i>T. jaimeí</i>    | 21                   | 13.82 | 24            | 28.57 | 32                         | 25.40 |
| <i>T. tayrona</i>   | 76                   | 50.00 | 3             | 3.57  | 54                         | 42.86 |
| <i>C. exsul</i>     | 4                    | 2.63  | 0             | 0     | 2                          | 1.59  |
| <i>O. elatus</i>    | 30                   | 19.74 | 25            | 29.76 | 13                         | 10.32 |
| Total               | 152                  | 100   | 84            | 100   | 126                        | 100   |

Tabla 4. Especies de escorpiones por estadio y sexo en los fragmentos de bosque en El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste, colectas de marzo y agosto de 2018.

| especie             | estadio/sexo | F1    |      |        |      | F2    |      |        |      | F3    |      |        |      |
|---------------------|--------------|-------|------|--------|------|-------|------|--------|------|-------|------|--------|------|
|                     |              | marzo |      | agosto |      | marzo |      | agosto |      | marzo |      | agosto |      |
|                     |              | n     | %    | n      | %    | n     | %    | n      | %    | n     | %    | n      | %    |
| <i>C. exsul</i>     | hembras      | 1     | 1.1  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 1     | 1.6  | 0      | 0.0  |
|                     | machos       | 0     | 0.0  | 1      | 1.6  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 1      | 1.6  |
|                     | juveniles    | 0     | 0.0  | 2      | 3.2  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  |
| <i>O. elatus</i>    | hembras      | 3     | 3.4  | 4      | 6.3  | 2     | 4.2  | 4      | 11.1 | 3     | 4.7  | 2      | 3.2  |
|                     | machos       | 1     | 1.1  | 1      | 1.6  | 2     | 4.2  | 2      | 5.6  | 0     | 0.0  | 2      | 3.2  |
|                     | juveniles    | 11    | 12.4 | 10     | 15.9 | 4     | 8.3  | 11     | 30.6 | 4     | 6.3  | 2      | 3.2  |
| <i>A. canalera</i>  | hembras      | 2     | 2.2  | 3      | 4.8  | 2     | 4.2  | 0      | 0.0  | 1     | 1.6  | 1      | 1.6  |
|                     | machos       | 2     | 2.2  | 0      | 0.0  | 1     | 2.1  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  |
|                     | juveniles    | 0     | 0.0  | 4      | 6.3  | 0     | 0.0  | 5      | 13.9 | 1     | 1.6  | 0      | 0.0  |
| <i>C. granosus</i>  | hembras      | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 3     | 4.7  | 0      | 0.0  |
|                     | machos       | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 1      | 2.8  | 1     | 1.6  | 1      | 1.6  |
|                     | juveniles    | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 1      | 2.8  | 1     | 1.6  | 1      | 1.6  |
| <i>T. ocelote</i>   | hembras      | 4     | 4.5  | 1      | 1.6  | 7     | 14.6 | 1      | 2.8  | 3     | 4.7  | 2      | 3.2  |
|                     | machos       | 3     | 3.4  | 1      | 1.6  | 2     | 4.2  | 4      | 11.1 | 4     | 6.3  | 2      | 3.2  |
|                     | juveniles    | 1     | 1.1  | 0      | 0.0  | 6     | 12.5 | 1      | 2.8  | 0     | 0.0  | 2      | 3.2  |
| <i>T. tayrona</i>   | hembras      | 24    | 27.0 | 11     | 17.5 | 2     | 4.2  | 0      | 0.0  | 11    | 17.2 | 7      | 11.3 |
|                     | machos       | 4     | 4.5  | 2      | 3.2  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 7     | 10.9 | 6      | 9.7  |
|                     | juveniles    | 22    | 24.7 | 13     | 20.6 | 1     | 2.1  | 0      | 0.0  | 3     | 4.7  | 20     | 32.3 |
| <i>T. jaime</i>     | hembras      | 4     | 4.5  | 3      | 4.8  | 2     | 4.2  | 3      | 8.3  | 3     | 4.7  | 4      | 6.5  |
|                     | machos       | 2     | 2.2  | 0      | 0.0  | 3     | 6.3  | 0      | 0.0  | 5     | 7.8  | 1      | 1.6  |
|                     | juveniles    | 5     | 5.6  | 7      | 11.1 | 13    | 27.1 | 3      | 8.3  | 11    | 17.2 | 8      | 12.9 |
| <i>T. cerroazul</i> | hembras      | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 1     | 1.6  | 0      | 0.0  |
|                     | machos       | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  |
|                     | juveniles    | 0     | 0.0  | 0      | 0.0  | 1     | 2.1  | 0      | 0.0  | 1     | 1.6  | 0      | 0.0  |
| Subtotal            |              | 89    |      | 63     |      | 48    |      | 36     |      | 64    |      | 62     |      |
| Total               |              | 152   |      |        |      | 84    |      |        |      | 126   |      |        |      |

Tabla 5. Índices de diversidad alfa de comunidad de escorpiones en tres fragmentos de bosque secundario en El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste.

| Índice                           | F1   | F2   | F3   |
|----------------------------------|------|------|------|
| Riqueza de especies (S)          | 6    | 7    | 8    |
| Individuos                       | 152  | 84   | 126  |
| Dominancia (Simpson)             | 0.32 | 0.24 | 0.27 |
| Diversidad (Shannon_H)           | 1.41 | 1.55 | 1.56 |
| Número efectivo de especies (Q1) | 4    | 5    | 5    |
| Equidad de Pielou_e^H/S          | 0.68 | 0.67 | 0.60 |

Tabla 6. Resultados de prueba T modificada de Hutchenson para los valores del índice de Shannon de cada localidad en El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste (F1= Trinidad Arriba; F2= Aguacate; F3= Trinidad de las Minas). La comparación se realiza por pares; los valores de p son mayores a 0.05, por lo que se interpreta como igualdad en la diversidad de forma global entre sitios.

|                        | F1 y F2 | F1 y F3 | F2 y F3 |
|------------------------|---------|---------|---------|
| valor t                | -1.43   | -1.51   | -0.10   |
| grados de libertad     | 198     | 261     | 204     |
| probabilidad (valor p) | 0.155   | 0.132   | 0.920   |

Tabla 7. Índices de diversidad alfa de comunidad de escorpiones por niveles en tres fragmentos de bosque secundario en El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste en dos muestreos: marzo y agosto 2018.

|                                     | mar-18  |         |         |         | ago-18  |         |         |         |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                     | Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 |
| <b>F1= Trinidad Arriba</b>          |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Riqueza de especies                 | 2       | 2       | 4       | 6       | 2       | 2       | 3       | 5       |
| Shannon (H')                        | 0.35    | 0.14    | 1.16    | 1.40    | 0.38    | 0.33    | 1.04    | 1.39    |
| Dominancia Simpson (D)              | 0.80    | 0.94    | 0.36    | 0.32    | 0.78    | 0.82    | 0.38    | 0.29    |
| N° efectivo de especies (Q1= expH') | 1       | 1       | 3       | 4       | 1       | 1       | 3       | 4       |
| N° efectivo de especies (Q2= 1/D)   | 1       | 1       | 3       | 3       | 1       | 1       | 3       | 3       |
| Equidad de Pielou                   | 0.71    | 0.57    | 0.80    | 0.67    | 0.73    | 0.69    | 0.94    | 0.80    |
| <b>F2= Aguacate</b>                 |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Riqueza de especies                 | 3       | 2       | 4       | 5       | 3       | 1       | 4       | 5       |
| Shannon (H')                        | 0.95    | 0.67    | 1.09    | 1.41    | 1.10    | 0.00    | 1.26    | 1.02    |
| Dominancia Simpson (D)              | 0.44    | 0.52    | 0.38    | 0.28    | 0.33    | 1.00    | 0.31    | 0.49    |
| N° efectivo de especies (Q1= expH') | 3       | 2       | 3       | 4       | 3       | 1       | 4       | 3       |
| N° efectivo de especies (Q2= 1/D)   | 2       | 2       | 3       | 4       | 3       | 1       | 3       | 2       |
| Equidad de Pielou                   | 0.86    | 0.98    | 0.74    | 0.82    | 1.00    | 1.00    | 0.88    | 0.56    |
| <b>F3= Trinidad de las Minas</b>    |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Riqueza de especies                 | 0       | 4       | 2       | 6       | 1       | 2       | 2       | 5       |
| Shannon (H')                        | NA      | 0.93    | 0.35    | 1.40    | 0.00    | 0.24    | 0.67    | 1.30    |
| Dominancia Simpson (D)              | NA      | 0.49    | 0.80    | 0.31    | 1.00    | 0.88    | 0.52    | 0.31    |
| N° efectivo de especies (Q1= expH') | NA      | 3       | 1       | 4       | 1       | 1       | 2       | 4       |
| N° efectivo de especies (Q2= 1/D)   | NA      | 2       | 1       | 3       | 1       | 1       | 2       | 3       |
| Equidad de Pielou                   | NA      | 0.63    | 0.71    | 0.68    | 1.00    | 0.64    | 0.98    | 0.74    |

Tabla 8. Densidad de escorpiones por hectárea en tres localidades de El Cacao, Capira para los muestreos de marzo y agosto 2018.

| Localidad             | Nivel de Parcela | Densidad (marzo-2018) | Densidad (agosto 2018) |
|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------------|
| Trinidad Arriba       | 1                | 75                    | 67                     |
|                       | 2                | 275                   | 167                    |
|                       | 3                | 150                   | 33                     |
|                       | 4                | 242                   | 258                    |
| Aguacate              | 1                | 42                    | 25                     |
|                       | 2                | 42                    | 8                      |
|                       | 3                | 175                   | 92                     |
|                       | 4                | 142                   | 117                    |
| Trinidad de las Minas | 1                | 0                     | 8                      |
|                       | 2                | 167                   | 258                    |
|                       | 3                | 75                    | 42                     |
|                       | 4                | 292                   | 200                    |

Tabla 9. Recambio de especies de escorpiones (Índice de Whittaker) entre los niveles de parcelas en tres fragmentos de bosque secundario en El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste.

| Niveles comparados | F1   | F2   | F3   |
|--------------------|------|------|------|
| 1, 2               | 0.20 | 0.43 | 0.60 |
| 1, 3               | 0.25 | 0.33 | 0.33 |
| 1, 4               | 0.33 | 0.27 | 1.00 |
| 2, 3               | 0.43 | 0.33 | 0.33 |
| 2, 4               | 0.50 | 0.50 | 0.60 |
| 3, 4               | 0.09 | 0.20 | 0.75 |

Tabla 10. Características ambientales por niveles de parcelas en tres fragmentos de bosque en El Cacao, Capira, Panamá Oeste. Muestreos: 1= marzo 2018; 2= agosto 2018.

| Fragmento | Niveles | muestreo | Tipo de vegetación | # de especies | individuos | Amplitud térmica °C |       | Humedad relativa promedio (%) |       |
|-----------|---------|----------|--------------------|---------------|------------|---------------------|-------|-------------------------------|-------|
|           |         |          |                    |               |            | día                 | noche | día                           | noche |
| F1        | F1-1    | 1        | 2                  | 2             | 9          | 9.6                 | 5.4   | 71.03                         | 88.89 |
|           | F1-2    | 1        | 2                  | 2             | 33         | 13.2                | 2.4   | 69.09                         | 89.69 |
|           | F1-3    | 1        | 4                  | 4             | 18         | 8.8                 | 2.1   | 75.42                         | 89.78 |
|           | F1-4    | 1        | 4                  | 6             | 29         | 8.1                 | 3.2   | 74.75                         | 90.02 |
|           | F1-1    | 2        | 2                  | 2             | 8          | 20.5                | 6.4   | 74.68                         | 94.66 |
|           | F1-2    | 2        | 2                  | 2             | 20         | 19                  | 6     | 76.05                         | 92.3  |
|           | F1-3    | 2        | 4                  | 3             | 4          | 12.1                | 5.1   | 88.21                         | 92.97 |
|           | F1-4    | 2        | 4                  | 5             | 31         | NA                  | NA    | NA                            | NA    |
| F2        | F2-1    | 1        | 1                  | 3             | 5          | 15.3                | 3.4   | 69.09                         | 91.48 |
|           | F2-2    | 1        | 1                  | 2             | 5          | 16                  | 3     | 69.84                         | 90.34 |
|           | F2-3    | 1        | 1                  | 4             | 21         | 22.4                | 3.1   | 66.19                         | 90.65 |
|           | F2-4    | 1        | 4                  | 5             | 17         | 8.2                 | 2.2   | 78.57                         | 90.31 |
|           | F2-1    | 2        | 1                  | 3             | 3          | NA                  | NA    | NA                            | NA    |
|           | F2-2    | 2        | 1                  | 1             | 1          | 21.7                | 8.3   | 72.71                         | 90.69 |
|           | F2-3    | 2        | 1                  | 4             | 11         | 11.2                | 7.5   | 79.89                         | 90.41 |
|           | F2-4    | 2        | 4                  | 5             | 21         | 8.3                 | 5     | 86.95                         | 91.03 |
| F3        | F3-1    | 1        | 2                  | 0             | 0          | 17                  | 9.8   | 71.11                         | 91.53 |
|           | F3-2    | 1        | 2                  | 4             | 20         | 12.6                | 9.8   | 73.34                         | 91.29 |
|           | F3-3    | 1        | 3                  | 2             | 9          | 7.5                 | 9.2   | 80.05                         | 92.78 |
|           | F3-4    | 1        | 4                  | 6             | 35         | 6.6                 | 4.1   | 80.03                         | 90.37 |
|           | F3-1    | 2        | 2                  | 1             | 1          | 17.7                | 6.9   | 74.69                         | 91.25 |
|           | F3-2    | 2        | 2                  | 2             | 31         | 22                  | 8.5   | 74.88                         | 91.22 |
|           | F3-3    | 2        | 3                  | 2             | 5          | 6.8                 | 6.6   | 90.74                         | 93.17 |
|           | F3-4    | 2        | 4                  | 5             | 25         | 7.5                 | 5.3   | 89.91                         | 91.44 |

Tabla 11. Regresión lineal múltiple aplicada a los datos de amplitud térmica y humedad relativa promedio, por niveles de parcelas en tres fragmentos de bosque en El Cacao, Capira, Panamá Oeste. Muestras: 1= marzo 2018; 2= agosto 2018. Los análisis se corrieron por separado para datos diurnos y nocturnos.

| <i>Estadísticas de la regresión datos diurnos</i> |       |
|---------------------------------------------------|-------|
| Coefficiente de correlación múltiple              | 0.26  |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>      | 0.07  |
| R <sup>2</sup> ajustado                           | -0.03 |
| Error típico                                      | 11.25 |
| Observaciones                                     | 22    |

| ANÁLISIS DE VARIANZA |                           |                          |                               |          |                           |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------|---------------------------|
|                      | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Prom. de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
| Regresión            | 2                         | 179.615                  | 89.8075                       | 0.70914  | 0.50463                   |
| Residuos             | 19                        | 2406.203                 | 126.6423                      |          |                           |
| Total                | 21                        | 2585.818                 |                               |          |                           |

| <i>Estadísticas de la regresión datos nocturnos</i> |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| Coefficiente de correlación múltiple                | 0.41  |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>        | 0.17  |
| R <sup>2</sup> ajustado                             | 0.08  |
| Error típico                                        | 10.62 |
| Observaciones                                       | 22    |

| ANÁLISIS DE VARIANZA |                           |                          |                                  |          |                           |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
|                      | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
| Regresión            | 2                         | 444.232                  | 222.1161                         | 1.9706   | 0.1668                    |
| Residuos             | 19                        | 2141.586                 | 112.7150                         |          |                           |
| Total                | 21                        | 2585.818                 |                                  |          |                           |

Tabla 12. Datos de escorpiones de las parcelas “Limón” y “Otoe” en Trinidad de Las Minas, El Cacao. Ab. relativa se presenta en %; la densidad está expresada en escorpiones por hectárea.

| Parcela Limón       |              |    |              |          |           |              |          |
|---------------------|--------------|----|--------------|----------|-----------|--------------|----------|
| marzo 2019          |              |    |              |          | agosto-19 |              |          |
| especie             | sexo/estadio | n  | Ab. relativa | densidad | n         | Ab. relativa | densidad |
| <i>A. canalera</i>  | hembra       | 0  | 0            | 0        | 5         | 16.1         | 125      |
|                     | macho        | 0  | 0            | 0        | 1         | 3.2          | 25       |
|                     | juvenil      | 0  | 0            | 0        | 1         | 3.2          | 25       |
| <i>C. granosus</i>  | hembra       | 0  | 0            | 0        | 1         | 3.2          | 25       |
|                     | macho        | 1  | 4            | 25       | 3         | 9.7          | 75       |
|                     | juvenil      | 2  | 8            | 50       | 4         | 12.9         | 100      |
| <i>T. cerroazul</i> | hembra       | 0  | 0            | 0        | 0         | 0.0          | 0        |
|                     | macho        | 0  | 0            | 0        | 0         | 0.0          | 0        |
|                     | juvenil      | 0  | 0            | 0        | 1         | 3.2          | 25       |
| <i>T. jaimiei</i>   | hembra       | 3  | 12           | 75       | 0         | 0.0          | 0        |
|                     | macho        | 6  | 24           | 150      | 1         | 3.2          | 25       |
|                     | juvenil      | 4  | 16           | 100      | 4         | 12.9         | 100      |
| <i>T. ocelote</i>   | hembra       | 2  | 8            | 50       | 2         | 6.5          | 50       |
|                     | macho        | 3  | 12           | 75       | 3         | 9.7          | 75       |
|                     | juvenil      | 1  | 4            | 25       | 1         | 3.2          | 25       |
| <i>C. exsul</i>     | hembra       | 0  | 0            | 0        | 1         | 3.2          | 25       |
|                     | macho        | 0  | 0            | 0        | 0         | 0.0          | 0        |
|                     | juvenil      | 0  | 0            | 0        | 1         | 3.2          | 25       |
| <i>O. elatus</i>    | adulto       | 2  | 8            | 50       | 0         | 0.0          | 0        |
|                     | juvenil      | 1  | 4            | 25       | 2         | 6.5          | 50       |
| Total               |              | 25 | 100          | 625      | 31        | 100          | 775      |
| Parcela Otoe        |              |    |              |          |           |              |          |
| marzo 2019          |              |    |              |          | agosto-19 |              |          |
| especie             | sexo/estadio | n  | Ab. relativa | densidad | n         | Ab. relativa | densidad |
| <i>T. jaimiei</i>   | hembra       | 1  | 3.0          | 25       | 1         | 2.5          | 25       |
|                     | macho        | 2  | 6.1          | 50       | 0         | 0            | 0        |
|                     | juvenil      | 3  | 9.1          | 75       | 1         | 2.5          | 25       |
| <i>C. granosus</i>  | hembra       | 2  | 6.1          | 50       | 19        | 47.5         | 475      |
|                     | macho        | 14 | 42.4         | 350      | 11        | 27.5         | 275      |
|                     | juvenil      | 9  | 27.3         | 225      | 8         | 20           | 200      |
| <i>O. elatus</i>    | adulto       | 1  | 3.0          | 25       | 0         | 0            | 0        |
|                     | juvenil      | 1  | 3.0          | 25       | 0         | 0            | 0        |
| Total               |              | 33 | 100          | 825      | 40        | 100          | 1000     |

Tabla 13. Índices de alfa diversidad para las parcelas “Limón” y “Otoe” en Trinidad de Las Minas, El Cacao, muestreos de marzo y agosto de 2019.

| Parcela Otoe                        |  | mar-19 | ago-19 |
|-------------------------------------|--|--------|--------|
| riqueza de especies                 |  | 3      | 2      |
| Shannon (H')                        |  | 0.69   | 0.20   |
| Dominancia Simpson (D)              |  | 0.61   | 0.91   |
| N° efectivo de especies (Q1= expH') |  | 2      | 1      |
| N° efectivo de especies (Q2= 1/D)   |  | 2      | 1      |
| Equidad de Pielou                   |  | 0.66   | 0.61   |
| Parcela Limón                       |  | mar-19 | ago-19 |
| riqueza                             |  | 4      | 7      |
| Shannon (H')                        |  | 1.19   | 1.76   |
| Dominancia Simpson (D)              |  | 0.36   | 0.19   |
| N° efectivo de especies (Q1= expH') |  | 3      | 6      |
| N° efectivo de especies (Q2= 1/D)   |  | 3      | 5      |
| Equidad de Pielou                   |  | 0.82   | 0.83   |

Tabla 14. Distancia horizontal en metros recorrida por escorpiones en dos parcelas de seguimiento “Otoe” y “Limón” en Trinidad de las Minas (incluye los registros por telemetría).

| Parcela Otoe  |                              |    |               |          |
|---------------|------------------------------|----|---------------|----------|
| muestreo      | especie                      | n  | promedio ± DE | Rango    |
| marzo-2019    | <i>Centruroides granosus</i> | 8  | 17.9 ± 10.6   | 7-37.6   |
|               | <i>Tityus jaimeii</i>        | 5  | 20.4 ± 13.8   | 4.4-38.6 |
| agosto-2019   | <i>Centruroides granosus</i> | 19 | 18.9 ± 14.2   | 0-58     |
|               | <i>Tityus jaimeii</i>        | 2  | 7.4 ± 8.5     | 1.4-13.4 |
| Parcela Limón |                              |    |               |          |
| muestreo      | especie                      | n  | promedio ± DE | Rango    |
| marzo-2019    | <i>Tityus jaimeii</i>        | 5  | 16.9 ± 9.5    | 2.6-25.6 |
| agosto-2019   | <i>Tityus jaimeii</i>        | 3  | 12.1 ± 11     | 1-23     |

Tabla 15. Registro de presas de escorpiones en los tres fragmentos de bosque (F1, F2, F3) en El Cacao, Capira, Panamá Oeste.

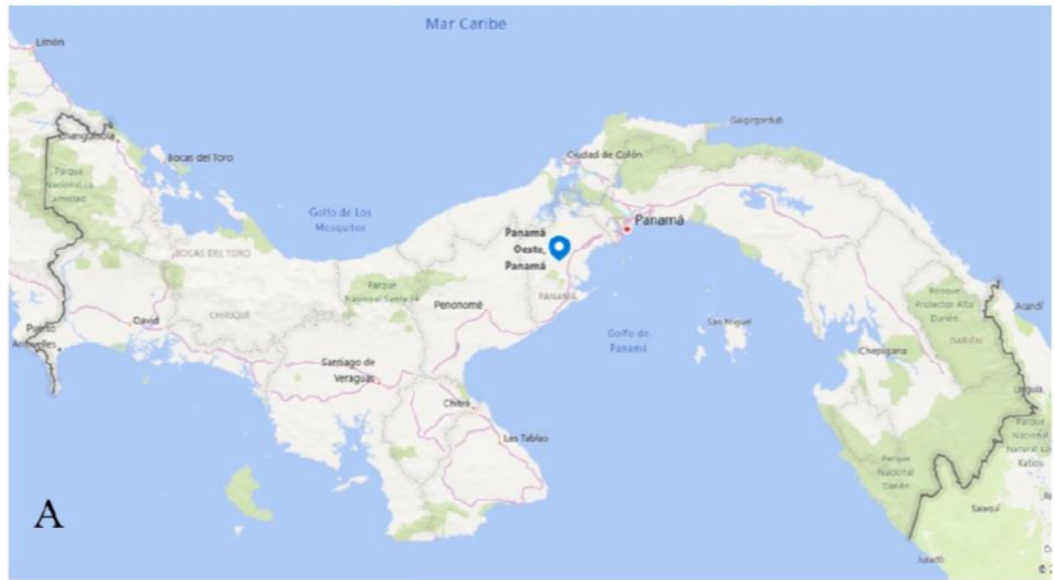
| escorpión                    |         | código de parcela | Fecha     | presa      | taxonomía   |
|------------------------------|---------|-------------------|-----------|------------|-------------|
| <i>Tityus tayrona</i>        | hembra  | F1-R1-2           | 06-mar-18 | araña      | Ctenidae    |
| <i>Tityus tayrona</i>        | macho   | F1-R2-2           | 09-mar-18 | cucaracha  | Blattodea   |
| <i>Tityus tayrona</i>        | juvenil | F1-R2-2           | 14-ago-18 | araña      | Salticidae  |
| <i>Tityus tayrona</i>        | juvenil | F1-R2-2           | 14-ago-18 | cucaracha  | Blattodea   |
| <i>Tityus tayrona</i>        | hembra  | F1-R2-1           | 14-ago-18 | cucaracha  | Blattodea   |
| <i>Tityus jaimeni</i>        | juvenil | F2-R3-2           | 20-mar-18 | cucaracha  | Blattodea   |
| <i>Centruroides granosus</i> | hembra  | F3-R1-2           | 16-mar-18 | polilla    | Lepidoptera |
| <i>Tityus tayrona</i>        | hembra  | F3-R1-3           | 16-mar-18 | chinche    | Hemiptera   |
| <i>Tityus jaimeni</i>        | juvenil | F3-R3-4           | 14-mar-18 | psocóptero | Psocoptera  |
| <i>Tityus ocelote</i>        | hembra  | F3-R3-4           | 19-mar-18 | cucaracha  | Blattodea   |
| <i>Tityus tayrona</i>        | macho   | F3-R1-3           | 16-ago-18 | cucaracha  | Blattodea   |
| <i>Tityus tayrona</i>        | juvenil | F3-R1-3           | 16-ago-18 | cucaracha  | Blattodea   |
| <i>Tityus tayrona</i>        | juvenil | F3-R1-2           | 16-ago-18 | grillo     | Gryllidae   |

Tabla 16. Ácaros asociados a escorpiones de tres localidades de El Cacao, Capira, Panamá Oeste.

| Localidad             | fecha     | especie             |         | ácaro            | tipo de asociación |
|-----------------------|-----------|---------------------|---------|------------------|--------------------|
| Trinidad Arriba       | 14-ago-18 | <i>A. canalera</i>  | juvenil | Histiostomatidae | foresis            |
| Trinidad Arriba       | 14-ago-18 | <i>C. exsul</i>     | macho   | Histiostomatidae | foresis            |
| Aguacate              | 17-mar-18 | <i>T. jaimiei</i>   | juvenil | Acaridae         | comensalismo       |
| Aguacate              | 17-mar-18 | <i>T. cerroazul</i> | juvenil | Histiostomatidae | foresis            |
| Aguacate              | 18-ago-18 | <i>C. granosus</i>  | macho   | Histiostomatidae | foresis            |
| Trinidad de las Minas | 20-mar-18 | <i>T. jaimiei</i>   | hembra  | Acaridae         | comensalismo       |
| Trinidad de las Minas | 16-ago-18 | <i>C. exsul</i>     | macho   | Histiostomatidae | foresis            |
| Trinidad de las Minas | 16-ago-18 | <i>C. granosus</i>  | juvenil | Histiostomatidae | foresis            |
| Trinidad de las Minas | 21-ago-18 | <i>T. jaimiei</i>   | hembra  | Histiostomatidae | foresis            |
| Trinidad de las Minas | 21-ago-18 | <i>T. jaimiei</i>   | juvenil | Histiostomatidae | foresis            |

Tabla 17. Prevalencia de nematodos en escorpiones recolectados en tres localidades de El Cacao, Distrito de Capira, Panamá Oeste.

| Niveles de parcelas | Trinidad Arriba | Aguacate  | Trinidad de las Minas |
|---------------------|-----------------|-----------|-----------------------|
|                     | mar-18          |           |                       |
| Niveles 1 + 2       | 6.25 (1/16)     | 0 (0/6)   | 9.09 (1/11)           |
| Niveles 3 + 4       | 16.66 (1/6)     | 0 (0/9)   | 0 (0/8)               |
| ago-18              |                 |           |                       |
| Niveles 1 + 2       | 15.38 (2/13)    | NA        | 0 (0/12)              |
| Niveles 3 + 4       | 75 (3/4)        | 100 (2/2) | 75 (3/4)              |



© 2021 Microsoft Corporation, © 2021 TomTom

B

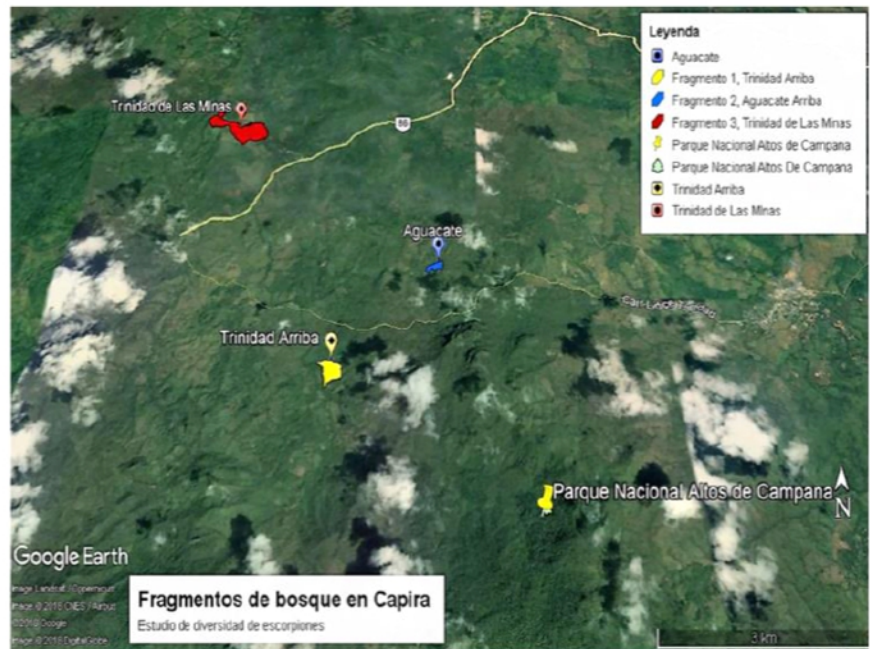


Figura 1. Mapa de Panamá con ubicación de Panamá Oeste (A); en el recuadro (B), se marcan los tres fragmentos de bosque estudiados en el Corregimiento de El Cacao, Distrito de Capira.

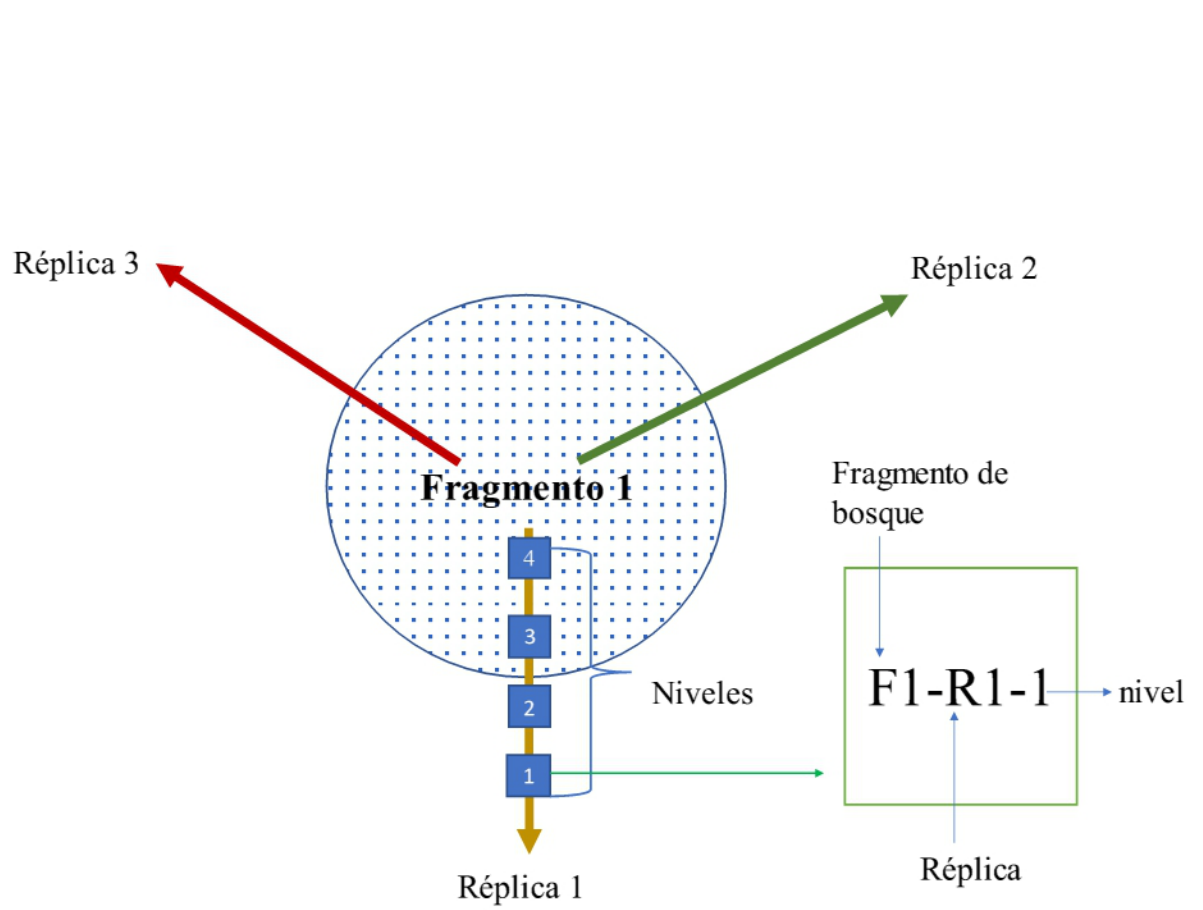


Figura 2. Diagrama de muestreo por fragmento de bosque, y detalle de codificación para cada parcela.

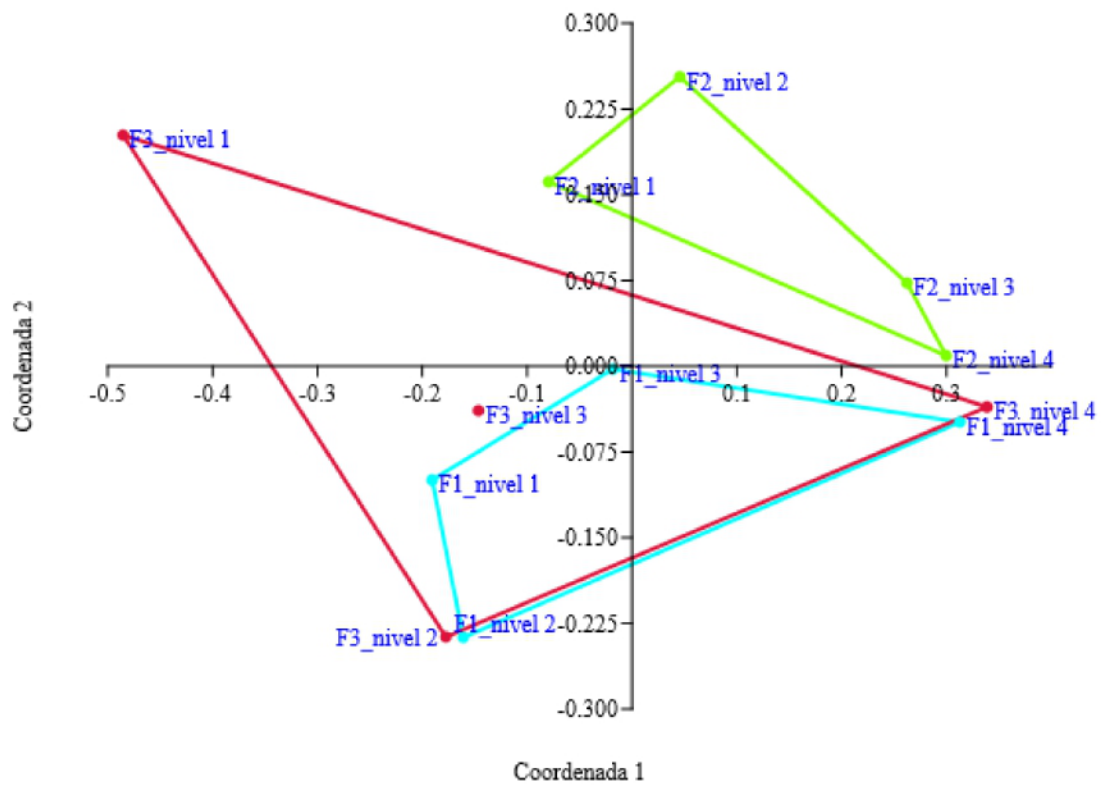


Figura 3. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico de las comunidades de escorpiones en los niveles de parcelas de las tres localidades en El Cacao, Panamá Oeste (F1= Trinidad Arriba; F2= Aguacate; F3= Trinidad de las Minas) usando el índice de similitud de Bray-Curtis. Análisis realizados utilizando el software Past 4.03

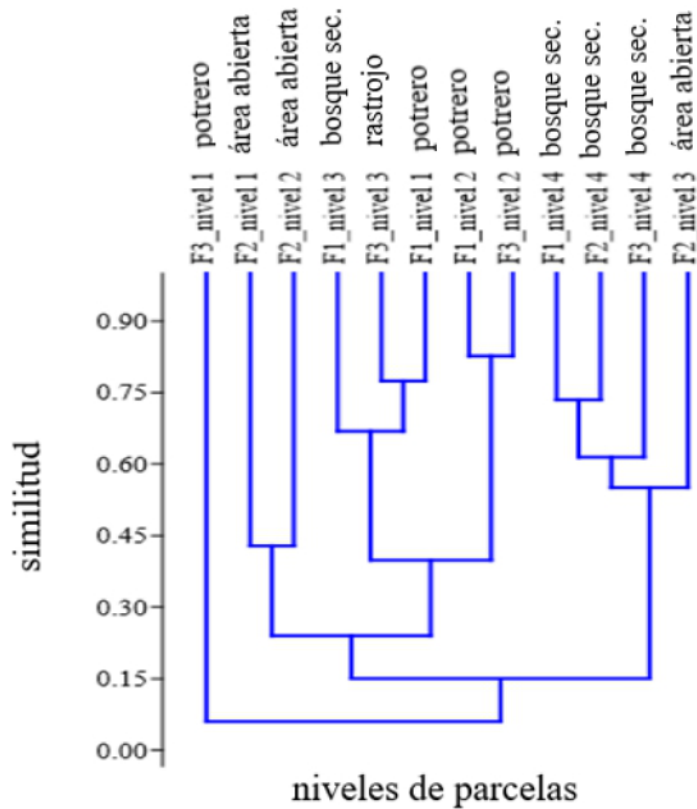


Figura 4. Agrupación jerárquica de comunidades de escorpiones en los niveles de parcelas de las tres localidades en El Cacao, Panamá Oeste (F1= Trinidad Arriba; F2= Aguacate; F3= Trinidad de las Minas) usando el coeficiente de similitud de Bray-Curtis mediante la aplicación del algoritmo de enlace promedio no ponderado (UPGMA); coeficiente de correlación cofenética= 0.9035. Análisis realizados utilizando el software Past 4.03

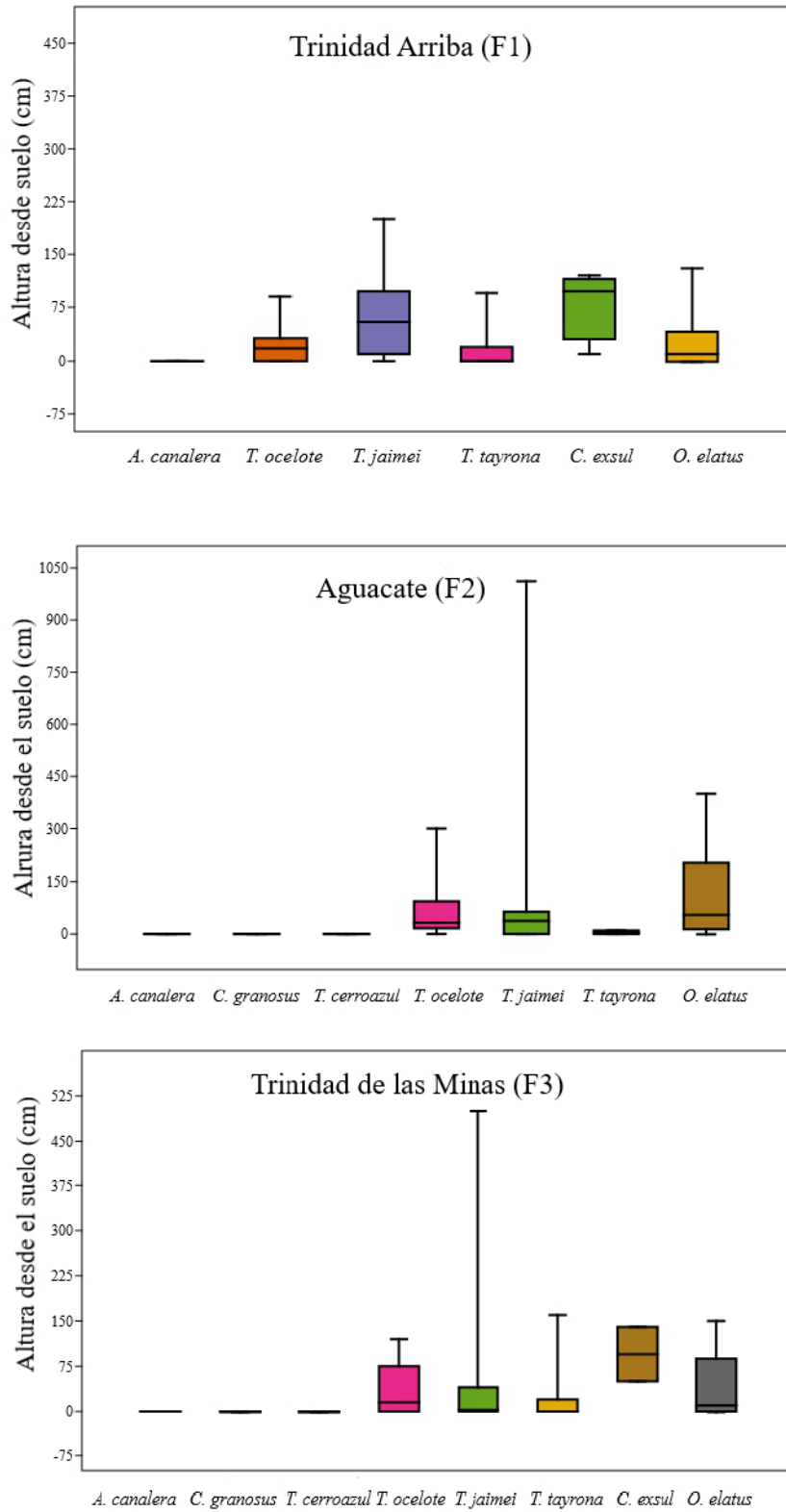


Figura 5. Distribución vertical desde el suelo de los escorpiones por especie y fragmentos.

A



Figura 6. Parcelas de seguimiento en Trinidad de Las Minas, El Cacao: A. Parcela “Otoe” y B. Parcela “Limón”.

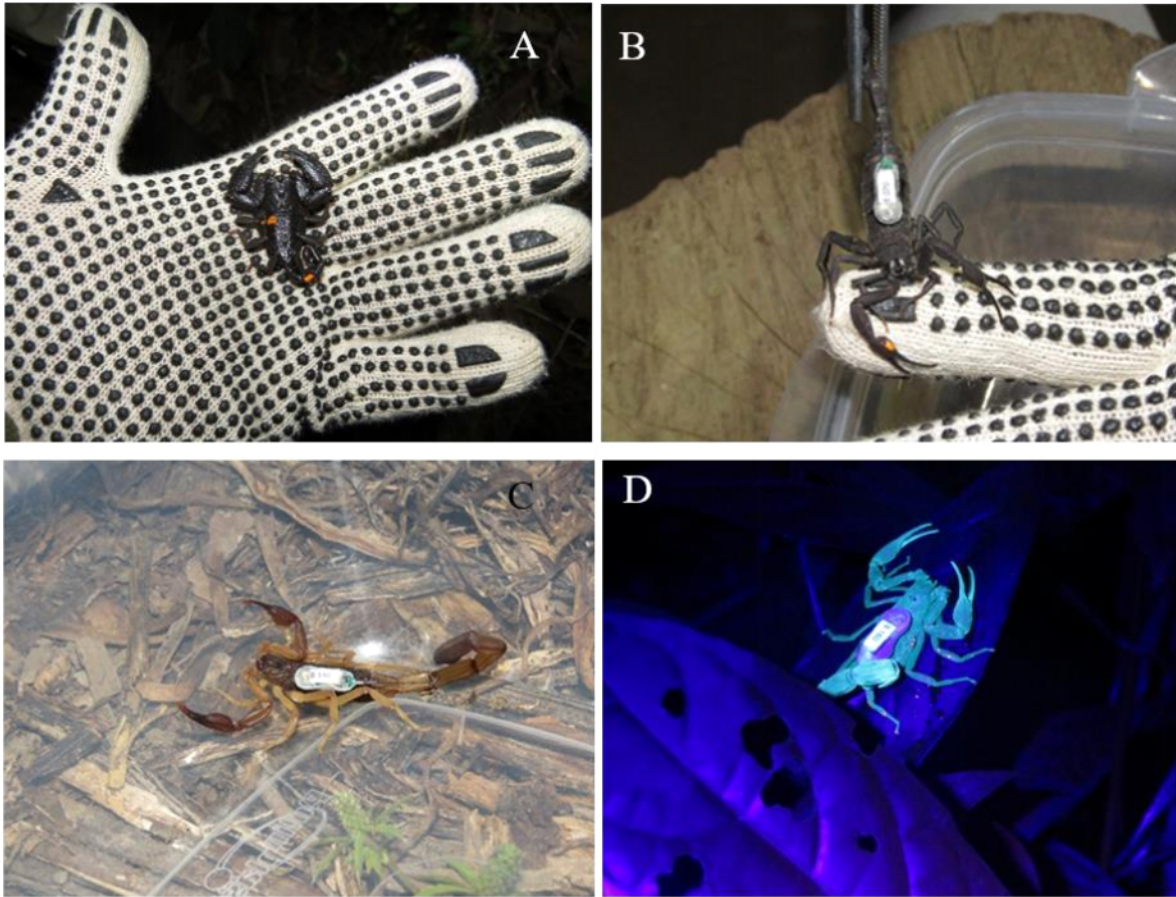


Figura 7. Escorpiones de las parcelas de seguimiento “Otoe” y “Limón” en Trinidad de Las Minas, El Cacao: A. *Opisthacanthus elatus* juvenil marcado con pintura fluorescente. B. *Tityus jaimeni* al colocarle transmisor para telemetría. C. *Centruroides gransosus* macho con transmisor para telemetría D. *T. jaimeni* macho con transmisor para telemetría, cazando sobre la vegetación.

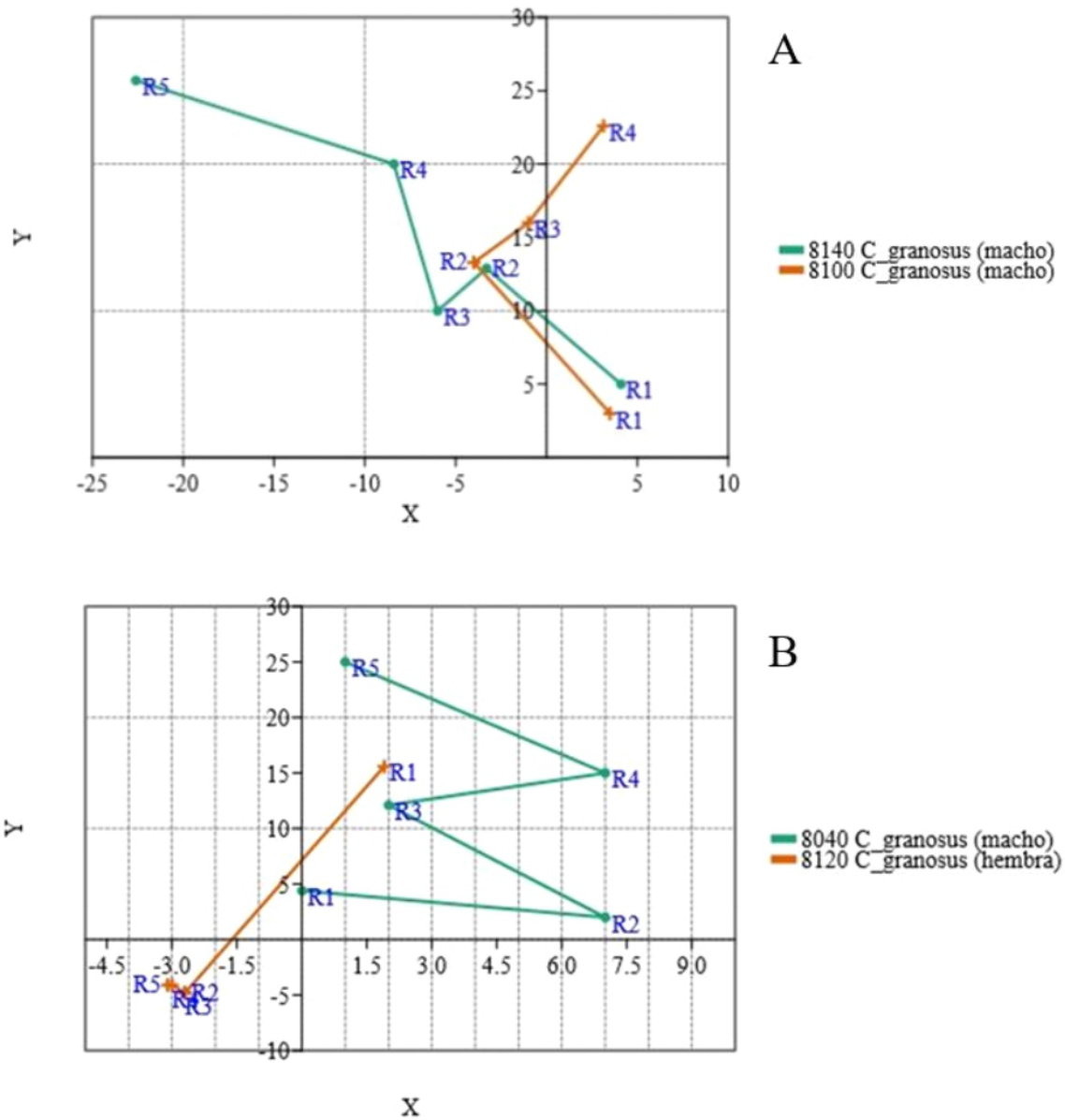


Figura 8. Desplazamiento horizontal basados en datos de registrados por telemetría en parcela “Otoe” marzo (A) y agosto 2019 (B). Los registros aparecen numerados de acuerdo a cronología de captura y recapturas. Las unidades están en metros, los valores negativos indican ubicación fuera de parcela al igual que valor por encima de 20.

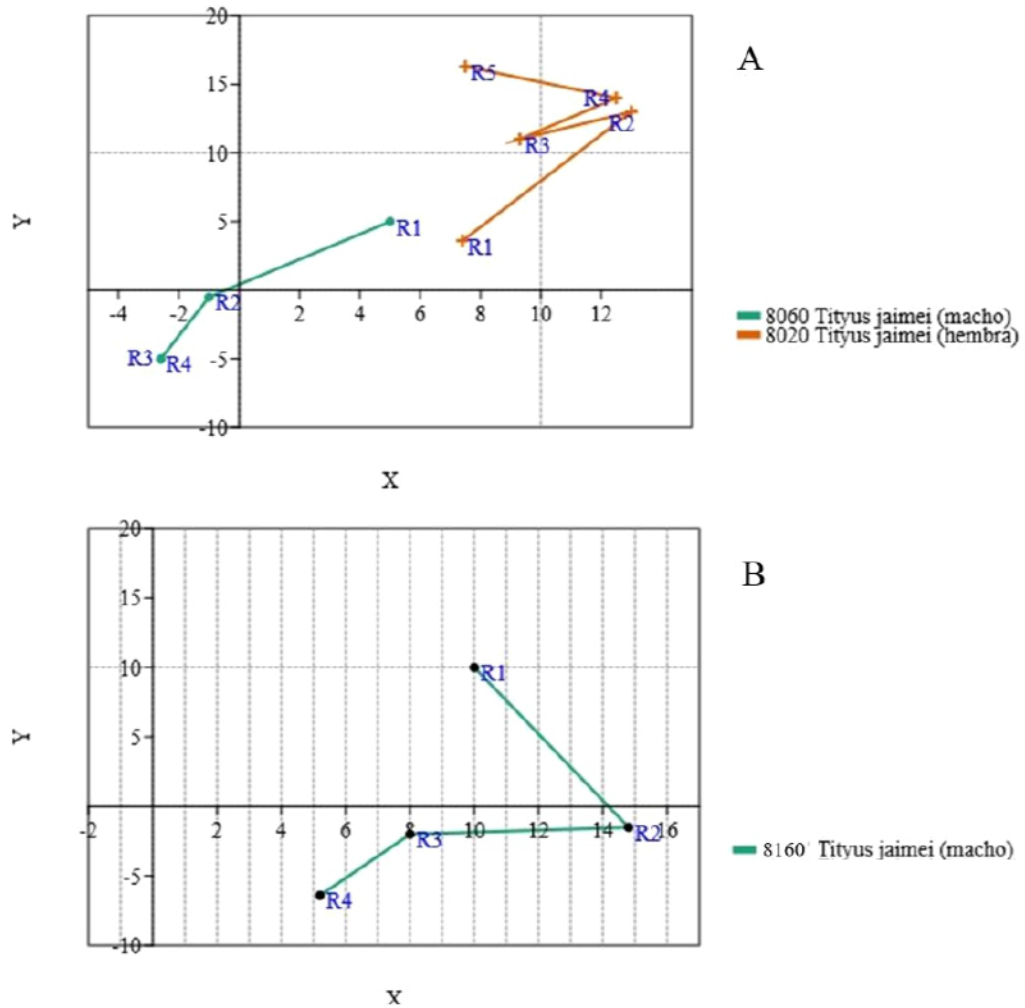


Figura 9. Desplazamiento horizontal basados en datos de registrados por telemetría en parcela “Limón” de ejemplares de *T. jaimeei* en marzo (A) y agosto (B) 2019. Los registros aparecen numerados de acuerdo a cronología de captura y recapturas. Valores negativos indican ubicación fuera de parcela al igual que valor por encima de 20.

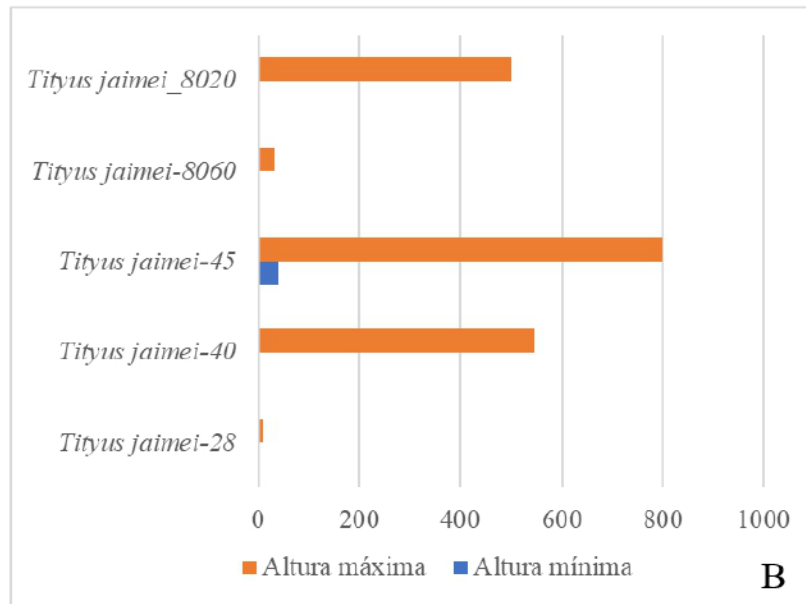
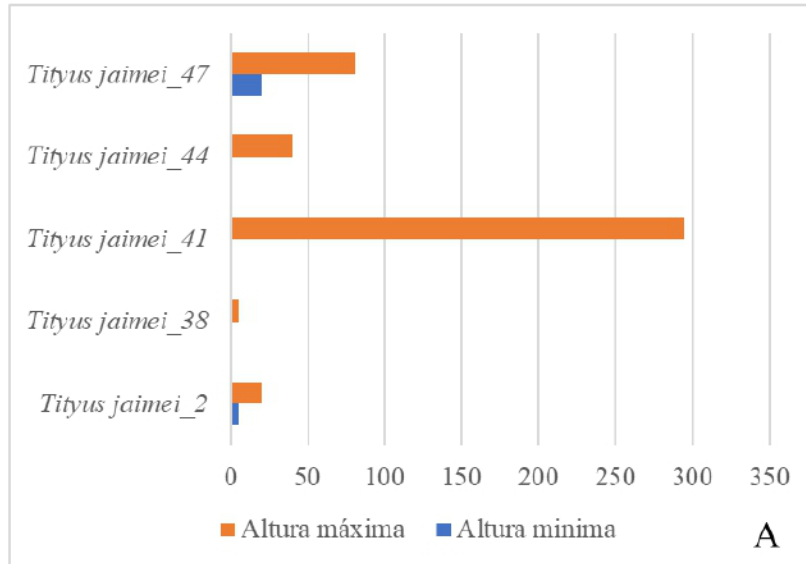


Figura 10. Rango de desplazamiento vertical para escorpiones *Tityus jaimeei* en parcela Limón en marzo (A) y agosto (B) de 2019. Medidas en centímetros.



Figura 11. Presas de escorpiones de El Cacao, Capira: A. *Tityus tayrona* depredando cucaracha; B. *Centruroides granosus* depredando araña errante de la familia Ctenidae.



Figura 12. Nematodo *Rhabditis* sp. (Rhabditidae) asociado a escorpiones de El Cacao, Panamá Oeste.

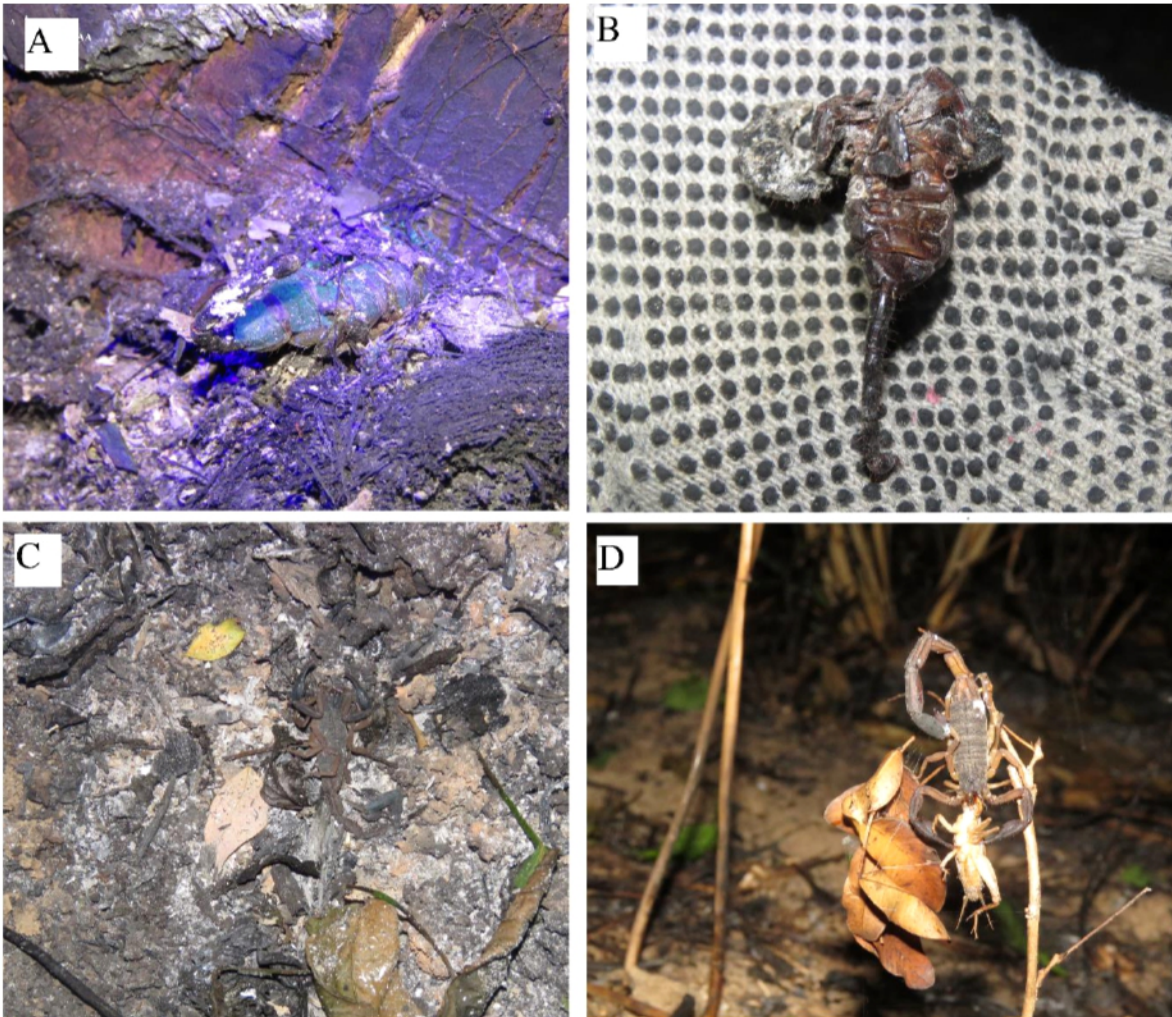


Figura 13. Escorpiones de Trinidad de las Minas en zona quemada durante marzo de 2019; A-B. *Opisthacanthus elatus* quemado en base de palma *Attalea butyracea*. C-D. *Centruroides granosus* macho, en suelo de zona quemada; D. Comiendo grillo en zona quemada.

## **Anexos**

**Anexo 1.** Registro de temperaturas (°C) durante períodos de muestreos en los fragmentos de bosque en El Cacao, Capira.

| Marzo 2018  |   |               |            |                 |            |
|-------------|---|---------------|------------|-----------------|------------|
|             |   | datos diurnos |            | datos nocturnos |            |
|             |   | promedio ± DE | Rango      | promedio ± DE   | Rango      |
| F1          | 1 | 27.96 ± 2.85  | 23.2--32.8 | 24.33 ± 0.72    | 23.6--29   |
|             | 2 | 28.7 ± 3.83   | 22.5--35.7 | 23.95 ± 0.55    | 23.2--25.6 |
|             | 3 | 27.17 ± 2.38  | 22.9--31.7 | 24.34 ± 0.51    | 23.7--25.8 |
|             | 4 | 27.63 ± 2.48  | 23.5--31.6 | 24.36 ± 0.67    | 23.4--26.6 |
| F2          | 1 | 29.46 ± 4     | 22.6--37.9 | 23.86 ± 0.58    | 22.6--26   |
|             | 2 | 29.43 ± 4.33  | 22.6--38.6 | 23.73 ± 0.58    | 22.6--25.6 |
|             | 3 | 31.14 ± 6.2   | 22.3--44.7 | 23.55 ± 0.61    | 22.2--25.3 |
|             | 4 | 26.56 ± 2.15  | 22.9--31.1 | 23.65 ± 0.46    | 22.9--25.1 |
| F3          | 1 | 28.15 ± 4.02  | 22.2--39.2 | 24.18 ± 1.25    | 22.1--31.9 |
|             | 2 | 27.15 ± 3.18  | 22.1--34.7 | 23.98 ± 1.26    | 22.1--31.9 |
|             | 3 | 26.1 ± 1.94   | 22.8--30.3 | 24.41 ± 1.37    | 22.9--32.1 |
|             | 4 | 25.96 ± 1.55  | 23--29.6   | 24.44 ± 0.57    | 23.1--27.2 |
| Agosto 2018 |   |               |            |                 |            |
|             |   | datos diurnos |            | datos nocturnos |            |
|             |   | promedio ± DE | Rango      | promedio ± DE   | Rango      |
| F1          | 1 | 29.53 ± 5.17  | 19.1--39.6 | 21.69 ± 1.63    | 18.9--25.3 |
|             | 2 | 28.95 ± 4.87  | 19.9--38.9 | 21.99 ± 1.51    | 19.2--25.2 |
|             | 3 | 25.87 ± 2.54  | 20.7--32.8 | 22.86 ± 1.31    | 20.6--25.7 |
|             | 4 | NA            | NA         | NA              | NA         |
| F2          | 1 | NA            | NA         | NA              | NA         |
|             | 2 | 30.28 ± 4.69  | 19.8--41.5 | 23.65 ± 2.18    | 19.7--28   |
|             | 3 | 27.41 ± 2.38  | 20--31.2   | 23.43 ± 1.84    | 20--27.5   |
|             | 4 | 25.55 ± 1.86  | 20.5--28.8 | 23.22 ± 1.38    | 20.3--25.3 |
| F3          | 1 | 30.54 ± 4.45  | 21.7--39.4 | 23.71 ± 1.24    | 21--27.9   |
|             | 2 | 31.81 ± 5.67  | 21.9--43.9 | 23.72 ± 1.09    | 21.1--29.6 |
|             | 3 | 26.33 ± 1.91  | 22.4--29.2 | 24.34 ± 1.03    | 22.1--28.7 |
|             | 4 | 25.7 ± 1.98   | 21.7--29.2 | 23.85 ± 0.94    | 21.6--26.9 |

**Anexo 2.** Registro de humedad relativa (%) durante períodos de muestreos en fragmentos de bosque en El Cacao, Capira.

| Marzo 2018  |   |                   |            |                   |            |
|-------------|---|-------------------|------------|-------------------|------------|
|             |   | datos diurnos     |            | datos nocturnos   |            |
|             |   | promedio $\pm$ DE | Rango      | promedio $\pm$ DE | Rango      |
| F1          | 1 | 71.03 $\pm$ 11.08 | 51.8--93   | 88.89 $\pm$ 4.93  | 66.3--93.8 |
|             | 2 | 69.09 $\pm$ 14.21 | 43.2--93.6 | 89.69 $\pm$ 3.87  | 76.7--95.8 |
|             | 3 | 75.42 $\pm$ 10.49 | 56.7--93.4 | 89.78 $\pm$ 3.19  | 77.6--94.1 |
|             | 4 | 74.75 $\pm$ 10.08 | 57.8--95   | 90.02 $\pm$ 4.35  | 78.7--95.1 |
| F2          | 1 | 69.09 $\pm$ 15.9  | 41.1--96.5 | 91.48 $\pm$ 3.77  | 75.5--96.7 |
|             | 2 | 69.84 $\pm$ 15.44 | 42.8--94.7 | 90.34 $\pm$ 3.27  | 76.8--94.6 |
|             | 3 | 66.19 $\pm$ 19.17 | 30.3--95.9 | 90.65 $\pm$ 3.41  | 77.6--95.9 |
|             | 4 | 78.57 $\pm$ 9.67  | 59.1--93.5 | 90.31 $\pm$ 2.48  | 80.9--94.1 |
| F3          | 1 | 71.11 $\pm$ 14.73 | 37.4--98.9 | 91.53 $\pm$ 5.38  | 65.7--100  |
|             | 2 | 73.34 $\pm$ 13.24 | 49.5--99.4 | 91.29 $\pm$ 6.17  | 60--99.3   |
|             | 3 | 80.05 $\pm$ 12.42 | 54.8--99   | 92.78 $\pm$ 6.52  | 62.9--98.7 |
|             | 4 | 80.03 $\pm$ 10.72 | 56.8--97.8 | 90.37 $\pm$ 4.04  | 73.9--96.6 |
| Agosto 2018 |   |                   |            |                   |            |
|             |   | datos diurnos     |            | datos nocturnos   |            |
|             |   | promedio $\pm$ DE | Rango      | promedio $\pm$ DE | Rango      |
| F1          | 1 | 74.68 $\pm$ 16.60 | 44.2--98.3 | 94.66 $\pm$ 5.93  | 59.5--97.7 |
|             | 2 | 76.05 $\pm$ 13.66 | 46.9--95.2 | 92.3 $\pm$ 4.98   | 66.5--95.1 |
|             | 3 | 88.21 $\pm$ 6.81  | 71--97.3   | 92.97 $\pm$ 4.8   | 68.2--96.3 |
|             | 4 | NA                | NA         | NA                | NA         |
| F2          | 1 | NA                | NA         | NA                | NA         |
|             | 2 | 72.71 $\pm$ 12.99 | 43.2--95.2 | 90.69 $\pm$ 3.97  | 73.3--94.6 |
|             | 3 | 79.89 $\pm$ 7.82  | 64.2--94.5 | 90.41 $\pm$ 5.16  | 71.9--94   |
|             | 4 | 86.95 $\pm$ 7.62  | 65.1--97.5 | 91.03 $\pm$ 9.19  | 64.7--97.2 |
| F3          | 1 | 74.69 $\pm$ 13.48 | 48.9--97.1 | 91.25 $\pm$ 6.5   | 75.0--97.0 |
|             | 2 | 74.88 $\pm$ 14.18 | 46.8--97   | 91.22 $\pm$ 7.35  | 71.6--96.7 |
|             | 3 | 90.74 $\pm$ 6.70  | 76.3--100  | 93.17 $\pm$ 7.37  | 74.8--99.8 |
|             | 4 | 89.91 $\pm$ 5.72  | 77.1--96.6 | 91.44 $\pm$ 4.82  | 78.1--96.8 |



### CAPÍTULO 3. COMPARACIÓN DEL VENENO DE ESCORPIONES BUTHIDAE DE PANAMÁ

#### Resumen

Los escorpiones son artrópodos depredadores de hábitos nocturnos dotados de glándulas productoras de veneno en el extremo terminal del metasoma. Este veneno constituido por toxinas, proteasas, sales y péptidos libres, entre otros elementos, lo utiliza para la captura de presas o para su defensa contra potenciales depredadores. De las cerca de 2600 especies descritas de escorpiones, el veneno de aproximadamente 2% de estas resulta dañino para las personas. En Panamá, se han reportado 20 especies de escorpiones, destacando cuatro del género *Tityus*, por ser responsables de envenenamientos letales. El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de similitud entre los venenos de cuatro poblaciones de *Tityus jaimeii*, y compararlas con el veneno de *Tityus championi*, *T. festae* y *Centruroides granosus* de Panamá, utilizando métodos electroforéticos, cromatográficos y proteómicos. Los resultados indican una gran diversidad y abundancia de neurotoxinas y proteasas en los venenos de *Tityus* analizados. Mediante análisis de espectrometría de masas en tándem se identificaron los distintos componentes de los venenos, comparándolos con las proteínas de arácnidos de la base de datos UniProt/SwissProt. Se encontraron numerosas similitudes en los componentes de los venenos de *T. jaimeii* y *T. festae* con *Tityus obscurus*, principalmente en las neurotoxinas, metaloproteasas y componentes enzimáticos. Por su parte, los componentes proteicos del veneno de *C. granosus* encontraron coincidencias principalmente con el veneno de *Centruroides hentzi*. El índice de similitud de Jaccard entre los venenos de las cuatro poblaciones de *Tityus jaimeii* estuvieron cerca del 0.50 relacionadas con la presencia diferencial de algunos componentes como la alfa amilasa, enzima convertidora de angiotensina, enzima convertidora de endotelina, péptido potenciador de la bradicinina, péptidos antimicrobianos y por otros componentes de los que se desconoce su función en el veneno de escorpión. El grado de similitud entre los venenos de *Tityus jaimeii* no parece estar relacionado con distancia geográfica de los puntos de origen.

## Introducción

Los escorpiones son arácnidos depredadores de hábitos nocturnos con la capacidad de producir e inyectar veneno. Dicho veneno les sirve para someter a sus presas y como defensa contra posibles enemigos naturales, principalmente depredadores (Nisani & Hayes, 2015; Van der Meijden et al., 2015). El veneno es producido en un par de glándulas alojadas en la vesícula del telson, ubicado en el extremo posterior del metasoma, y lo inyectan a través de un aguijón acanalado que conecta con las glándulas de la vesícula (Stockmann, 2015).

El veneno de los escorpiones está constituido principalmente por neurotoxinas de bajo peso molecular, péptidos antimicrobianos, enzimas, fosfolipasas, sales, péptidos libres, lípidos y componentes no identificados (Batista *et al.*, 2004; Schwartz et al., 2008). El efecto tóxico del veneno de escorpión está asociado principalmente a las neurotoxinas que actúan sobre los distintos canales iónicos de las células. Estas neurotoxinas actúan modificando o bloqueando el funcionamiento de los canales de sodio, potasio, calcio y cloro (Batista *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2018). Algunas de estas neurotoxinas tienen efecto tóxico sobre mamíferos, otras sobre artrópodos o sobre ambos grupos (Possani *et al.*, 1999; Santos-da Silva *et al.*, 2017).

La combinación de técnicas de análisis proteómicos y del transcriptoma de las glándulas de veneno de los escorpiones, así como de los ensayos de actividad biológica o electrofisiológica, han generado gran cantidad de información, tanto sobre las especies

de relevancia en salud como de aquellas no peligrosas para las personas (Santibáñez-López et al. 2017; Ward *et al.*, 2018a).

La diversidad de componentes activos reconocidos en los venenos de escorpiones se estudia en la búsqueda de candidatos para el desarrollo de fármacos y otros usos en el campo de la medicina (Harrison *et al.*, 2014; Ortiz *et al.*, 2015; Ward *et al.*, 2018b). Dicha diversidad también es aprovechada en los estudios evolutivos (Borges et al., 2020) y ecológicos en los que se evalúan los factores ambientales relacionados con las variaciones inter e intraespecíficas de los venenos (Rodríguez-Ravelo et al., 2013).

Las diferencias intraespecíficas han sido relacionadas con múltiples factores, los cuales pueden ser biológicos, como la edad y sexo de los escorpiones, y ecológicos (factores ambientales abióticos e interacciones ecológicas) (Pimenta *et al.*, 2003; Abdel-Rahman *et al.*, 2009; De Sousa *et al.*, 2010).

Por otro lado, el reconocimiento de toxinas muy similares entre especies de escorpiones nocivas es de gran ayuda al momento de diseñar y mejorar las pautas para atender los envenenamientos que ocurren en áreas endémicas, tomando en cuenta la diversidad y disponibilidad de antivenenos producidos en cada región (Borges *et al.*, 2020).

De las cerca de 2600 especies descritas de escorpiones, aproximadamente el 2% son reconocidas como dañinas para el ser humano (Lourenço, 2018; Ward *et al.*, 2018). A pesar de esto, los envenenamientos por escorpiones constituyen un problema de salud

pública en casi todos los continentes, teniendo a una población en riesgo de 2.3 miles de millones de personas (Chippaux & Goyfon, 2008). La incidencia anual de envenenamientos por escorpiones en el mundo se ha estimado en 1.5 millones y 2600 muertes cada año, principalmente en niños (Chippaux, 2012). La mayoría de las especies nocivas pertenecen a la familia Buthidae, la cual representa casi el 48% de la diversidad actual del orden Scorpiones (Ward *et al.*, 2018; Rein, 2021).

La fauna de escorpiones de Panamá incluye 21 especies de escorpiones de las familias Buthidae (19 spp.), Chactidae (1 sp.) y Hormuridae (1 sp.). Cuatro especies de *Tityus* (Buthidae) han sido relacionadas a los casos graves y fatales de escorpionismo, mientras que las especies de *Centruroides* provocan la mayor cantidad de envenenamientos (Borges, 2015). Entre los años 2016 hasta 2019 se han registrado alrededor de 15,000 casos de accidentes traumáticos con escorpión en Panamá (MINSAs, 2020).

Para el presente estudio se escogieron los venenos de tres especies de *Tityus* y de *Centruroides granosus*. *Tityus jaimeii* es la especie incriminada en la mayoría de los envenenamientos graves y muertes en Panamá; tiene amplia distribución, estando presente en las provincias de Panamá, Panamá Oeste, Coclé, Colón, Herrera, Los Santos, Veraguas y Bocas del Toro (Miranda *et al.*, 2020). *Tityus festae* ha sido asociada a muertes en la provincia de Darién y al este de la provincia de Panamá, encontrándose también en la zona montañosa de la Comarca Guna Yala (Borges *et al.*, 2012). Por su parte, *Tityus championi* es endémica de la provincia de Chiriquí en Panamá y Puntarenas en Costa Rica (Teruel, 2011), área en donde ha provocado al menos un envenenamiento

moderado (Miranda *et al.*, 20). *C. granosus* es una especie endémica de Panamá, muy frecuente en áreas de uso agropecuario y residencial en las provincias de la vertiente del Pacífico. A esta especie se le incrimina en la mayoría de los casos de escorpionismo de este país, pero sin mayores complicaciones clínicas para los pacientes (Borges *et al.*, 2012).

El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de similitud entre los venenos de cuatro poblaciones de *Tityus jaimeii*, ubicadas en las vertientes del Caribe y el Pacífico. En la comparación se incluye también el veneno de *Tityus championi* Pocock, 1898, de *Tityus festae* Borelli, 1899 y de *Centruroides granosus* (Thorell, 1876). Para tal fin, se analizaron los venenos utilizando métodos electroforéticos, cromatográficos y proteómicos. Se practicó un agrupamiento jerárquico de los venenos para determinar el grado de similitud, lo que ha demostrado ser útil para agrupar proteínas de los venenos en otros grupos de animales (Sousa *et al.*, 2013).

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de venenos**

El veneno se obtuvo de entre 5 y 10 ejemplares de escorpiones machos de *C. granosus*, *T. festae* y *T. jaimeii* y hembras de *T. championi* colectados en siete localidades de Panamá entre junio 2017 a mayo 2018 (Tabla 1). Se utilizó veneno de hembras de *T. championi* al no contar con veneno de machos. Estas colectas se realizaron con la autorización del Ministerio de Ambiente (permiso científico SC/A-

31-18). La extracción del veneno se realizó de forma manual por provocación directa, usando Parafilm® Bemis fijado a un vidrio de reloj (7.5 cm de diámetro) y agua ultrapura para el lavado. El proceso de liofilización del veneno se realizó a  $-84\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $0.14\text{ mbar}$ .

Los escorpiones utilizados en nuestro estudio fueron recolectados en el campo y se mantuvieron bajo similares condiciones desde su captura hasta la extracción de veneno, tratando de disminuir al máximo la variación causada por diferencias metodológicas. En el laboratorio, la temperatura promedio fue de  $24.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.37\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa promedio fue de  $50\% \pm 7.7\%$ ; en un período de una semana se le brindaba un grillo *Acheta domestica* para su alimentación y se les suministraba agua a través de algodón humedecido. Todos los venenos correspondieron a la primera extracción de los escorpiones desde su captura en campo; aun así, su condición previa es algo que no se controla y es una fuente de variación no cuantificable.

### **Electroforesis en condiciones disociantes**

Los componentes de los venenos crudos ( $24\text{ }\mu\text{g}$ ) fueron separados en un gel de poliacrilamida de dodecil sulfato de sodio 15% (SDS-PAGE) (Laemmli, 1970) bajo condiciones reductoras en un sistema Mini Protean (Bio-Rad) a  $150\text{--}180\text{ V}$  y teñidos con azul Coomassie R-250. Los pesos moleculares de las bandas se estimaron utilizando el marcador estándar de rango bajo ThermoFisher 26616. La imagen del gel se documentó en el BioRad Molecular Imager ChemiDoc XRS+ y se analizó con

el Image Lab 2.0 software.

### **Cromatografía líquida de alta eficacia de fase inversa (RP-HPLC)**

Para la obtención de los perfiles cromatográficos, los venenos crudos liofilizados (0.34-1 mg) fueron disueltos en 210  $\mu\text{L}$  de agua purificada (18 M $\Omega$ /cm) conteniendo ácido trifluoroacético 0.1% (TFA; solución A) y centrifugados a 10,000 g durante 5 minutos. Posteriormente, el veneno soluble fue inyectado, para separarlo por RP-HPLC, en una columna C18 (250 x 4.6 mm, 5  $\mu\text{m}$  de diámetro de partícula; Phenomenex) en un instrumento Agilent modelo 1220, monitoreado a 215 nm, y eluído con un gradiente lineal de 0 a 70% hacia acetonitrilo con TFA 0.1% (solución B) durante 60 minutos, con una tasa de flujo de 1 mL/min.

### **Perfil proteómico por espectrometría de masas en tándem (MS/MS)**

Las muestras de 15  $\mu\text{g}$  de veneno se redujeron con ditioneitol 10 mM durante 30 minutos a 56 °C, se trataron con yodoacetamida 50 mM durante 20 minutos en la oscuridad (alquilación) y se digirieron con tripsina de grado de secuenciación a 37 °C durante la noche, en un volumen total de 40  $\mu\text{L}$ . Después de la adición de 0,5  $\mu\text{L}$  de ácido fórmico 0.1%, las mezclas de péptidos trípticos resultantes se centrifugaron y separaron mediante RP-HPLC en un cromatógrafo nano-Easy 1200 (Thermo) en línea con un espectrómetro de masas Q-Exactive Plus® (Thermo). Se cargaron 10  $\mu\text{L}$  de mezcla de péptidos, que contenían 0.7  $\mu\text{g}$ , en una columna trampa C18 (75  $\mu\text{m}$  x 2 cm, partícula de 3  $\mu\text{m}$ ; PepMap, Thermo), se lavaron con ácido fórmico al 0.1% (solución A) y se separaron a 200 nL/min en una columna C18 Easyspray® (75  $\mu\text{m}$

× 15 cm, partícula de 3 µm; PepMap, Thermo). Se desarrolló un gradiente hacia la solución B (acetonitrilo al 80%, ácido fórmico al 0,1%) durante 120 minutos de la siguiente manera: 1 a 5% de B en 1 minuto, 5 a 26% de B en 84 minutos, 26 a 80% de B en 30 minutos, 80-99% B en 1 min y 99% B durante 4 min. Los espectros de MS se adquirieron en modo positivo a 2.0 kV, con una temperatura capilar de 200 °C, utilizando 1 µscan en el rango 400-1600 m/z (relación masa/carga), tiempo máximo de inyección de 50 milisegundos, objetivo AGC de  $1 \times 10^6$  y resolución de 70.000. Los 10 iones superiores con 2-5 cargas positivas se fragmentaron con un objetivo de AGC (control automático de ganancia) de  $3 \times 10^6$ , un AGC mínimo de  $2 \times 10^3$ , un tiempo de inyección máximo de 110 mseg, un tiempo de exclusión dinámica de 5 segundos y una resolución de 17.500. Los espectros de MS/MS se procesaron frente a secuencias de proteínas contenidas en la base de datos UniProt/SwissProt (Arachnida, febrero 2020) utilizando Peaks X® (Bioinformatics Solutions) y se asignaron coincidencias a familias de proteínas conocidas por similitud (Ward *et al.*, 2018a). La carbamidometilación de cisteína se estableció como una modificación fija, mientras que la desamidación de la asparagina o la oxidación de glutamina y metionina se estableció como modificaciones variables, permitiendo hasta 3 escisiones omitidas por la tripsina. Los parámetros para la aceptación de coincidencias se establecieron en FDR (“False Discovery Rate”, tasa de falsos descubrimientos) <0.1%, detección de al menos 1 péptido único y puntuación de proteína  $-10 \lg P \geq 40.5$  (Lomonte *et al.* 2020).

### **Similitud entre venenos: Agrupamiento jerárquico de los venenos**

Los péptidos resultantes del perfil proteómico de los venenos analizados fueron revisados manualmente para generar una matriz de datos binarios de presencia/ausencia. Con estos datos se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico aglomerativo en el programa PAST 4.04, utilizando el método de amalgamiento simple (*single linkage*), calculando la máxima similitud entre los venenos. El grado de similitud entre los venenos se expresa a través del índice de similitud de Jaccard, ilustrado como un dendograma.

Las coincidencias de los péptidos fueron clasificadas en 15 grupos de componentes: neurotoxinas que afectan los canales de sodio, potasio y calcio (Bordon *et al.*, 2015), metaloproteasas, hialuronidasas, fosfolipasas A2, proteinasas de serina, lectinas, proteínas secretoras ricas en cisteína (CRISP), alfa amilasa, enzima convertidora de angiotensina, enzima convertidora de endotelina, péptido potenciador de la bradicinina, péptidos antimicrobianos y otros péptidos. En la categoría de otros péptidos se agruparon aquellas proteínas/péptidos no caracterizados o que no se le pudo asociar una función conocida en los venenos. Se realizó un análisis de correspondencia para determinar los componentes que aportaron más en los agrupamientos de los venenos tomando en cuenta la cantidad de péptidos asignados a cada grupo de componentes; el análisis se practicó en PAST 4.04.

## Resultados

### Electroforesis en condiciones disociantes

La separación de los componentes de los venenos en el gel SDS-PAGE resultaron predominantemente en bandas con un rango de pesos moleculares entre 9 hasta 60 kDa, con un patrón de migración de proteínas muy similares entre las especies de *Tityus* (Figura 2). Pocas bandas se observaron por encima de los 100 kDa, presentes solo en los venenos de *T. jaimeii* de El Montuoso y *T. festae*. El veneno de *T. jaimeii* de Colón, Veraguas y R. F. El Montuoso presentaron diferentes números de bandas de separación: 10, 11 y 13 respectivamente. El patrón de separación de los venenos de *T. festae* y *T. championi* presentaron 13 bandas, mientras que el veneno de *C. granosus* presentó siete bandas (Figura 3). Los mayores componentes proteicos de los venenos analizados migraron a aproximadamente 9, 10 y 11 kDa en todos los venenos (Figura 4; Tabla 2).

### RP-HPLC

Los cromatogramas obtenidos por RP-HPLC evidencian algunas diferencias entre el número de picos presentes en el veneno de distintas poblaciones de *T. jaimeii* (Figuras 5-6). Todos los cromatogramas presentaron numerosos picos bien definidos. El veneno de las poblaciones de *T. jaimeii* de Veraguas y Colón presentaron 37 y 38 picos, respectivamente, mientras que el veneno de la población de Panamá Oeste presentó 20 picos y la población de R. F. El Montuoso 31. Por su parte, el veneno de *T. championi* presentó 22 picos, y los de *T. festae* y de *C. granosus* ambos presentaron 31 picos. Entre el 83.8 y 95% de los picos ocurrieron entre los 20 y 46

minutos de corrida del gradiente: *T. festae* (87.1%), *T. championi* (86.4%), *C. granosus* (90.3%), *T. jamei* de Colón (83.8%), *T. jamei* de Veraguas (84.2%), *T. jamei* de Panamá Oeste (95%) y *T. jamei* de R. F. El Montuoso (83.9%).

### **Espectrometría de masas en tándem**

La identificación de los péptidos se realizó mediante el análisis de la similitud de sus secuencias con aquellas que corresponden a secuencias de proteínas depositadas en la base de datos de UniProt/SwissProt derivadas de los escorpiones *Tityus obscurus* (Gervais, 1843) (45 coincidencias), *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 (3 coincidencias), *Tityus bahiensis* (Perty, 1833) (2 coincidencias), *Centruroides hentzi* (Banks, 1900) (19 coincidencias) *Centruroides noxius* Hoffmann, 1932 (1 coincidencia), *Centruroides sculpturatus* Ewing, 1928 (1 coincidencia), *Mesobuthus eupeus* (C. L. Koch, 1839) (2 coincidencias), *Androctonus bicolor* Ehrenberg, 1828 (1 coincidencia), *Hottentotta judaicus* (Simon, 1872) (1 coincidencia), *Isometrus maculatus* (DeGeer, 1778) (1 coincidencia) y para especies de otros grupos de Arachnida (8, principalmente Acari y Araneae), resultando en un total de 84 coincidencias (Apéndice 1).

El porcentaje de identidad de las coincidencias para las distintas proteínas estuvo entre 1 y 32% para los componentes del veneno de *T. festae*, entre 2 y 41% para *T. championi*, 2-32% para *C. granosus*, 2-36% para el veneno de *T. jamei* de Colón, 2-33% para la población de Veraguas, 2-33% para la de El Montuoso y 2-22% para la población de Panamá Oeste. Los porcentajes de identidad más bajos se observaron en las coincidencias con proteínas de otros grupos de Arachnida distintos a Scorpiones.

Los venenos de las distintas poblaciones de *T. jaime* presentaron coincidencia con diversas neurotoxinas, que afectan canales de sodio, potasio y calcio principalmente derivadas de veneno de *T. obscurus*. Igual ocurrió con los venenos de *T. festae* y *T. championi*. Las metaloproteasas constituyeron el segundo grupo de componentes con más coincidencias para los venenos de las especies de *Tityus*, sin embargo, las coincidencias con metaloproteasas en el veneno de *C. granosus* fue notablemente menor (Tabla 7).

Del análisis MS/MS se obtuvieron perfiles proteómicos para los venenos de las especies de Buthidae: *C. granosus*, *T. championi*, *T. festae* y *T. jaime* (4 poblaciones). La cantidad de péptidos obtenidos para cada veneno estuvo de la siguiente manera: *C. granosus* (39 péptidos), *T. championi* (52 péptidos), *T. festae* (110 péptidos), *T. jaime* de Colón (110 péptidos), *T. jaime* de Veraguas (93 péptidos), *T. jaime* de R. F. El Montuoso (90 péptidos) y *T. jaime* de Panamá Oeste (65 péptidos). Al tomar en cuenta esta información, se elaboró una matriz con 274 distintos péptidos, los cuales se listaron en una matriz binaria de presencia (1) /ausencia (0) para los venenos analizados (Apéndice 2).

Resultado del análisis por agrupamiento jerárquico de los péptidos identificados, se produjo un dendrograma (Figura 7) que muestra una baja similitud entre los venenos analizados. Los venenos más similares resultaron los de *T. jaime* de Veraguas y R. F. El Montuoso (índice de similitud de Jaccard= 0.51), y de modo decreciente con

los venenos de *T. jaime* de Colón, *T. festae* (0.4 para ambos) y *T. jaime* de Panamá Oeste (0.39). Por otro lado, los venenos de *T. championi* y *C. granosus* demostraron los valores de similitud más baja con el grupo anterior, con coeficientes de similitud menores a 0.26 y 0.02 respectivamente (Tabla 3). Estos agrupamientos no parecen guardar el mismo tipo arreglo obtenido en el análisis filogenético basado en COI en el capítulo 1.

El análisis de correspondencia para los componentes de los venenos de *Tityus jaime* de cuatro poblaciones, *T. championi*, *T. festae* y *Centruroides granosus* indican que los componentes más importantes en la ordenación fueron las neurotoxinas que afectan los canales de sodio y potasio de las células, las proteínas secretoras ricas en cisteína y las proteinasas de serina. Entre los componentes asociados a un tipo específico de veneno estuvieron las enzimas convertidoras de endotelina y de angiotensina (veneno de *T. festae*) y el péptido potenciador de la bradicinina (veneno de *T. jaime* de Colón).

## **Discusión**

En Panamá el escorpionismo es considerado un problema de salud pública (Ministerio de Salud, 2016). En los últimos 20 años, el Ministerio de Salud ha registrado defunciones por accidentes con escorpiones en 14 de las 16 regiones de salud en las que se divide el país. En el período entre los años 1998 al 2013 se registraron 44 defunciones, la mayoría de estos casos involucraron a niños menores de 14 años (41/44) (Ministerio de Salud, 2016, 2017).

A través de estudios proteómicos y de toxicidad con los venenos de las especies de *Tityus* involucradas en los casos de escorpionismo en Panamá, se han encontrado algunas toxinas compartidas entre los venenos de especies distintas (Salazar *et al.*, 2018). Diferencias entre los componentes del veneno de *T. pachyurus* de Colombia y poblaciones de *T. jaimeni* de Panamá (citada como *T. pachyurus*) fueron detectadas por Borges *et al.* (2020) mediante espectrometría de masas por MALDI-TOF (Matrix Assisted Laser Desorption/ionization-Time- of- Flight).

### **Electroforesis SDS PAGE**

Los perfiles electroforéticos de los venenos fueron similares, a pesar de representar cuatro especies, pertenecientes a dos géneros de Buthidae, similar a lo reportado por Estrada-Gómez *et al.* (2021) con los venenos de *Tityus asthenes* Pocock, 1893 y *Centruroides edwardsii* (Gervais, 1843) de Colombia, utilizando geles de poliacrilamida 12% dodecil sulfato de sodio (SDS PAGE) . Todos nuestros venenos mostraron abundancia de péptidos/proteínas entre 9000 y 12000 Da., lo que coincide con aquellas toxinas que afectan canales iónicos de sodio y potasio voltaje-dependientes reportados para otras especies de escorpiones (Possani *et al.*, 1999; Rodríguez de la Vega & Possani, 2004).

Venenos de escorpiones de las familias Scorpionidae, Chactidae y Hormuridae presentan diferencias notables en sus perfiles de separación electroforética en comparación con los venenos Buthidae, ya que en sus perfiles presentan

predominancia de compuestos de alto peso molecular por encima de los 32 KDa (Estrada-Gómez *et al.*, 2017; Estrada-Gómez *et al.*, 2021).

Batista *et al.* (2004) determinaron el patrón cromatográfico de los componentes del veneno soluble de *T. obscurus* (citado como *Tityus cambridgei*) mediante análisis de HPLC-RP bajo condiciones similares a las utilizadas en el presente trabajo. Estos autores reportaron que, en la corrida, entre los minutos 8 al 20 se separan los componentes menores o fragmentos de proteínas/péptidos más grandes; entre los minutos 20-32 corresponden a toxinas específicas que afectan los canales de potasio; las toxinas específicas que alteran el funcionamiento de los canales de sodio se separan entre los minutos 32 a 50, y posterior al minuto 50 se presentan componentes hidrofóbicos y de alto peso molecular.

En los cromatogramas (HPLC-RP) de las especies analizadas presentaron picos bien definidos coincidentes con los reportados para toxinas de canales de potasio y sodio (entre minutos 30-40). Dentro de esta categoría existe una diversidad de toxinas las cuales pueden clasificarse por tipo de acción, las que actúan sobre células de artrópodos y otras sobre mamíferos y algunas sobre ambos tipos (Possani *et al.* 1999).

### **Identificación de componentes**

De nuestro análisis proteómico MS/MS, encontramos más coincidencias para toxinas que modifican el funcionamiento de los canales iónicos y de metaloproteasas

comparados con los otros componentes identificados. En los venenos también se identificaron proteínas ricas en cisteína (CRISP), hialuronidasas, proteinasas de serina, lectinas y péptidos antimicrobianos, similar a lo reportado por otros autores para especies de Buthidae (Almeida *et al.*, 2012; Díaz *et al.* 2018; Oliveira *et al.*, 2018).

Las neurotoxinas que interactúan con los canales iónicos de sodio de células excitables están conformadas por 60-76 residuos de aminoácidos (Possani *et al.* 1999). En comparación con los venenos de otras familias de escorpiones, las especies de Buthidae presentan abundancia de este tipo de toxinas, las cuales son responsables por los efectos neurotóxicos más peligrosos y la letalidad en los envenenamientos (Almeida *et al.*, 2012; Guerrero *et al.*, 2012). En los análisis de MS/MS de los venenos de *T. festae* y de las cuatro poblaciones de *T. jaimeni* se encontraron en promedio 7 coincidencias para este grupo de toxinas, cuatro para *T. championi* y seis para *C. granosus*.

Para cinco poblaciones de *T. jaimeni* (citado como *T. pachyurus*) Salazar *et al.* (2018) evaluaron las fracciones más abundantes, encontrando que, los fragmentos con masas aproximadas de 7332 y 7099 Da (población de Coclé) resultaron muy tóxicos tanto para ratones como para insectos. Estas toxinas también las encontraron en el veneno de *T. festae*. Este resultado se repite en nuestro análisis y se añade su presencia en el veneno de *T. championi* (coincidencia con A0A1E1WVN9, Putative sodium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1) (Tabla 5).

Para el veneno de *C. granosus*, Salazar *et al.* (2018) evaluaron fracciones (HPLC-RP) con tiempo de retención de 40, 42 y 43 minutos (en corridas de 70 minutos) y determinaron que correspondían a toxinas que afectan canales de sodio de mamíferos e insectos. Estos investigadores encontraron que las fracciones 40 y 43 separadas por HPLC-RP, demostraron toxicidad al inyectarse intracranealmente a ratones CD-1, pero mostraron un efecto moderado por inyección intraperitoneal. Dos fragmentos tuvieron efecto de parálisis sobre insectos (*Gryllus bimaculatus*). En nuestro cromatograma (corrida de 60 min.), los picos correspondientes a estas neurotoxinas presentaron tiempos de retención entre 34 y 38 minutos. Del análisis proteómico MS/MS las coincidencias para estas toxinas correspondieron con las reportadas para *C. hentzi* (A0A2I9LP90, A0A2I9LPA3, A0A2I9LP94, A0A2I9LPA2, A0A2I9LPB1) y *H. judaicus* (F1CIW7) (Tabla 5).

Borges *et al.* (2020) encontraron un alto grado de similitud entre las secuencias de aminoácidos de las toxinas que afectan canales de sodio de *T. jamei* y *T. festae* provenientes de Panamá. Estudios previos han demostrado que los venenos de *Tityus* del subgénero *Atreus* provenientes de Panamá, Colombia y Venezuela están estrechamente relacionados, y difieren del veneno de especies del subgénero *Tityus* (complejo bahiensis) provenientes del sureste de América del Sur. Esta afinidad se puede observar también en el reconocimiento diferencial por parte de los antivenenos escorpionicos producidos en Latinoamérica sobre los venenos de los diferentes grupos de especies del género *Tityus* (Oliveira *et al.*, 2018; Borges *et al.*, 2020).

Las toxinas que modifican o bloquean los canales de potasio de las células están conformadas por 23 a 65 residuos de aminoácidos y se han agrupado en tres familias ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), siendo las  $\alpha$  toxinas las más numerosas y estudiadas, representadas por varias subfamilias (Tytgat *et al.*, 1999; Rodríguez de la Vega & Possani, 2004). Algunas de estas toxinas son capaces de interactuar con diferentes subtipos de canales de potasio o ser altamente selectivas (Nencioni *et al.*, 2018).

Para *T. obscurus* se han descrito cuatro toxinas que modifican el funcionamiento de canales de potasio (Oliveira *et al.* 2018), y que tuvieron coincidencias en los venenos de las especies de *Tityus* analizadas en este trabajo: A0A1E1WVV4, A0A1E1WVW1, A0A1E1WWJ8, A0A1E1WVV5 (Uniprot) (Tabla 5). En el transcriptoma de la glándula de veneno *C. hentzi*, Ward *et al.* (2017) identificaron 32 toxinas de potasio putativas, 3 de las cuales fueron coincidencia con los péptidos resultantes de nuestro análisis proteómico del veneno de *C. granosus* (Tabla 4). La única coincidencia con una toxina que actúa sobre canales de calcio (*Androctonus bicolor*-A0A0K0LBY9) fue encontrada en el veneno de *T. jaimeni* de las poblaciones de Veraguas, Panamá Oeste y en el veneno de *T. festae* (Tablas 5).

Metaloproteasas, proteasas de serina y hialuronidasa son componentes con actividad enzimática presentes en el veneno de los escorpiones. Las hialuronidasas se encuentran en muchos venenos animales y son conocidas como factores de propagación del veneno, debido a que actúa principalmente sobre el hialuronano del

tejido conectivo (Horta *et al.* 2014; Bordon *et al.*, 2015; Ward *et al.*, 2017). Se ha encontrado que las hialuronidasas tienen un importante rol en la propagación y distribución del veneno de los escorpiones en el cuerpo del organismo inyectado (Oliveira-Mendes *et al.*, 2019). Coincidencias con hialuronidasas derivadas de *T. obscurus* y *C. hentzi* se encontraron en los venenos analizados las especies de *Tityus* y de *C. granosus* respectivamente.

Por su parte, las metaloproteasas tienen actividad proteolítica y pueden causar daños sobre la matriz celular en pulmones y páncreas y constituyen el componente más abundante en el transcriptoma de *T. serrulatus* y *T. obscurus* (Oliveira *et al.* 2018). Las metaloproteasas pueden actuar como posibles potenciadoras de actividad neurotóxica (Carvalho *et al.*, 2014), pudiendo afectar la matriz celular y en el caso del veneno de *T. obscurus*, podrían ser responsables de los daños en el tejido pulmonar en experimentos con ratas y ratones (De Paula *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2018). Varias coincidencias se obtuvieron en los venenos de *T. jaimeii* (principalmente la población de Colón) *T. festae* y *T. championi*, siendo menos las coincidencias en el veneno de *C. granosus* (Tabla 7).

Otros componentes encontrados fueron las proteínas ricas en cisteína (CRISP), también reportadas del veneno de otras especies de *Tityus* (Oliveira *et al.*, 2018) y que probablemente tengan actividad alérgica similar a aquellas reportadas en himenópteros (Rungsa *et al.*, 2016). En el veneno de *C. granosus* hubo coincidencia con A0A2I9LNW3 y A0A2I9LNV7, ambas de secuencias del transcriptoma de *C.*

*hentzi*, y similar a lo encontrado para *Centruroides edwardsii* de Costa Rica (Díaz *et al.*, 2018) (Tabla 8).

Los péptidos con actividad antimicrobiana se han reportado en diversas especies y familias de escorpiones y han recibido mucha atención por su potencial uso en el desarrollo de medicamentos (Harrison *et al.*, 2014). Estos péptidos antimicrobianos funcionan como parte del sistema inmune innato de los escorpiones contra la actividad patogénica de bacterias, virus, hongos y levaduras (Harrison *et al.*, 2014; Wang & Wang, 2016). Estos péptidos también pueden tener efecto tóxico sobre las presas de los escorpiones o actuar como potenciadores del funcionamiento de otras neurotoxinas (Almeida *et al.*, 2012). En los venenos analizados en el presente trabajo se encontraron coincidencias para este tipo de componente, excepto en *T. championi* (Tabla 4).

Componentes con efectos sobre la presión arterial han sido descritos en el veneno de varias especies de escorpiones (Almeida *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2018). Una coincidencia con una hipotensina (péptido potenciador de bradicinina) se encontró en el veneno de *T. jamei* proveniente de Colón, costa Caribe de Panamá; se piensa que provoca hipotensión debido a que generalmente inhiben las enzimas convertidoras de angiotensina y la descomposición del vasodilatador endógeno bradicinina (Almeida *et al.*, 2012). Por otro lado, componentes con función vasodilatadora como la enzima convertidora de angiotensina y enzima convertidora de endotelina también tuvieron coincidencias en el veneno de *T. jamei* de Veraguas

y Panamá Oeste y en *T. festae*. La función de estos compuestos en el veneno de los escorpiones no es clara (Oliveira *et al.*, 2018).

### **Variaciones intraespecíficas**

Con base al análisis MS/MS, las diferencias entre el veneno de *C. granosus* y las especies de *Tityus* fueron notables. La gran mayoría de las coincidencias para el veneno de *C. granosus* fueron con proteínas de *C. hentzi*, mientras que para las especies de *Tityus* (*T. championi*, *T. festae* y *T. jaiméi*) fueron con componentes proteicos del veneno de *Tityus obscurus*. Estos componentes compartidos entre los *Tityus* podrían indicar semejanzas entre los envenenamientos que provocan cada una de estas especies y sugerir una respuesta similar ante el uso de antivenenos.

*Tityus obscurus* tiene amplia distribución en la Amazonía Brasileña, y es la especie más importante por los casos de escorpionismo en los estados de Amapá, Mato Grosso y Pará (Pardal *et al.*, 2014). Los síntomas de envenenamiento por *T. obscurus* van desde las afectaciones locales (parestesia, edema, eritema, piloerección y ardor) hasta efectos sobre el sistema nervioso autónomo (hipertensión, taquicardia, sudoración y sialorrea), pudiendo causar muertes, principalmente en niños (Pardal *et al.*, 2014, Oliveira *et al.*, 2018). En Panamá, las principales complicaciones en casos pediátricos de envenenamientos asociados a *Tityus* incluyen hipertensión arterial, edema agudo de pulmón y arritmias cardíacas (Coronado *et al.*, 2008).

A pesar de lo mencionado antes, la presencia diferencial de algunos componentes

entre en los venenos de las cuatro poblaciones de *Tityus jaime* pudieran ser fuente de diferencias en la toxicidad, como ya se ha reportado para poblaciones de *Tityus serrulatus* provenientes de dos localidades en Brasil (Oliveira *et al.* 2013). Por su parte, Pardal *et al.* (2014) reportan diferencias en las manifestaciones clínicas que provocan los envenenamientos por *T. obscurus* en dos regiones del Estado de Pará, Brasil, sugiriendo diferencias en su toxicidad.

En este sentido, las posibles causas de las diferencias entre los venenos de poblaciones distintas de una misma especie pueden estar relacionadas con factores ambientales, por las preferencias de presas (Pucca *et al.*, 2014) o incluso por condiciones individuales (Pimenta *et al.*, 2003). Cuantificar la abundancia de los componentes exclusivos de algunos de los venenos brindará mayor claridad al respecto. En el futuro se podría evaluar si diferencias en las temperaturas o la humedad en las localidades de origen de los escorpiones pueden estar relacionados con variaciones en los venenos.

## **Conclusiones**

La separación electroforética en gel SDS-PAGE y perfiles cromatográficos (HPLC-RP) practicados a los venenos de tres especies de *Tityus* y *Centruroides granosus* evidencian una predominancia de bandas de bajo peso molecular, coincidentes con neurotoxinas que afectan el funcionamiento de los canales iónicos de las células.

Algunas diferencias entre los venenos fueron detectadas a través de los perfiles

cromatográficos, en los que se pudo observar que algunos picos (compuestos) no estaban presentes en todos los venenos, algo notable incluso entre las cuatro poblaciones de *T. jaimeii*.

Los perfiles proteómicos de los análisis MS/MS de los venenos de las especies estudiadas fueron cualitativamente poco similares, sin embargo, se evidencia la presencia de los componentes tóxicos más importantes, principalmente neurotoxinas y metaloproteasas, compartidos entre los venenos de todos los escorpiones *Tityus* estudiados.

### **Referencias bibliográficas**

- Abdel-Rahman, M. A., Omran, M. A. A., Abdel-Nabi, I. M., Ueda, H. & McVean, A. 2009. Intraspecific variation in the Egyptian scorpion *Scorpio maurus palmatus* venom collected from different biotopes. *Toxicon*, 53: 349-359.
- Almeida, D. D., Scortecchi, K. C., Kobashi, L. S., Agnez-Lima, L. F., Medeiros, S. R. B., Silva-Junior, A. A., Junqueira-de-Azevedo, I de L. M. & Fernandes-Pedrosa, M. de F. 2012. Profiling the resting venom gland of the scorpion *Tityus stigmurus* through a transcriptomic survey. *BMC Genomics*, 13: 362.
- Batista, C. V. F., del Pozo, L., Zamudio, F. Z., Contreras, S., Becerril, B., Wanke, E. & Possani, L. D. 2004. Proteomics of the venom from the amazonian scorpion *Tityus*

*cambridgei* and the role of prolines on mass spectrometry analysis of toxins.  
*Journal of Chromatography B*, 803: 55-66.

Bordon, K. C. F., Cologna, C. T. & Arantes, E. C. 2015. Scorpion venom research around the world: *Tityus serrulatus*. Pp. 411- 437; en: Gopalakrishnakone, P., Possani, L. D., Schwartz, E. F. & Rodríguez De La Vega, R. (editores), *Scorpion venoms*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Borges, A. 2015. Scorpionism and dangerous scorpions in Central America and the Caribbean region. Pp. 215–244; en: Gopalakrishnakone, P., Possani, L. D., Schwartz, E. F. & Rodríguez De La Vega, R. (editores), *Scorpion venoms*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Borges, A. & Graham, M. R. 2016. Phylogenetics of scorpions of medical importance. Pp. 81-103; en: Gopalakrishnakone, P., Calvete, J. J. (editores), *Venom Genomics and Proteomics*, Dordrecht: Springer Netherlands.

Borges, A., Lomonte, B., Angulo, Y., Acosta de Patiño, H., Pascale, J. M., Otero, R., Miranda, R. J., De Sousa, L., Graham, M. R., Gómez, A., Pardal, P. P. O., Ishikawa, E., Bonilla, F., Castillo, A., Machado-de Avila, R. A., Gómez, J. P. & Caro-López, J. A. 2020. Venom diversity in the Neotropical scorpion genus *Tityus*: Implications for antivenom design from molecular and immunochemical analyses across endemic areas of scorpionism. *Acta Tropica*, 204: 105346.

- Coronado, L., Alvarado M., & Dutari, J. E. 2008. Características clínicas y epidemiológicas del Alacranismo. Período 2002-2007. Hospital del Niño, Panamá. *Pediátrica Panamá*, 37 (2): 36-46.
- Chippaux, J. P. 2012. Emerging options for the management of scorpion stings. *Drug Design, Development and Therapy*, 6: 165-173.
- Chippaux, J. P. & M. Goyffon. 2008. Epidemiology of scorpionism: A global appraisal. *Acta Tropica*, 107: 71-79. Doi: 10.1016/j.actatropica.2008.05.021.
- De Paula Santos-Da Silva, A. Candido, D. M., Nencioni, A. L. A., Kimura, L. F., Prezotto-Neto, J. P., Barbaro, K. C., Chalkidis, H. M. & Dorce, V. A. C. 2017. Some pharmacological effects of *Tityus obscurus* venom in rats and mice. *Toxicon*, 126: 51-58.
- De Sousa, L., Borges, A., Vásquez-Suárez, A., den Camp, H. J. M. O., Chadee-Burgos, R. I., Romero-Bellorín, M., Espinoza, J., De Sousa-Insana, L. & Pino-García, O. 2010. Differences in venom toxicity and antigenicity between females and males *Tityus nororientalis* (Buthidae) scorpions. *Journal of Venom Research*, 1: 61-70.
- Dunlop, J. A., Penney, D. & Jekel, D. 2020. A summary list of fossil spiders and their relatives; en: *World Spider Catalog*. Natural History Museum Bern, disponible en <http://wsc.nmbe.ch>, versión 20.5, Consultado en febrero 2021.

- Estrada-Gómez, S., Gomez-Rave, L. Vargas-Muñoz, L. J. & van der Meijden, A. 2017. Characterizing the biological and biochemical profile of six different scorpion venoms from the Buthidae and Scorpionidae family. *Toxicon*, 130: 104-115.
- Estrada-Gómez, S., Vargas-Muñoz, L. J., Saldarriaga-Córdoba, M. M. & van der Meijden, A. 2021. MS/MS analysis of four scorpion venoms from Colombia: a descriptive approach. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 27:e20200173.
- Harrison, P. L., Abdel-Rahman, M. A., Miller, K. & Strong, P. S. 2014. Antimicrobial peptides from scorpion venoms. *Toxicon*, 88: 115-137.
- Horta, C. C. R., Magalhães B. de F., Oliveira-Mendes, B. B. R., Carmo, A. O. de, Duarte C. G., Felicori, L. F., Machado-de-Ávila, R. A., Chávez-Olortegui, C. & Kalapothakis, E. 2014. Molecular, immunological, and biological characterization of *Tityus serrulatus* venom hyaluronidase: new insights into its role in envenomation. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8 (2): e2693. doi:10.1371/journal.pntd.0002693.
- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227 (5259): 680-685.

- Lomonte, B., Díaz, C., Chaves, F., Fernández, J., Ruiz, M., Salas, M., Zavaleta, A., Calvete, J. J. & Sasa, M. 2020. Comparative biochemical characterization of Viperidae snake venoms from Perú reveals two compositional patterns of phospholipase A2 expression. *Toxicon-X*, 7 100044.
- Lomonte, B. & Calvete, J. J. 2017. Strategies in ‘snake venomics’ aiming at an integrative view of compositional, functional, and immunological characteristics of venoms. *Journal of venomous Animals & Toxins including Tropical Disease*, 23: 26.
- Lourenço, W. R. 2015. Scorpion diversity and distribution: Past and present patterns. Pp.: 3-23; en: Gopalakrishnakone, P., Possani, L. D., Schwartz, E. F. & Rodríguez De La Vega, R. (editores), *Scorpion venoms*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Lourenço, W. R. 2018. The evolution and distribution of the noxious species of scorpions (Arachnida: Scorpiones). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 24: 1. DOI 10.1186/s40409-017-0138-3.
- Ministerio de Salud. 2016. *Guía para el manejo integral de la picadura de escorpión (alacrán) en la República de Panamá, primera edición*. Impresiones Carpal, Panamá, 78 pp.
- Ministerio de Salud. 2017. Situación Epidemiológica de las picaduras de alacrán en Panamá; Años 2000-2016(p). [documento web] <http://www.minsa.gob.pa/informaciónsalud/epidemiologia>.

- Miranda, R. J., Ríos, M., Murgas, I. L., Arauz, D. & Suárez, J. A. 2018. Escorpionismo por *Tityus championi* en Panamá, reporte de caso. *Revista Médica de Panamá*, 38 (3): 85–87.
- Nencioni, A. L. A., Neto, E. B., de Freitas, L. A. & Dorce, V. A. C. 2018. Effects of Brazilian scorpion venoms on the central nervous system. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 24: 3. DOI 10.1186/s40409-018-0139-x.
- Nisani, Z. & Hayes, W. K. 2015. Venom-spraying behavior of the scorpion *Parabuthus transvaalicus* (Arachnida: Buthidae). *Behavioural Processes*, 115: 46-52.
- Oliveira, F. N., Mortari, M. R., Carneiro, F. P., Guerrero-Vargas, J. A., Santos, D. M., Pimenta, A. M. C. & Schwartz, E. F. 2013. Another record of significant regional variation in toxicity of *Tityus serrulatus* venom in Brazil: a step towards understanding the possible role of sodium channel modulators. *Toxicon*, 73: 33-46.
- Oliveira, U. C. de, Nishiyama M. Y., Jr., dos Santos M. B. V., Santos-da-Silva, A. P., Chalkidis, H. M., Souza-Imberg A., Candido, D. M., Yamanouye, N., Dorce, V. A. C. & Junqueira-de-Azevedo, I. de L. M. 2018. Proteomic endorsed transcriptomic profiles of venom glands from *Tityus obscurus* and *T. serrulatus* scorpions. *PLoS ONE* 13 (3): e0193739. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193739>.

- Oliveira-Mendes, B. B. R., de, Miranda, S. E. M., Sales-Medina, D. F., Magalhães, B. F., Kalapothakis, Y., Souza, R. P., Souza, R. P., Cardoso, V. N., Barros, A. L. B., Guerra-Duarte, C., Kalapothakis, E. & Horta, C. C. R. 2019. Inhibition of *Tityus serrulatus* venom hyaluronidase affects venom biodistribution. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13 (4): e0007048. doi: 10.1371/journal.pntd.0007048.
- Omran, M. A. A. & McVean, A. 2000. Intraspecific variation in Scorpion *Leiurus quinquestriatus* venom collected from Egypt (Sinai and Aswan Deserts). *J. Toxicol.-Toxin Reviews*, 19 (3. 4): 247-264.
- Ortiz, E., Gurrola, G. B., Schwartz, E. F. & Possani, L. D. 2015. Scorpion venom components as potential candidates for drug development. *Toxicon*, 93: 125-135.
- Pardal, P. P. O., Ishikawa, E. A. Y., Vieira, J. L. F., Coelho, J. S., Dórea, R. C. C., Abati, P. A. M., Quiroga, M. M. M. & Chalkidis, H. M. 2014. Clinical aspects of envenomation caused by *Tityus obscurus* (Gervais, 1843) in two distinct regions of Pará state, Brazilian Amazon basin: a prospective case of series. *Journal of venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 20: 3. <https://doi.org/10.1186/1678-9199-20-3> PMID: 24517181
- Possani, L. D., Becerril, B., Delepierre, M. & Tytgat, J. 1999. Scorpion toxins specific for Na<sup>+</sup>-channels. *European Journal of Biochemistry*, 264: 287-300.

- Pucca, M. B., Amorim, F. G., Cerni, F. A., Bordon, K. de C. F., Cardoso, I. A. Anjolette, F. A. P. & Arantes, E. C. 2014. Influence of post-starvation extraction time and prey-specific diet in *Tityus serrulatus* scorpion venom composition and hyaluronidase activity. *Toxicon*, 90: 326-336.
- Rein, J. O. 2021. The Scorpion Files. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology. [consultado en febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/>
- Rodríguez de la Vega, R. C. & Possani, L. D. 2004. Current views on scorpion toxins specific for K<sup>+</sup>-channels. *Toxicon*, 43: 865-875.
- Rodríguez-Ravello, R., Coronas, F. I. V., Zamudio, F. Z., González-Morales, L., Espinosa López, G., Ruiz Urquiola, A. & Possani, L. D. 2013. The Cuban scorpion *Rhopalurus junceus* (Scorpiones, Buthidae): component variations in venom samples collected in different geographical areas. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Disease*, 19: 13.
- Salazar, M. H., I. Arenas, L. L. Corrales-García, R. Miranda, S. Velez, J. Sanchez, K. Mendoza, J. Cleghorn, F. Z. Zamudio, A. Castillo, L. D. Possani, G. Corzo & Acosta, H. 2018. Venoms of *Centruroides* and *Tityus* species from Panama and their main toxic fractions. *Toxicon*, 141: 79-87.

- Santibáñez-López, C. E., González-Santillán, E., Monod, L. & Sharma, P. P. 2019. Phylogenomics facilitates stable Scorpion systematics: Reassessing the relationships of Vaejoidea and a new higher-level classification of Scorpiones (Arachnida). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 135: 22-30.
- Smertenko, A., Omran, M. A. A., Hussey, P. J. & McVean, A. 2001. Toxin evolution in scorpion venom: evidence for toxin divergence under strong negative selection in *Leiurus quinquestriatus* subspecies. *J. Toxicol.-Toxins Reviews*, 20 (3&4): 229-244.
- Sousa, L. F., Nicolau, C. A., Peixoto, P. S., Bernardoni, J. L., Oliveira, S. S., Portes-Junior, J. A., Mourão, R. H. V., Lima-dos-Santos, I., Sano-Martins, I. S., Chalkidis, H. M., Valente, R. H. & Moura-da Silva, A. M. 2013. Comparison of Phylogeny, venom composition and neutralization by antivenom in diverse species of *Bothrops* complex. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 7 (9): e2442, 16 pp.
- Stockmann, R. 2015. Introduction to Scorpion Biology and Ecology. Pp.: 25-59; en: Gopalakrishnakone, P., Possani, L. D., Schwartz, E. F. & Rodríguez de la Vega, R. (editores), *Scorpion Venoms*. Dordrecht: Springer, Netherlands.

- Teruel, R. 2011. La verdadera identidad de *Tityus championi* Pocock, 1898 (Scorpiones: Buthidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 48: 367–373.
- Valdez-Cruz, N. A., Dávila, S., Licea, A., Corona, M., Zamudio, F. Z., García-Valdés, J., Boyer, L. & Possani, L. D. 2004. Biochemical, genetic and physiological characterization of venom components from two species of scorpions: *Centruroides exilicauda* Wood and *Centruroides sculpturatus* Ewing. *Biochimie*, 86: 387-396.
- Van der Meijden, A., Coelho, P. & Rasko, M. 2015. Variability in venom volume, flow rate and duration in defensive stings of five scorpion species. *Toxicon*, 100: 60-66.
- Wang, X. & Wang G. 2016. Insights into antimicrobial peptides from spiders and scorpions. *Protein & Peptide Letters*, 23 (8): 707-721.
- Ward, M. J., Ellsworth, S. A. & Rokyta, D. R.. 2018a. Venom-gland transcriptomics and proteomics of the Hentz striped scorpion (*Centruroides hentzi*; Buthidae) reveal high toxin diversity in a harmless member of a lethal family. *Toxicon*, 142: 14-29. Doi: 10.1016/j.toxicon.2017.12.042.

Ward, M. J., Ellsworth, S. A. & Nystrom, G. S. 2018b. A global accounting of medical significant scorpions: Epidemiology, major toxins, and comparative resources in harmless counterparts. *Toxicon*, 151: 137-155.

## Tablas y figuras

Tabla 1. Localidades de origen de veneno de escorpiones. Altitud en metros sobre el nivel del mar; Temp. = temperatura promedio anual; HR= Humedad relativa promedio.

| Especie             | Provincia    | Localidad                 | Altitud | Temp. (°C) | HR (%) |
|---------------------|--------------|---------------------------|---------|------------|--------|
| <i>C. granosus</i>  | Panamá Oeste | Polanco                   | 81      | 26.0       | NA     |
| <i>T. championi</i> | Chiriquí     | Alto Quiel                | 1047    | 19.0       | 84.0   |
| <i>T. festae</i>    | Panamá       | Carretera El Llano-Cartí  | 347     | 26.7       | 97.0   |
| <i>T. jaimeí</i>    | Panamá Oeste | P. N. Altos de Campana    | 778     | 23.0       | 80.3   |
| <i>T. jaimeí</i>    | Colón        | Achiote                   | 26      | 27.0       | 86.4   |
| <i>T. jaimeí</i>    | Veraguas     | Santa Fe                  | 652     | 24.7       | 83.2   |
| <i>T. jaimeí</i>    | Herrera      | Res. Forestal El Montuoso | 580     | 24.0       | 89.0   |

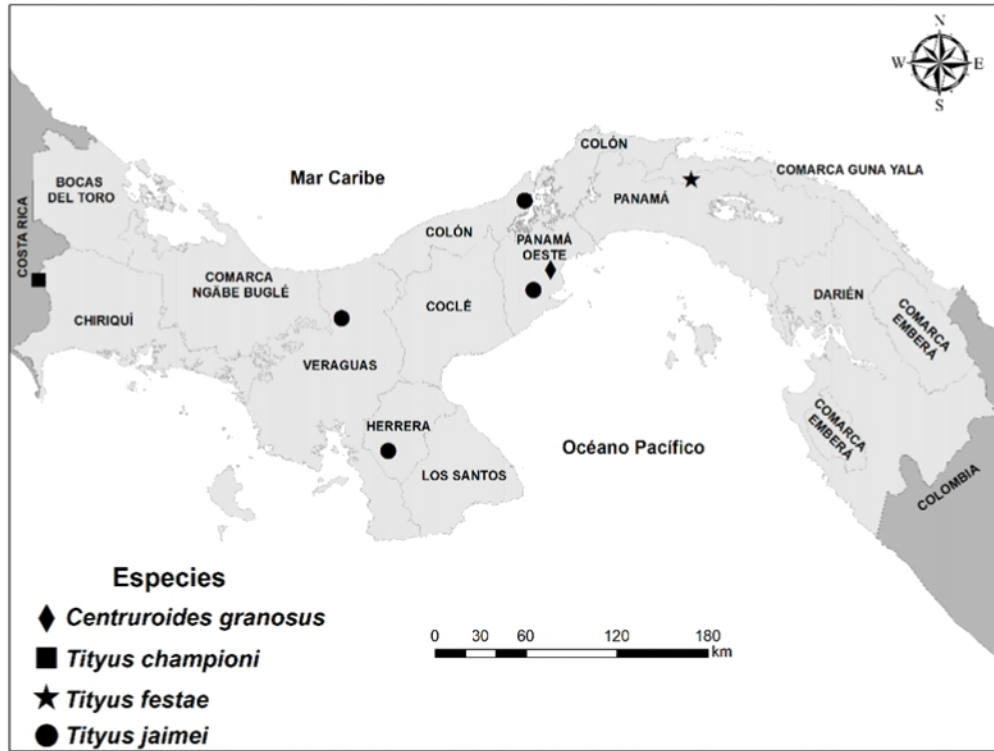


Figura 1. Mapa con las localidades de origen de los escorpiones.

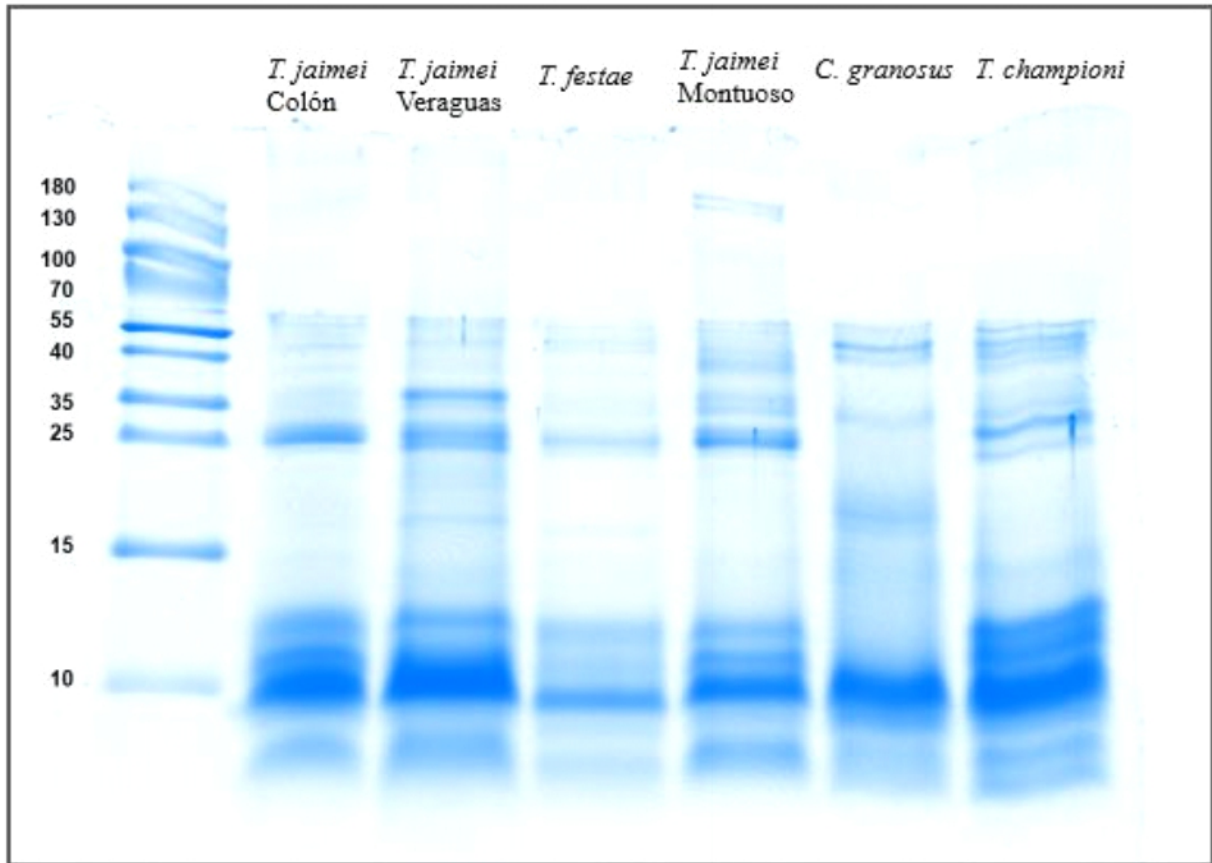


Figura 2. Gel de poliacrilamida SDS-PAGE con los venenos de escorpiones de Panamá, bajo condiciones reductoras, teñido con azul Coomassie R-250. Unidades de masa molecular en kilodalton (kDa). 1. Marcadores de peso molecular; 2, 3, 5. Veneno de *Tityus jaimeii* proveniente de: Colón (2), Veraguas (3) y Reserva Forestal El Montuoso (5); 4. Veneno de *Tityus festae*; 6. Veneno de *Centruroides granosus*; 7. Veneno de *Tityus championi*. El veneno de la población de *T. jaimeii* de Panamá Oeste no se analizó por esta técnica debido a no contar con la suficiente cantidad.

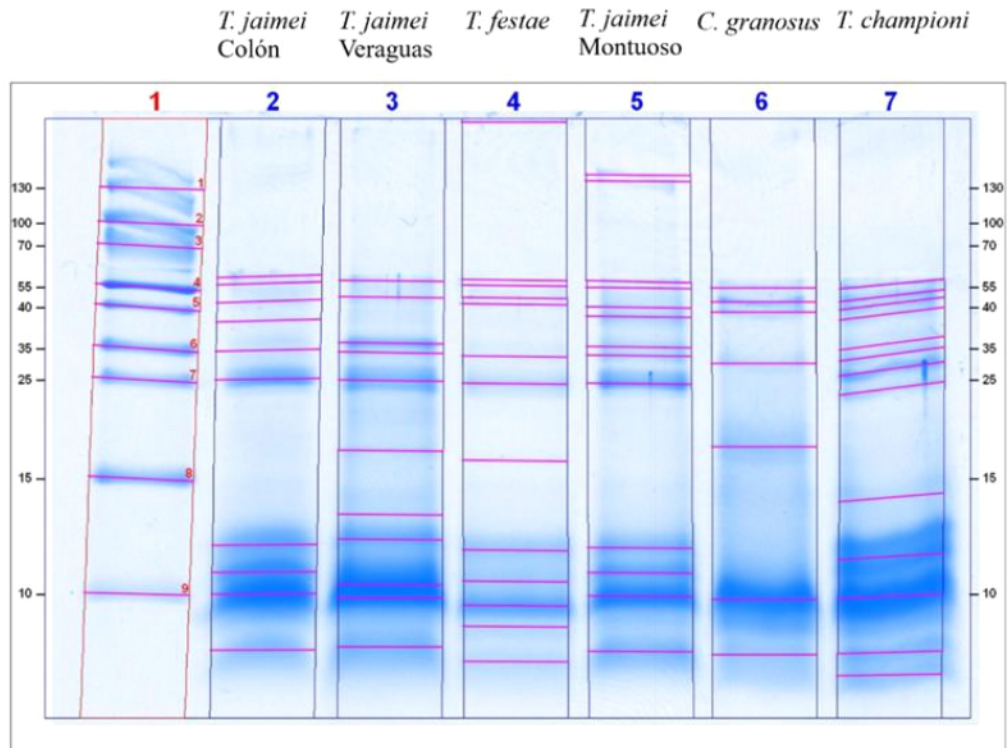


Figura 3. Imagen del gel SDS-PAGE de los venenos de escorpiones de Panamá teñido con azul Coomassie R-250 capturada en BioRad Molecular Imager ChemiDoc XRS+ para análisis de densitometría. 1. Marcadores de peso molecular; 2, 3, 5. Veneno de *Tityus jaimeii* proveniente de: Colón (2), Veraguas (3) y Reserva Forestal El Montuoso (5); 4. Veneno de *Tityus festae*; 6. Veneno de *Centruroides granosus*; 7. Veneno de *Tityus championi*.

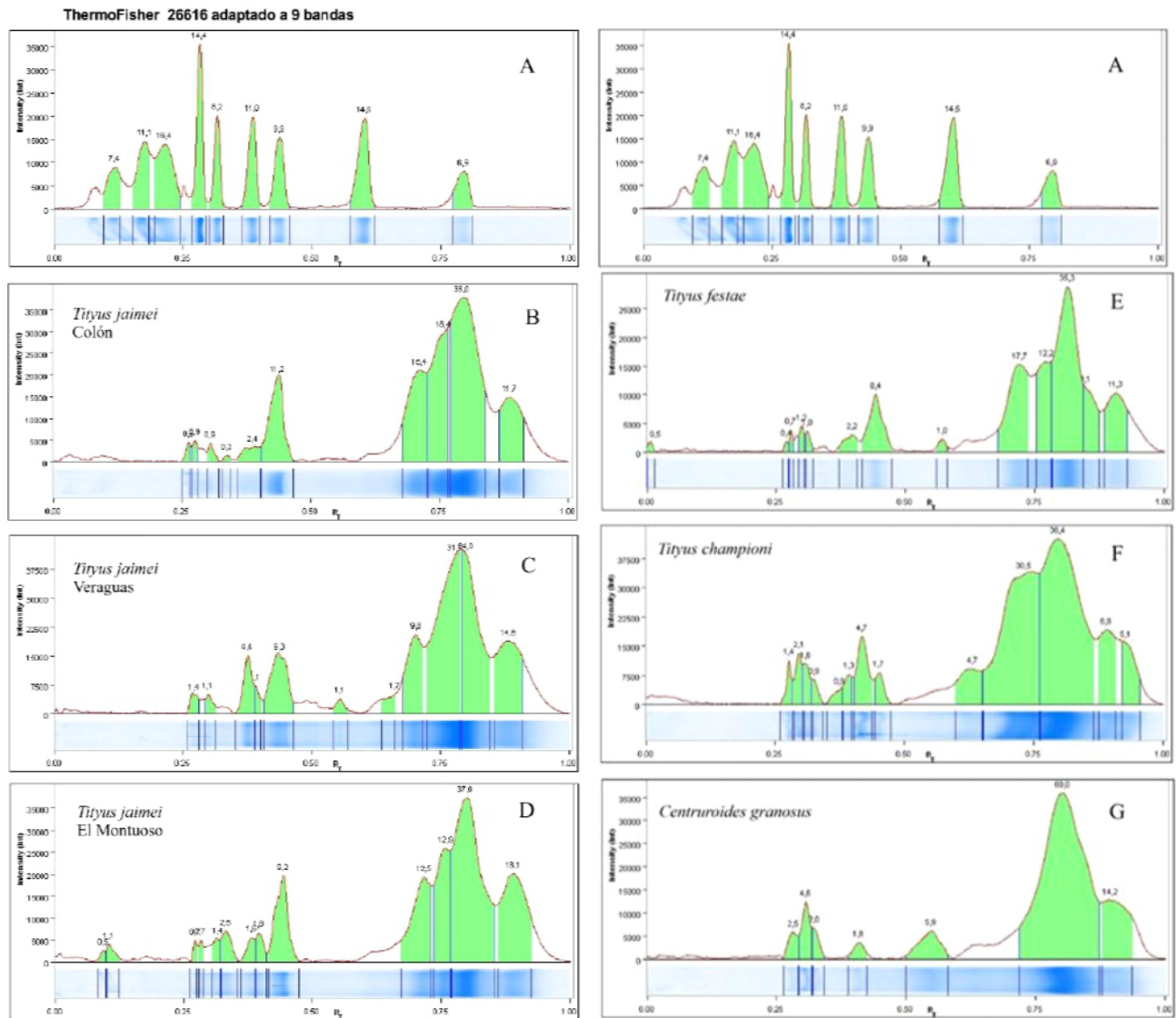


Figura 4. Densitometría en BioRad Molecular Imager ChemiDoc XRS+ del gel SDS-PAGE de los venenos de escorpiones de Panamá: A. Marcador de peso molecular Thermo Fisher 26616 adaptado a 9 bandas, duplicado para facilitar comparación; B-D. *Tityus jaimeii* proveniente de Colón (B), Veraguas (C) y Reserva forestal El Montuoso (D); E. *Tityus festae*; F. *Tityus championi*; G. *Centruroides granosus*.

Tabla 2. Peso molecular y porcentaje de volumen para las bandas de venenos en gel SDS-PAGE de los escorpiones de Panamá, calculados por densitometría. Banda (%): es el porcentaje del volumen de una banda en comparación con todas las bandas en el carril correspondiente.

| N de banda | ThermoFisher 26616 |           | <i>T. jaimeii</i> Colón |           | <i>T. jaimeii</i> Veraguas |           | <i>Tityus festae</i> |           |
|------------|--------------------|-----------|-------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------|-----------|
|            | PM (Kda)           | Banda (%) | PM (Kda)                | Banda (%) | PM (Kda)                   | Banda (%) | PM (Kda)             | Banda (%) |
| 1          | 130.0              | 7.4       | 58.5                    | 0.8       | 56.0                       | 1.4       | 146.7                | 0.5       |
| 2          | 100.0              | 11.1      | 54.8                    | 0.9       | 48.1                       | 1.1       | 56.4                 | 0.4       |
| 3          | 70.0               | 16.4      | 46.4                    | 0.9       | 32.6                       | 4.4       | 53.6                 | 0.7       |
| 4          | 55.0               | 14.4      | 39.1                    | 0.3       | 30.3                       | 1.1       | 47.8                 | 1.2       |
| 5          | 40.0               | 8.2       | 30.8                    | 2.4       | 24.9                       | 9.3       | 45.2                 | 1.0       |
| 6          | 35.0               | 11.0      | 25.1                    | 11.2      | 16.7                       | 1.1       | 29.4                 | 2.2       |
| 7          | 25.0               | 9.9       | 11.8                    | 15.4      | 12.9                       | 1.7       | 24.3                 | 8.4       |
| 8          | 15.0               | 14.6      | 10.9                    | 18.4      | 12.0                       | 9.8       | 16.0                 | 1.0       |
| 9          | 10.0               | 6.9       | 10.4                    | 38.0      | 10.6                       | 31.1      | 11.6                 | 17.7      |
| 10         |                    |           | 9.3                     | 11.7      | 10.3                       | 24.0      | 10.7                 | 12.2      |
| 11         |                    |           |                         |           | 9.4                        | 14.8      | 10.1                 | 35.3      |
| 12         |                    |           |                         |           |                            |           | 9.7                  | 8.1       |
| 13         |                    |           |                         |           |                            |           | 9.1                  | 11.3      |
| bandas     | 9                  |           | 10                      |           | 11                         |           | 13                   |           |

| N de banda | <i>T. jaimeii</i> Montuoso |           | <i>C. granosus</i> |           | <i>T. championi</i> |           |
|------------|----------------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------------|-----------|
|            | PM (Kda)                   | Banda (%) | PM (Kda)           | Banda (%) | PM (Kda)            | Banda (%) |
| 1          | 132.7                      | 0.5       | 52.4               | 2.5       | 54.4                | 1.4       |
| 2          | 128.9                      | 1.1       | 46.1               | 4.6       | 48.8                | 2.1       |
| 3          | 55.6                       | 0.7       | 42.1               | 2.0       | 45.5                | 1.6       |
| 4          | 52.4                       | 0.7       | 28.0               | 1.8       | 41.6                | 0.9       |
| 5          | 43.9                       | 1.4       | 17.0               | 5.9       | 32.6                | 0.9       |
| 6          | 40.5                       | 2.5       | 10.3               | 69.0      | 30.0                | 1.3       |
| 7          | 31.6                       | 1.6       | 9.2                | 14.2      | 26.9                | 4.7       |
| 8          | 29.6                       | 1.8       |                    |           | 23.6                | 1.7       |
| 9          | 24.3                       | 9.2       |                    |           | 13.8                | 4.7       |
| 10         | 11.7                       | 12.5      |                    |           | 11.4                | 30.5      |
| 11         | 10.9                       | 12.9      |                    |           | 10.3                | 38.4      |
| 12         | 10.3                       | 37.0      |                    |           | 9.3                 | 6.8       |
| 13         | 9.3                        | 18.1      |                    |           | 8.9                 | 5.1       |
| bandas     | 13                         |           | 7                  |           | 13                  |           |

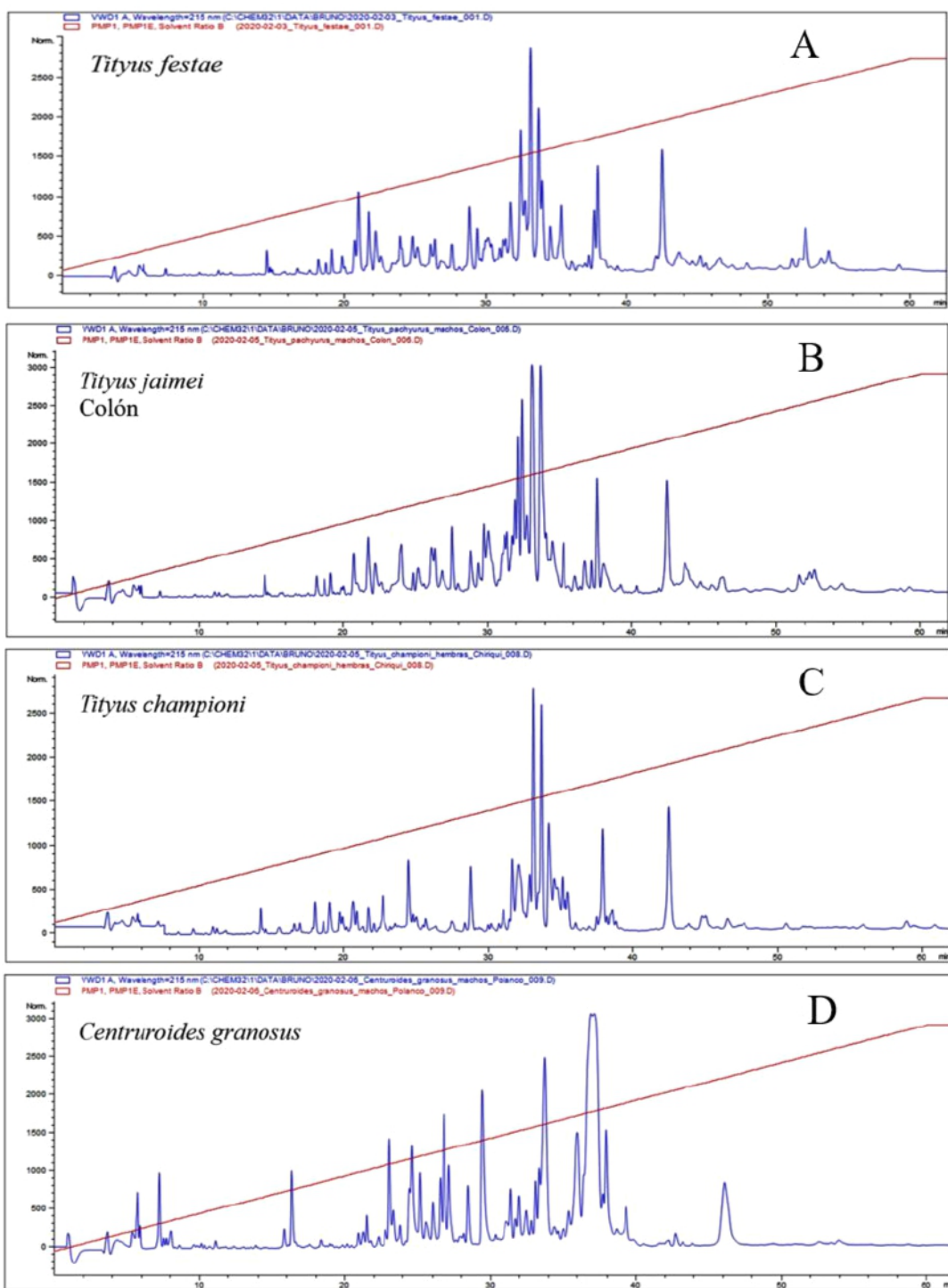


Figura 5. Perfiles de HPLC fase reversa para: A. *Tityus festae*; B. *Tityus jaimeí* de Colón; C. *Tityus champióni*; D. *Centruroides granosus*. Ejes: X=tiempo de retención; Y= Absorbancia.

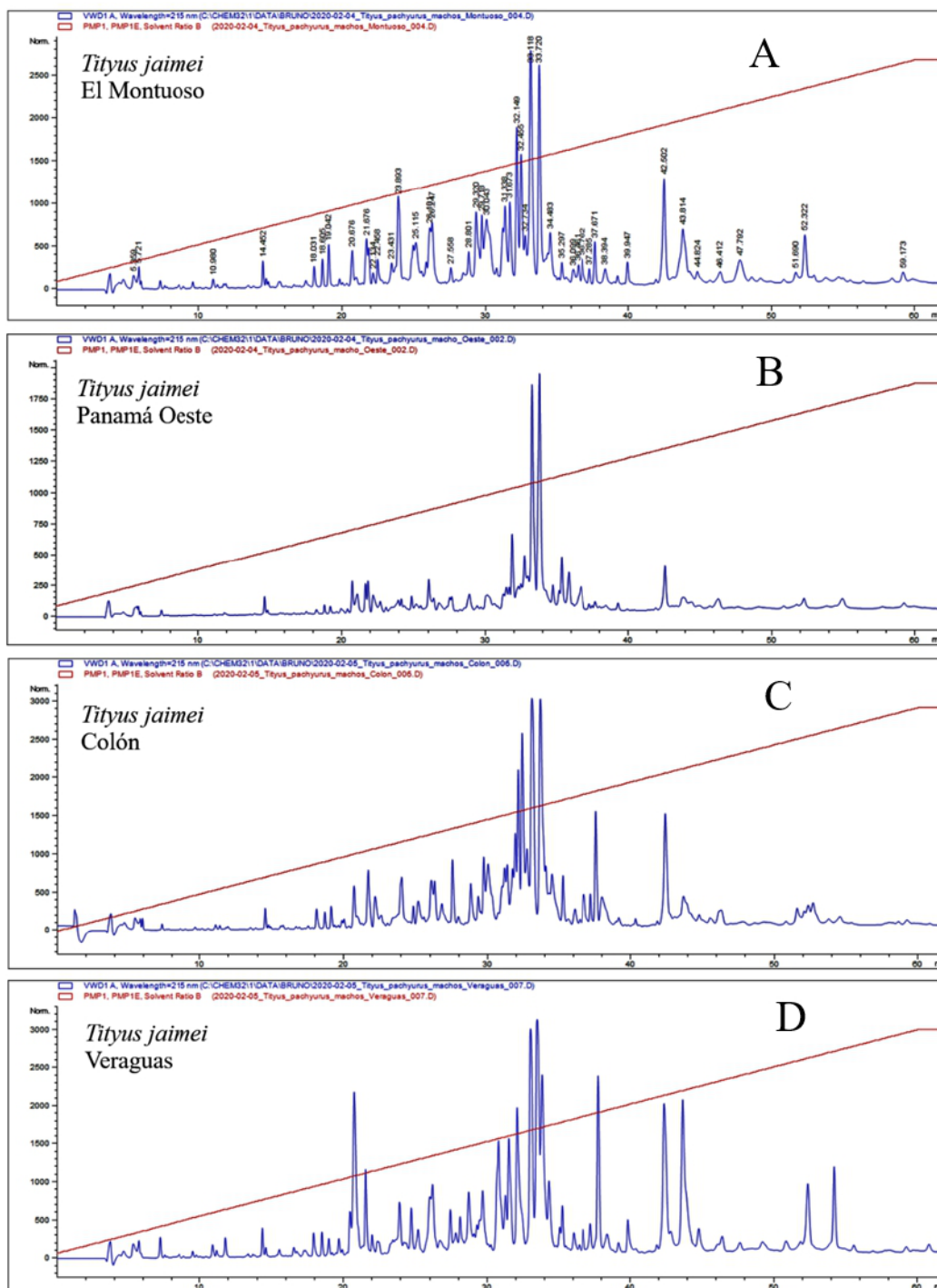


Figura 6. Perfiles de HPLC fase reversa para venenos de *Tityus jaimeei* de cuatro localidades: A. Reserva Forestal El Montuoso; B. Panamá Oeste; C. Colón; D. Veraguas. Ejes: X=tiempo de retención; Y= Absorbancia.

Tabla 3. Índice de similitud de Jaccard aplicado a matriz de presencia/ausencia de péptidos de los venenos de escorpiones *T. jaime* proveniente de cuatro localidades, *T. festae*, *T. championi* y *C. granosus*. El grado de similitud fue calculado a partir de la matriz de distancias para cada par taxones. Coeficiente de correlación cofenética= 0.9848.

|                          | <i>T. jaime</i><br>Colón | <i>T. jaime</i><br>Veraguas | <i>T. jaime</i><br>Montuoso | <i>T. jaime</i><br>POeste | <i>T.</i><br><i>festae</i> | <i>T.</i><br><i>championi</i> | <i>C.</i><br><i>granosus</i> |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <i>T. jaime</i> Colón    | 1.00                     | 0.40                        | 0.44                        | 0.29                      | 0.36                       | 0.24                          | 0.02                         |
| <i>T. jaime</i> Veraguas | 0.40                     | 1.00                        | 0.51                        | 0.38                      | 0.43                       | 0.25                          | 0.01                         |
| <i>T. jaime</i> Montuoso | 0.44                     | 0.51                        | 1.00                        | 0.39                      | 0.39                       | 0.24                          | 0.02                         |
| <i>T. jaime</i> POeste   | 0.29                     | 0.38                        | 0.39                        | 1.00                      | 0.31                       | 0.27                          | 0.02                         |
| <i>T. festae</i>         | 0.36                     | 0.43                        | 0.39                        | 0.31                      | 1.00                       | 0.21                          | 0.02                         |
| <i>T. championi</i>      | 0.24                     | 0.25                        | 0.24                        | 0.27                      | 0.21                       | 1.00                          | 0.03                         |
| <i>C. granosus</i>       | 0.02                     | 0.01                        | 0.02                        | 0.02                      | 0.02                       | 0.03                          | 1.00                         |

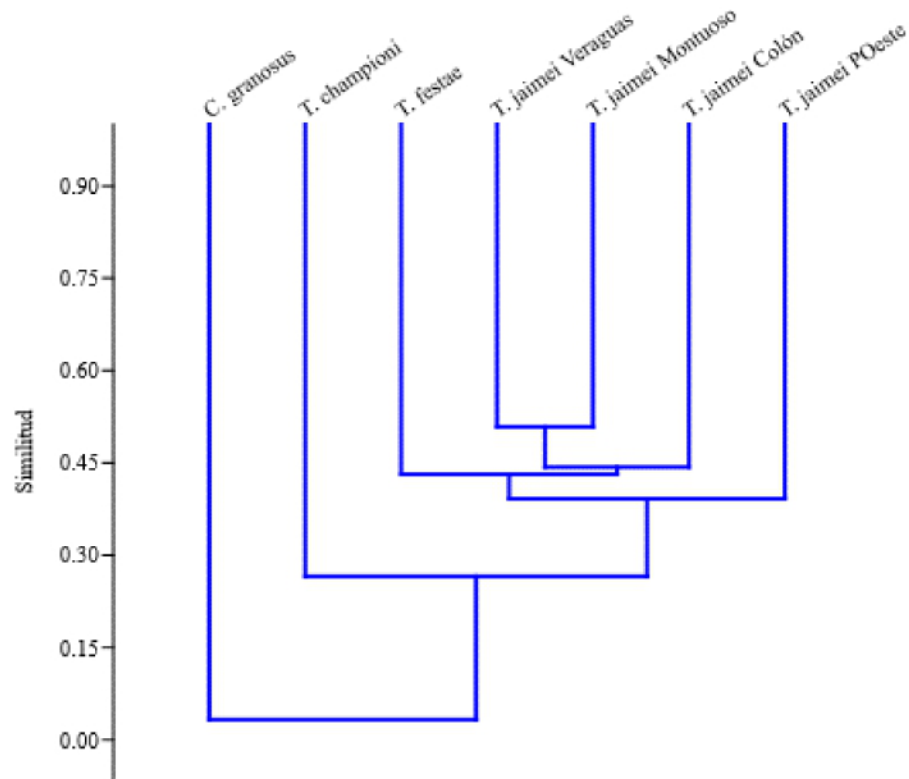


Figura 7. Agrupamiento de venenos de cuatro especies de escorpiones de Panamá: *Centruroides granosus*, *Tityus championi*, *Tityus festae* y cuatro poblaciones de *Tityus jaimel*. Los venenos fueron clasificados de acuerdo a la matriz de presencia de los péptidos resultantes del análisis de masas. El agrupamiento jerárquico se realizó utilizando el método de amalgamamiento simple (*single linkage*) para los valores de máxima similitud del índice de Jaccard, usando el programa PAST 4.04.

| Componentes proteicos del veneno    | <i>T. j.</i><br>Colón | <i>T. j.</i><br>Veraguas | <i>T. j.</i><br>Montuoso | <i>T. j.</i><br>POeste | <i>T.</i><br><i>festae</i> | <i>T.</i><br><i>championi</i> | <i>C.</i><br><i>granosus</i> |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Neurotoxinas de canales de potasio  | 10                    | 8                        | 6                        | 5                      | 9                          | 8                             | 6                            |
| Neurotoxinas de canales de sodio    | 23                    | 14                       | 17                       | 9                      | 17                         | 9                             | 13                           |
| Neurotoxinas de canales de calcio   | 0                     | 2                        | 0                        | 1                      | 2                          | 0                             | 0                            |
| Hialuronidasas                      | 5                     | 1                        | 1                        | 1                      | 2                          | 4                             | 5                            |
| Fosfolipasas A 2                    | 2                     | 2                        | 0                        | 0                      | 1                          | 0                             | 0                            |
| Proteinasas de serina               | 2                     | 4                        | 2                        | 2                      | 3                          | 2                             | 1                            |
| Lectina                             | 1                     | 5                        | 4                        | 4                      | 7                          | 0                             | 0                            |
| CRISP                               | 11                    | 10                       | 9                        | 8                      | 10                         | 10                            | 5                            |
| Metaloproteasas                     | 40                    | 21                       | 29                       | 25                     | 26                         | 13                            | 3                            |
| Alfa amilasa                        | 4                     | 1                        | 1                        | 1                      | 1                          | 1                             | 0                            |
| Enzima convertidora de angiotensina | 0                     | 2                        | 0                        | 0                      | 4                          | 0                             | 0                            |
| Péptido potenciador de bradiginina  | 1                     | 0                        | 0                        | 0                      | 0                          | 0                             | 0                            |
| Enzima convertidora de endotelina   | 0                     | 0                        | 0                        | 1                      | 8                          | 0                             | 0                            |
| Péptidos antimicrobianos            | 3                     | 1                        | 1                        | 1                      | 5                          | 0                             | 0                            |
| Otros péptidos                      | 12                    | 19                       | 14                       | 7                      | 15                         | 5                             | 6                            |
|                                     | 114                   | 90                       | 84                       | 65                     | 110                        | 52                            | 39                           |

Tabla 4. Cantidad de péptidos coincidencias resultantes del análisis MS/MS en el Nano-EASY y agrupados de acuerdo a su similitud con proteínas contenidas en la base de datos UniProt/SwissProt (para Arachnida) para los venenos de *Tityus jaimeni* (cuatro poblaciones), *Tityus festae*, *Tityus championi* y *Centruroides granosus*.

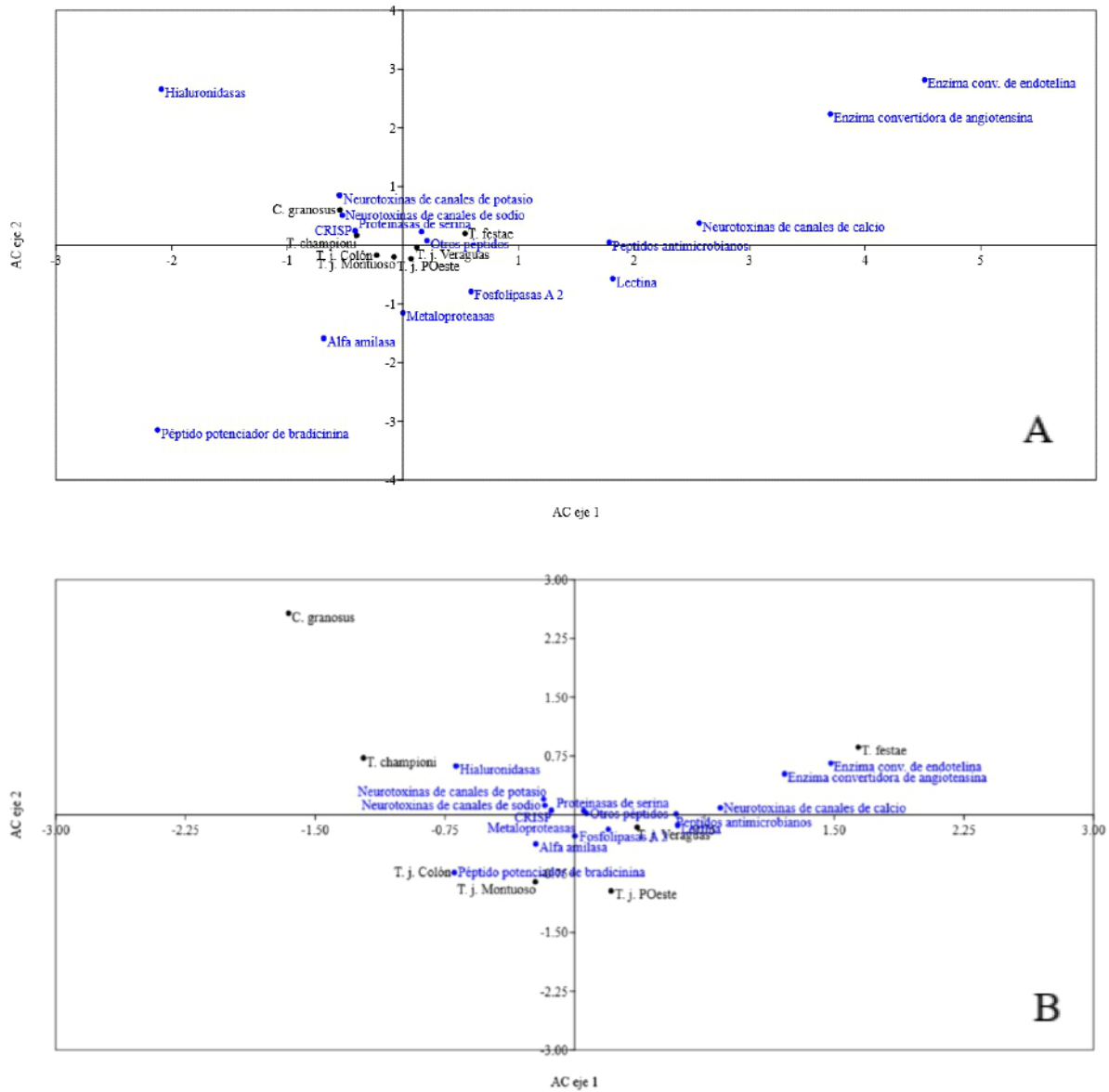


Figura 8. Análisis de correspondencia para los componentes de los venenos de *Tityus jaimeii* de cuatro poblaciones, *T. championi*, *T. festae* y *Centruroides granosus*. A. Escala tipo 1 por filas (venenos de escorpiones), la cercanía entre un veneno y un componente indica probabilidad de una alta contribución de dicho componente. B. Escala tipo 2, el ordenamiento es por componentes de los venenos. La cercanía entre un componente y un veneno de escorpión indica una mayor probabilidad de su presencia en ese veneno en comparación de con aquellos que aparecen más lejanos en el diagrama de dispersión. Análisis realizado en PAST 4.04.

Tablas 5-8. Identificación de péptidos a partir de análisis MS/MS nano Easy de acuerdo a coincidencias con la base de datos de UniProt/SwissProt (Arachnida, febrero 2020) utilizando Peaks X® (Bioinformatics Solutions). Al código de acceso se le ha colocado al inicio, de forma abreviada, la especie de escorpión del que proviene la información. Abreviaturas de especies de escorpiones: A. b.= *Androctonus bicolor*; C. h. = *Centruroides hentzi*; C. n.= *Centruroides noxius*; C. s.= *Centruroides sculpturatus*; H. j.= *Hottentotta judaicus*; M. e.= *Mesobuthus eupeus*; T. o.= *Tityus obscurus*; T. s.= *Tityus serrulatus*. Otras abreviaturas: -10lgP: puntuación de proteína; Id. (%): porcentaje de identidad de secuencia de aminoácidos; # pept.: número de péptidos.

|                                        | <i>T. jaimeii</i> Colón |         |        | <i>T. jaimeii</i> Veraguas |         |        | <i>T. jaimeii</i> Montuoso |         |        | <i>T. jaimeii</i> PO |         |        |
|----------------------------------------|-------------------------|---------|--------|----------------------------|---------|--------|----------------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|
| Toxinas que afectan canales de potasio |                         |         |        |                            |         |        |                            |         |        |                      |         |        |
| Acceso                                 | -10lgP                  | Id. (%) | # pept | -10lgP                     | Id. (%) | # pept | -10lgP                     | Id. (%) | # pept | -10lgP               | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV4               | 181.98                  | 32      | 8      | 162.69                     | 32      | 6      | 134.95                     | 22      | 4      | 166.91               | 21      | 4      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVW1               | 52.5                    | 18      | 1      | 46.7                       | 18      | 1      | 51.26                      | 18      | 1      | 55.36                | 18      | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWJ8               | 41.89                   | 16      | 1      | 42.22                      | 16      | 1      | 46.33                      | 16      | 1      | ---                  | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV5               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNQ6               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNQ7               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNP3               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| Toxinas que afectan canales de sodio   |                         |         |        |                            |         |        |                            |         |        |                      |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVY8               | 160.86                  | 36      | 7      | 76.88                      | 13      | 2      | 128.09                     | 24      | 5      | 104.25               | 22      | 2      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWK1               | 156.96                  | 30      | 6      | 113.26                     | 30      | 3      | 104.82                     | 30      | 3      | ---                  | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW05               | 124.4                   | 33      | 4      | 99.69                      | 33      | 3      | 93.36                      | 33      | 3      | 57                   | 12      | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVN9               | 123.67                  | 14      | 2      | 92.39                      | 14      | 2      | 90.86                      | 14      | 2      | 92.11                | 14      | 2      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVS8               | 114.36                  | 15      | 2      | 94.23                      | 15      | 2      | 89.37                      | 15      | 2      | 96.94                | 15      | 2      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWK4               | 62.76                   | 14      | 1      | 54.39                      | 14      | 1      | 55.75                      | 14      | 1      | 61.44                | 14      | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW03               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. s.</i> -/Q6V4Z1                  | 55.28                   | 14      | 1      | 46.58                      | 14      | 1      | 57                         | 14      | 1      | 56.63                | 14      | 1      |
| <i>C. n.</i> -/Q6V4Z3                  | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LP90               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LPA3               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LP94               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LPA2               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LPB1               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>H. j.</i> -F1CIW7                   | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| Toxinas que afectan canales de calcio  |                         |         |        |                            |         |        |                            |         |        |                      |         |        |
| <i>A. b.</i> -A0A0K0LBY9               | ---                     | ---     | ---    | 78.92                      | 16      | 2      | ---                        | ---     | ---    | 53                   | 16      | 1      |

| Tabla 5. continuación                  | <i>T. festae</i> |         |        | <i>T. championi</i> |         |        | <i>C. granosus</i> |         |        |
|----------------------------------------|------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|
| Toxinas que afectan canales de potasio |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| Acceso                                 | -10lgP           | Id. (%) | # pept | -10lgP              | Id. (%) | # pept | -10lgP             | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV4               | 170.97           | 32      | 7      | 165.5               | 32      | 6      | 62.09              | 10      | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVW1               | 51.22            | 18      | 1      | 58.23               | 18      | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWJ8               | 40.17            | 16      | 1      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV5               | ---              | ---     | ---    | 40.69               | 17      | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNQ6               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 78.33              | 15      | 2      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNQ7               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 75.22              | 16      | 2      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNP3               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 52.05              | 17      | 1      |
| Toxinas que afectan canales de sodio   |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVY8               | 117.46           | 24      | 3      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWK1               | 90.2             | 24      | 3      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW05               | 101.5            | 27      | 3      | 115.86              | 41      | 4      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVN9               | 96.65            | 14      | 2      | 113.93              | 14      | 3      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVS8               | 91.08            | 15      | 2      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWK4               | 60.97            | 14      | 1      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW03               | ---              | ---     | ---    | 49.41               | 11      | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>C. s.</i> -Q6V4Z1                   | 79.27            | 14      | 2      | 41.08               | 14      | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>C. n.</i> -Q6V4Z3                   | 42.61            | 19      | 1      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LP90               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 139.3              | 15      | 4      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LPA3               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 107.63             | 25      | 3      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LP94               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 69.84              | 11      | 1      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LPA2               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 57.64              | 13      | 1      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LPB1               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 53.28              | 13      | 1      |
| <i>H. j.</i> -F1CIW7                   | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 108.96             | 11      | 3      |
| Toxinas que afectan canales de calcio  |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| <i>A. b.</i> -A0A0K0LBY9               | 78.55            | 16      | 2      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |

Tabla. 6. Coincidencias con enzimas.

|                          | <i>T. jaimeii</i><br>Colón |         |        | <i>T. jaimeii</i><br>Veraguas |         |        | <i>T. jaimeii</i><br>Montuoso |         |        | <i>T. jaimeii</i><br>PO |         |        |
|--------------------------|----------------------------|---------|--------|-------------------------------|---------|--------|-------------------------------|---------|--------|-------------------------|---------|--------|
| Hialuronidasas           |                            |         |        |                               |         |        |                               |         |        |                         |         |        |
| Acceso                   | -10lgP                     | Id. (%) | # pept | -10lgP                        | Id. (%) | # pept | -10lgP                        | Id. (%) | # pept | -10lgP                  | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWG5 | 133.46                     | 15      | 5      | 40.74                         | 2       | 1      | 42.79                         | 2       | 1      | 81.23                   | 2       | 1      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LP21 | ---                        | ---     | ---    | ---                           | ---     | ---    | ---                           | ---     | ---    | ---                     | ---     | ---    |
| Fosfolipasas A 2         |                            |         |        |                               |         |        |                               |         |        |                         |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV6 | 64.96                      | 5       | 1      | 72.56                         | 10      | 2      | ---                           | ---     | ---    | ---                     | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWE7 | 59.86                      | 9       | 1      | ---                           | ---     | ---    | ---                           | ---     | ---    | ---                     | ---     | ---    |
| Proteinasas de serina    |                            |         |        |                               |         |        |                               |         |        |                         |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVS9 | 102.54                     | 12      | 2      | 82.13                         | 12      | 2      | 86.65                         | 12      | 2      | 91.94                   | 12      | 2      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX9 | ---                        | ---     | ---    | 103.04                        | 5       | 2      | ---                           | ---     | ---    | ---                     | ---     | ---    |

| Tabla 6. continuación    | <i>T. festae</i> |         |        | <i>T. championi</i> |         |        | <i>C. granosus</i> |         |        |
|--------------------------|------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|
| Hialuronidasa            |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| Acceso                   | -10lgP           | Id. (%) | # pept | -10lgP              | Id. (%) | # pept | -10lgP             | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWG5 | 77.01            | 5       | 2      | 94.24               | 9       | 4      | 99.12              | 6       | 2      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LP21 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 110.1              | 8       | 3      |
| Fosfolipasas A 2         |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV6 | 51.25            | 5       | 1      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWE7 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| Proteinasas de serina    |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVS9 | 59.17            | 5       | 1      | 98.7                | 12      | 2      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX9 | 82.72            | 7       | 2      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |

Tabla 7. Coincidencias con metaloproteasas

|                          | <i>T. jamei</i> Colón |         |        | <i>T. jamei</i> Veraguas |         |        | <i>T. jamei</i> Montuoso |         |        | <i>T. jamei</i> PO |         |        |
|--------------------------|-----------------------|---------|--------|--------------------------|---------|--------|--------------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|
|                          | Metaloproteasas       |         |        |                          |         |        |                          |         |        |                    |         |        |
| Acceso                   | -10lgP                | Id. (%) | # pept | -10lgP                   | Id. (%) | # pept | -10lgP                   | Id. (%) | # pept | -10lgP             | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX7 | 155.33                | 23      | 8      | 104.71                   | 9       | 3      | 109.48                   | 13      | 5      | 122.7              | 9       | 3      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX5 | 141.48                | 10      | 5      | 117.84                   | 7       | 3      | 121.63                   | 10      | 5      | 182.24             | 19      | 9      |
| <i>T. o.</i> A0A1E1WVX8  | 138.43                | 11      | 5      | 90.22                    | 5       | 2      | 102.29                   | 6       | 3      | 86.23              | 2       | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX6 | 134.82                | 15      | 3      | 71.36                    | 3       | 1      | 92.13                    | 8       | 2      | 128.58             | 15      | 3      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVP8 | 131.79                | 11      | 5      | 94.2                     | 7       | 3      | 95.28                    | 7       | 3      | 108.92             | 7       | 3      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW17 | 124.93                | 8       | 4      | 114.4                    | 8       | 3      | 103.57                   | 8       | 3      | 143.18             | 11      | 4      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWF5 | 88.85                 | 3       | 2      | 96.93                    | 3       | 3      | 44.25                    | 3       | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVN7 | 88.57                 | 5       | 2      | ---                      | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWL0 | 74.06                 | 6       | 2      | ---                      | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVW3 | 72.86                 | 2       | 1      | ---                      | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. s.</i> -A0A218QX15 | 70.25                 | 2       | 1      | 64.34                    | 2       | 1      | 44.43                    | 2       | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW02 | 51.12                 | 3       | 1      | 43.19                    | 3       | 1      | 45.26                    | 3       | 1      | 70.89              | 3       | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWM7 | 48.66                 | 2       | 1      | ---                      | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWJ0 | ---                   | ---     | ---    | 56.29                    | 3       | 1      | 58.23                    | 3       | 1      | 66.28              | 3       | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX4 | ---                   | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | 95.93                    | 7       | 4      | ---                | ---     | ---    |
| <i>M. eupeus</i> /E4VNZ7 | ---                   | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. s.</i> -A0A076LAV6 | ---                   | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                      | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |

| Tabla 7. continuación    | <i>T. festae</i> |         |        | <i>T. championi</i> |         |        | <i>C. granosus</i> |         |        |
|--------------------------|------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|
|                          | Metaloproteasas  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| Acceso                   | -10lgP           | Id. (%) | # pept | -10lgP              | Id. (%) | # pept | -10lgP             | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX7 | 117.66           | 12      | 4      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX5 | 131.38           | 13      | 4      | 103.53              | 7       | 4      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX8 | 98.05            | 6       | 3      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX6 | 102.14           | 8       | 2      | 105.19              | 8       | 2      | 91.88              | 8       | 2      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVP8 | 126.85           | 11      | 5      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW17 | 110.59           | 14      | 4      | 122.72              | 8       | 4      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWF5 | 45.87            | 2       | 1      | 73.3                | 3       | 2      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVN7 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWL0 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVW3 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. s.</i> -A0A218QX15 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WW02 | 54.37            | 3       | 1      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWM7 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WWJ0 | 58.34            | 3       | 1      | 75.38               | 3       | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVX4 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>M. e.</i> -E4VNZ7     | 43.07            | 2       | 1      | ---                 | ---     | ---    | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. s.</i> -A0A076LAV6 | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 71.69              | 3       | 1      |

Tabla 8. Coincidencias con lectinas y proteínas secretoras ricas en cisteína

|                                        | <i>T. jaimiei</i> Colón |         |        | <i>T. jaimiei</i> Veraguas |         |        | <i>T. jaimiei</i> Montuoso |         |        | <i>T. jaimiei</i> PO |         |        |
|----------------------------------------|-------------------------|---------|--------|----------------------------|---------|--------|----------------------------|---------|--------|----------------------|---------|--------|
| Lectina                                |                         |         |        |                            |         |        |                            |         |        |                      |         |        |
| Acceso                                 | -10lgP                  | Id. (%) | # pept | -10lgP                     | Id. (%) | # pept | -10lgP                     | Id. (%) | # pept | -10lgP               | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVN0               | 68.58                   | 4       | 1      | 145.53                     | 21      | 5      | 137.48                     | 17      | 4      | 143.61               | 16      | 4      |
| Proteínas secretoras ricas en cisteína |                         |         |        |                            |         |        |                            |         |        |                      |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV1               | 169.63                  | 19      | 6      | 143.8                      | 20      | 7      | 101.5                      | 7       | 4      | 126.32               | 8       | 4      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVY9               | 88.26                   | 3       | 2      | ---                        | ---     | ---    | 94.56                      | 9       | 3      | 72.61                | 3       | 1      |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV0               | 81.35                   | 4       | 2      | 96.99                      | 5       | 2      | 49.48                      | 2       | 1      | 84.63                | 5       | 2      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNW0               | 47.52                   | 3       | 1      | 50.55                      | 3       | 1      | 47.63                      | 3       | 1      | 49.44                | 3       | 1      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNW3               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNV7               | ---                     | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                        | ---     | ---    | ---                  | ---     | ---    |

| Cont. Tabla 8                          | <i>T. festae</i> |         |        | <i>T. championi</i> |         |        | <i>C. granosus</i> |         |        |
|----------------------------------------|------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|--------------------|---------|--------|
| Lectina                                |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| acceso                                 | -10lgP           | Id. (%) | # pept | -10lgP              | Id. (%) | # pept | -10lgP             | Id. (%) | # pept |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVN0               | 144.92           | 29      | 7      | NC                  | NC      | NC     | NC                 | NC      | NC     |
| Proteínas secretoras ricas en cisteína |                  |         |        |                     |         |        |                    |         |        |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV1               | 152.82           | 18      | 6      | 134.01              | 15      | 6      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVY9               | 80.66            | 5       | 2      | 78.59               | 5       | 2      | ---                | ---     | ---    |
| <i>T. o.</i> -A0A1E1WVV0               | 41.47            | 2       | 1      | 52.25               | 2       | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNW0               | 53.67            | 3       | 1      | 46.79               | 3       | 1      | ---                | ---     | ---    |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNW3               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 108.54             | 10      | 4      |
| <i>C. h.</i> -A0A2I9LNV7               | ---              | ---     | ---    | ---                 | ---     | ---    | 52.6               | 2       | 1      |

## **Anexos**

Anexo 1: Tabla de péptidos/proteínas presentes en la base de datos UniProt/SwissProt (Arachnida, febrero 2020) con los que coincidieron los componentes de los venenos de *C. granosus*, *T. festae*, *T. championi* y *T. jaimiei* (cuatro poblaciones) de Panamá. Las coincidencias están clasificadas por familias de proteínas utilizando Peaks X® (Bioinformatics Solutions).

| referencia | descripción                                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| A0A1E1WVV4 | Putative potassium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                     |
| A0A1E1WVV1 | Putative cysteine-rich protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                       |
| A0A1E1WVY8 | Putative sodium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                        |
| A0A1E1WWK1 | Putative sodium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                        |
| A0A1E1WVX7 | Putative metalloproteinase (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                |
| A0A1E1WVX5 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                           |
| A0A1E1WVX8 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                           |
| A0A1E1WVX6 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                           |
| A0A1E1WWG5 | Hyaluronidase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                                        |
| A0A1E1WVP8 | Putative metalloproteinase (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                |
| A0A1E1WVL9 | Alpha-amylase (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                             |
| A0A1E1WW17 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                           |
| A0A1E1WW05 | Putative sodium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                        |
| A0A1E1WVN9 | Putative sodium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                        |
| A0A1E1WVS8 | Putative sodium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                        |
| A0A1E1WVQ8 | Putative peptidylglycine alpha-amidating monooxygenase OS=Tityus obscurus OX=1221240         |
| A0A1E1WVS9 | Putative serine proteinase chymotrypsin-like protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1 |
| A0A1E1WWF5 | Putative metalloproteinase (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                |
| A0A1E1WVN7 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                           |
| A0A1E1WVY9 | Putative cysteine-rich protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                       |
| A0A0C9S0M1 | TSA: Tityus bahiensis Tbah00286 mRNA sequence OS=Tityus bahiensis OX=50343 PE=2 SV=1         |
| A0A1E1WVL0 | Uncharacterized protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                              |
| A0A1E1WVV0 | Putative cysteine-rich protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                       |
| A0A0C9RPA0 | TSA: Tityus bahiensis Tbah02776 mRNA sequence OS=Tityus bahiensis OX=50343 PE=2 SV=1         |
| A0A0U1SPC4 | Uncharacterized protein OS=Isometrus maculatus OX=497827 PE=2 SV=1                           |
| A0A1E1WVM2 | CRF domain-containing protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                        |
| A0A1E1WWL0 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                           |
| A0A1E1WVW3 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                           |

| referencia | descripción                                                                                   |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| A0A1E1WVX0 | Putative bradykinin-potentiating peptide OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1              |
| A0A218QX15 | Putative metalloproteinase OS=Tityus serrulatus OX=6887 PE=4 SV=1                             |
| A0A1E1WVN0 | Putative lectin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                                       |
| A0A2I9LP12 | G-protein coupled receptor OS=Centruroides hentzi OX=88313 PE=4 SV=1                          |
| A0A1E1WVV6 | Putative phospholipase A2 (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                  |
| A0A1E1WWK4 | Putative sodium channel toxin (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1              |
| A0A1E1WVN8 | Uncharacterized protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                               |
| A0A1E1WWE7 | Putative phospholipase A2 (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                  |
| Q6V4Z1     | Beta-toxin (Fragment) OS=Centruroides sculpturatus OX=218467 PE=3 SV=1                        |
| A0A1E1WVW1 | Putative potassium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                      |
| A0A1E1WW02 | Putative metalloproteinase (Fragment) OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                 |
| A0A1E1WVN4 | Putative insulin-like protein growth factor binding protein OS=Tityus obscurus OX=1221240     |
| A0A1E1WWM7 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                            |
| A0A2I9LNW0 | Cysteine-rich secretory protein OS=Centruroides hentzi OX=88313 PE=4 SV=1                     |
| A0A1D3IXJ5 | ToAP2 OS=Tityus obscurus OX=1221240 GN=ToAP2 PE=2 SV=1                                        |
| A0A1E1WWJ8 | Putative potassium channel toxin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                      |
| A0A2R5L9L6 | Putative serine/arginine-rich splicing factor 2b (Fragment) OS=Ornithodoros turicata OX=34597 |
| A0A1E1WVR2 | Putative transferrin OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                                  |
| A0A1E1WVX9 | Putative serine proteinase chymotrypsin-like protein OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1  |
| A0A0K0LB9  | Calcium channel blocker AbCaTx1 OS=Androctonus bicolor OX=748906 PE=2 SV=1                    |
| A0A1E1WWB8 | Angiotensin-converting enzyme OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=3 SV=1                         |
| A0A1E1WWJ0 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                            |
| A0A2I9LNS6 | Acid phosphatase OS=Centruroides hentzi OX=88313 PE=3 SV=1                                    |
| A0A1E1WVX4 | Putative metalloproteinase OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                            |
| A0A2I9LPW9 | Venom factor OS=Centruroides hentzi OX=88313 PE=4 SV=1                                        |
| T1JYT1     | Uncharacterized protein OS=Tetranychus urticae OX=32264 GN=107372138 PE=4 SV=1                |
| A0A2P6LC31 | Chitin-binding type-2 domain-containing protein OS=Nephila clavipes OX=2585209                |
| A0A4Y2MRP4 | Ankyrin-3 OS=Araneus ventricosus OX=182803 GN=Ank3_6 PE=4 SV=1                                |
| A0A2P6L7J1 | Uncharacterized protein OS=Nephila clavipes OX=2585209 GN=NCL1_14281 PE=4 SV=1                |
| A0A1E1WWL5 | Putative endothelin-converting enzyme OS=Tityus obscurus OX=1221240 PE=4 SV=1                 |

## Anexo 1. Continuación

| referencia | descripción                                                                                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V5I2H3     | Putative ca <sup>2+</sup> -dependent activator protein (Fragment) OS= <i>Ixodes ricinus</i> OX=34613 PE=2 SV=1 |
| A0A087TFQ3 | Calcium-dependent secretion activator 1 (Fragment) OS= <i>Stegodyphus mimosarum</i> OX=407821                  |
| A0A076L7Z9 | Endothelin-converting enzyme 1 OS= <i>Tityus serrulatus</i> OX=6887 PE=2 SV=2                                  |
| T1L152     | Phosphorylase b kinase regulatory subunit OS= <i>Tetranychus urticae</i> OX=32264 GN=107369260                 |
| E4VNZ7     | Venom metalloprotease-1 OS= <i>Mesobuthus eupeus</i> OX=34648 GN=VP-1 PE=2 SV=1                                |
| Q6V4Z3     | Beta-toxin (Fragment) OS= <i>Centruroides noxius</i> OX=6878 PE=3 SV=1                                         |
| A0A2I9LP89 | Metalloproteinase OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=4 SV=1                                            |
| A0A1E1WW03 | Putative sodium channel toxin OS= <i>Tityus obscurus</i> OX=1221240 PE=3 SV=1                                  |
| A0A1E1WV5  | Putative potassium channel toxin OS= <i>Tityus obscurus</i> OX=1221240 PE=4 SV=1                               |
| A0A2I9LP90 | NaTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                                                         |
| A0A2I9LP21 | Hyaluronidase OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                                                |
| F1CIW7     | Iota-buthitoxin-Hj1b OS= <i>Hottentotta judaicus</i> OX=6863 PE=2 SV=1                                         |
| A0A2I9LNW3 | Cysteine-rich secretory protein OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                              |
| A0A2I9LPA3 | NaTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                                                         |
| A0A2I9LNV1 | Chitinase OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=4 SV=1                                                    |
| A0A2I9LP74 | Peptidylglycine alpha-amidating monooxygenase OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=4 SV=1                |
| A0A2I9LNQ6 | AKTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                                                         |
| E4VP57     | Putative bifunctional venom peptide-6 OS= <i>Mesobuthus eupeus</i> OX=34648 GN=TXKbeta4 PE=2 SV=1              |
| A0A2I9LNQ7 | AKTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=4 SV=1                                                         |
| A0A076LAV6 | Metalloserrulase 2 OS= <i>Tityus serrulatus</i> OX=6887 PE=2 SV=2                                              |
| A0A2I9LP94 | NaTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                                                         |
| A0A2I9LPQ8 | Serine proteinase OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                                            |
| A0A2I9LPA2 | NaTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=4 SV=1                                                         |
| A0A2I9LPB1 | NaTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=4 SV=1                                                         |
| A0A2I9LNV7 | Cysteine-rich secretory protein OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                              |
| A0A2I9LNP3 | AKTx OS= <i>Centruroides hentzi</i> OX=88313 PE=3 SV=1                                                         |

Anexo 2: Tabla de espectros resultantes de análisis MS/MS nano-Easy de los venenos de escorpiones de Panamá: *Tityus jaimeii* de Colón, Veraguas (Ver.), Reserva Forestal El Montuoso (Mont) y Panamá Oeste (PO), *Tityus festae* (Tf), *Tityus championi* (Tch) y *Centruroides granosus* (Cg).

| péptidos obtenidos                                        | <i>Tityus jaimeí</i> |      |       |    | Tf | Tch | Cg |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                                           | Colón                | Ver. | Mont. | PO |    |     |    |
| K.SEYAC(+57.02)PVIDKFC(+57.02)EDHC(+57.02)AAK.N           | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.FC(+57.02)EDHC(+57.02)AAK.N                             | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 1  |
| K.SEYAC(+57.02)PVIDK.F                                    | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.NAIGKC(+57.02)DDFK.C                                    | 1                    | 1    | 0     | 0  | 1  | 1   | 0  |
| K.SEYAC(+57.02)PVIDKFC(+57.02)EDHC(+57.02)AAKN(+98)AIGK.C | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.SEYAC(+57.02)PVIDKF.C                                   | 1                    | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| V.IDKFC(+57.02)EDHC(+57.02)AAK.N                          | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.SEYAC(+57.02)PVIDKFC(+57.02)EDHC(+57.02)AAKN.A          | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.N(+98)AIGKC(+57.02)DDFK.C                               | 0                    | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| E.YAC(+57.02)PVIDKFC(+57.02)EDHC(+57.02)AAK.N             | 0                    | 0    | 0     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.FC(+57.02)EDHC(+57.02)AAKN(+98)AIGK.C                   | 0                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.LTDQC(+57.02)VYKHDC(+57.02)DDC(+57.02)R.K               | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| R.STSYLGLC(+57.02)SVLN(+98)GR.G                           | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.KVENFDVQGNIYATITAVDPPEPFWVDAVR.S                        | 1                    | 1    | 0     | 0  | 1  | 1   | 0  |
| K.FTSNIQYK.D                                              | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.LTDQC(+57.02)VYK.H                                      | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 1   | 0  |
| R.KGPSVAGTK.S                                             | 1                    | 1    | 0     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.GSPAQYLDISYIR.A                                         | 0                    | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.QIISDVYK.T                                              | 0                    | 1    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.HDC(+57.02)DDC(+57.02)R.K                               | 0                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| R.KADSGYC(+57.02)YK.L                                     | 1                    | 0    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| C.KKDDYPVDTAKR.N                                          | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| C.KKDDYPVDTAK.R                                           | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.DDYPVDTAKR.N                                            | 1                    | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.DDYPVDTAK.R                                             | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.ADSGYC(+57.02)YK.L                                      | 1                    | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| Y.C(+57.02)YGLPDDSPTK.T                                   | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.NC(+57.02)YC(+57.02)YDVAPGTK.M                          | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| Y.C(+57.02)YDVAPGTK.M                                     | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| A.LDGYPLSKN(+98)NYC(+57.02)K.I                            | 1                    | 1    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| C.YC(+57.02)YDVAPGTK.M                                    | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| C.YDVAPGTK.M                                              | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| A.LDGYPLSK.N                                              | 1                    | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.YTGVSGSPGAESC(+57.02)PSK.D                              | 1                    | 1    | 1     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| K.SADIIMLLITR.F                                           | 1                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |

| péptidos obtenidos (continuación)   | <i>Tityus jaimeí</i> |      |       |    | Tf | Tch | Cg |
|-------------------------------------|----------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                     | Colón                | Ver. | Mont. | PO |    |     |    |
| R.DDQC(+57.02)LVIEILSVTESSLTER.F    | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LSGIVAFTK.E                       | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.YLLSKPEASC(+57.02)VYEK.C          | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.SADIIM(+15.99)LLITR.F             | 1                    | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.KNELKDGEYYSK.L                    | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| E.ASC(+57.02)VYEK.C                 | 1                    | 0    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.QLDSGLQLR.L                       | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.LDRDDQC(+57.02)LVIEILSVTESSLTER.F | 0                    | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.VEVVFPVTSR.S                      | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| A.KDFVFNNSK.Q                       | 1                    | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| A.LLIDEN(+.98)GPSSIK.G              | 1                    | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.DFVFNNSK.Q                        | 1                    | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.GIVN(+.98)SNLR.I                  | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.GIVNSNLR.I                        | 1                    | 0    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| A.LLIDENGPSSIK.G                    | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.DFVFN(+.98)SK.Q                   | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| L.LIDENGPSSIK.G                     | 0                    | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LVGQANAPYVC(+57.02)EC(+57.02)KK.V | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.LVGQANAPYVC(+57.02)EC(+57.02)K.K  | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| E.YITTLFTGAENLLK.G                  | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.ELIEVEDNKIVHR.L                   | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| E.ALTEYITTLFTGAENLLK.G              | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.ELIEVEDNK.I                       | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| K.KGQDPSYIK.Q                       | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.ASC(+57.02)LFEDC(+57.02)K.S       | 0                    | 0    | 0     | 1  | 0  | 1   | 0  |
| R.FKTDEALTEYITTLFTGAENLLK.G         | 0                    | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| E.EVNLPDGPAGAK.N                    | 0                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.YLLSLPRA                          | 0                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| R.ASC(+57.02)LFEDC(+57.02)K.S.F     | 0                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| R.LSGIQAFTK.E                       | 1                    | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.NADIIMLLITR.Y                     | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.NADIIM(+15.99)LLITR.Y             | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.ASC(+57.02)VYEK.C                 | 1                    | 0    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.QLDSGIQLR.L                       | 1                    | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| M.YSAAETLLR.Q                       | 1                    | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |

| péptidos obtenidos                    | <i>Tityus jaimiei</i> |      |       |    |    |     |    |
|---------------------------------------|-----------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                       | Colón                 | Ver. | Mont. | PO | Tf | Tch | Cg |
| K.VGLAQDDTDYNER.V                     | 1                     | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.C(+57.02)IVIDYLC(+57.02)VTESTFTQR.F | 1                     | 0    | 1     | 1  | 1  | 1   | 1  |
| R.VDTVAHETAHLIGAPHDGEGPFLSGSPGAK.T    | 1                     | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| K.VGLAQ(+.98)DDTDYNER.V               | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| R.VAHSNTPIYPYINYILPGENVK.V            | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.IVIFYESQLGK.Y                       | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.VVPAMDFK.R                          | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.VYWEVPSFLC(+57.02)SK.K              | 1                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 1   | 1  |
| R.C(+57.02)SQVIC(+57.02)K.G           | 1                     | 1    | 1     | 1  | 0  | 1   | 0  |
| K.QFAC(+57.02)NPK.I                   | 0                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 1   | 0  |
| T.VATVVLNTR.R                         | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.VLVNQGEFNGDK.I                      | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.VLVNQGEF(+.98)GDK.I                 | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.YLLSKPQASC(+57.02)VYEEC(+57.02)K.S  | 1                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.NADIILLITR.Y                        | 1                     | 0    | 0     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| R.LSGIVAFTK.E                         | 1                     | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| R.QLDSGLQLR.L                         | 1                     | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| Q.ASC(+57.02)VYEEC(+57.02)K.S         | 1                     | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| R.GHGAGGFGSILTFEAK.M                  | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.RC(+57.02)NNAGVR.I                  | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LSGLADLNLSK.P                       | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.SGSESEFR.E                          | 1                     | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| R.LSGLADLNLSKPYVR.D                   | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.C(+57.02)LVIEILC(+57.02)VTESK.F     | 1                     | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| A.KDFVFNLSK.H                         | 1                     | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.DFVFNLSK.H                          | 1                     | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.GIVN(+.98)SNLR.I                    | 1                     | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.GIVNSNLR.I                          | 1                     | 0    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.DFVFN(+.98)SK.H                     | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| E.YITTLFTGAENLLK.G                    | 0                     | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| E.ALTEYITTLFTGAENLLK.G                | 0                     | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.ASC(+57.02)LFEDC(+57.02)K.S         | 0                     | 0    | 0     | 1  | 0  | 1   | 0  |
| R.FKTDEALTEYITTLFTGAENLLK.G           | 0                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.YLLSLPR.A                           | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| R.ASC(+57.02)LFEDC(+57.02)KS.F        | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |

| péptidos obtenidos (continuación)          | <i>Tityus jamei</i> |      |       |    | Tf | Tch | Cg |
|--------------------------------------------|---------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                            | Colón               | Ver. | Mont. | PO |    |     |    |
| K.IYC(+57.02)PDDAVC(+57.02)KDTC(+57.02)K.N | 1                   | 1    | 1     | 0  | 1  | 1   | 0  |
| K.IYC(+57.02)PDDAVC(+57.02)K.D             | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| A.IDGYPLSKN(+.98)NYC(+57.02)K.I            | 1                   | 1    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| A.IDGYPLSK.N                               | 1                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 1   | 0  |
| K.GC(+57.02)YC(+57.02)YDVAPSTK.M           | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| C.KDGYLVGN(+.98)DGC(+57.02)K.Y             | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| C.KDGYLVGNDGC(+57.02)K.Y                   | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.DGYLVGNDGC(+57.02)K.Y                    | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| Y.LVGNDGC(+57.02)K.Y                       | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| C.KKEGYLVGNDGC(+57.02)K.Y                  | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| C.KKEGYLVGN(+.98)DGC(+57.02)K.Y            | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.EGYLVGNDGC(+57.02)K.Y                    | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.EGYLVGN(+.98)DGC(+57.02)K.Y              | 1                   | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.THTHALGK.A                               | 1                   | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.AVSGYVIDR.D                              | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| H.LVIQEGDVLAAR.C                           | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.WVDEDASSLRE                              | 1                   | 1    | 1     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| R.DAPALNLPEGVGFK.V                         | 0                   | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.AVSGYVIDRDSGK.W                          | 0                   | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.NSGSDGVC(+57.02)EGDSSGGLVTR.N            | 1                   | 1    | 1     | 1  | 0  | 1   | 0  |
| R.LGTVDRESGPQYR.F                          | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| S.KADIIFLFTK.R                             | 1                   | 1    | 1     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.ADIIFLFTK.R                              | 1                   | 1    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| S.KADIIFLFTKR.T                            | 0                   | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.SSC(+57.02)LHEK.C                        | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.YLLSKPEASC(+57.02)VYEEC(+57.02)KSPR.Y    | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| E.ASC(+57.02)VYEEC(+57.02)K.S              | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.DGLC(+57.02)AFLIGR.F                     | 1                   | 0    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.HKDGLC(+57.02)AFLIGR.F                   | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.VGC(+57.02)GVAGYVK.N                     | 0                   | 0    | 1     | 0  | 1  | 1   | 0  |
| K.VLYTC(+57.02)NYGPAGNLIR.S                | 0                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| P.GLIGGLISAFK.G                            | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.LLETFLDR.V                               | 1                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.VILISFDGFR.W                             | 1                   | 1    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.SGVYFWPASDIPIKDTFPNIYFK.Y                | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |

| péptidos obtenidos (continuación)      | <i>Tityus jamei</i> |      |       |    | Tf | Tch | Cg |
|----------------------------------------|---------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                        | Colón               | Ver. | Mont. | PO |    |     |    |
| R.QC(+57.02)VEKPDC(+57.02)PK.C         | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| R.KLYILN(+.98)GSC(+57.02)              | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LC(+57.02)APVKPAADTIK.T              | 0                   | 1    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| L.IPSLIGGLVSAIK.G                      | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| I.PSLIGGLVSAIK.G                       | 1                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| F.SLIPSLIGGLVSAIK.G                    | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| P.SLIGGLVSAIK.G                        | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| S.LIPSLIGGLVSAIK.G                     | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| M.IPGLIGGLISAIAK.G                     | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| P.GLIGGLISAIAK.G                       | 0                   | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.DGPPLSIVNALDVLR.Q                    | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.ETEPPFFESNEFKEDK.L                   | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| E.ASC(+57.02)VYEEC(+57.02)K.K          | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.FSEC(+57.02)TKEC(+57.02)IK.Y         | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.EMLKEYANK.V                          | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LIGQAFTK.E                           | 1                   | 1    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.DKDNDIWNNNC(+57.02)AETYK.G           | 0                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.DYFFKDWEQYAIGFGK.L                   | 0                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.DKDNDIWNN(+.98)NC(+57.02)AETYK.G     | 0                   | 0    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.DKDN(+.98)DIWNNNC(+57.02)AETYK.G     | 0                   | 0    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.DWEQYAIGFGK.L                        | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| R.YALYDN(+.98)FWIENER.Q                | 0                   | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| Q.IDGGGWTVIQR.R                        | 0                   | 1    | 0     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| S.YADGIEWK.T                           | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| E.ANLN(+.98)GLYLN(+.98)GPHSSYADGIEWK.T | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| F.YGDC(+57.02)C(+57.02)IDAPNR.Q        | 1                   | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| K.IIQTPFDFAK.K                         | 1                   | 1    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| C.KEGYLLGSDGC(+57.02)K.M               | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| R.RDFIC(+57.02)DR.N                    | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| R.KGC(+57.02)EC(+57.02)DEEFR.N         | 1                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| KEGYLVDVK.G                            | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.EGYLVDVK.G                           | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.SMESC(+57.02)QGDTC(+57.02)K.C        | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| K.VGVATDDSQYNER.V                      | 1                   | 1    | 1     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| R.NISGIC(+57.02)GK.G                   | 1                   | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |

| peptidos obtenidos (continuación)                | <i>Tityus jaimeii</i> |      |       |    | Tf | Tch | Cg |
|--------------------------------------------------|-----------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                                  | Colón                 | Ver. | Mont. | PO |    |     |    |
| R.LLGIMAFK.E                                     | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.SLLFLTPILVK.D                                  | 1                     | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| A.FFGTLFK.L                                      | 1                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.LAVGKPTGK.C                                    | 1                     | 1    | 1     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| M.DALDGYILDGR.E                                  | 0                     | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| L.DGYILDGR.E                                     | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.EGADLSC(+57.02)SWGVRPSNAFVIC(+57.02)SHQSPEER.E | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LC(+57.02)LTEFVAALNK.W                         | 0                     | 1    | 1     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.TAGWQPIAK.L                                    | 0                     | 1    | 1     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.FC(+57.02)TTSEQGVNK.C                          | 0                     | 1    | 1     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| R.INAGVEC(+57.02)VLEASVADC(+57.02)INAVK.E        | 0                     | 1    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.AAAIADLFSASC(+57.02)VPGANDPK.Y                 | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.ADLITLDGGDVYR.A                                | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.RINAGVEC(+57.02)VLEASVADC(+57.02)INAVK.E       | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.YSGYAGAFR.C                                    | 0                     | 0    | 1     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| K.SC(+57.02)HTGVGR.T                             | 0                     | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| K.SGQYYNDIAILK.L                                 | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| P.NYKSGQYYNDIAILK.L                              | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.GITSTFLC(+57.02)AGLTSGGK.D                     | 0                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.LLTGPFPK.G                                     | 0                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.KC(+57.02)NSDGDC(+57.02)C(+57.02)R.Y           | 0                     | 1    | 0     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.KC(+57.02)N(+.98)SDGDC(+57.02)C(+57.02)R.Y     | 0                     | 1    | 0     | 1  | 1  | 0   | 0  |
| K.C(+57.02)NSDGDC(+57.02)C(+57.02)R.Y            | 0                     | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.TEIDFDPGAK.F                                   | 0                     | 1    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.FFDPQLR.R                                      | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.IRPLYWEFVDLK.N                                 | 0                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.QC(+57.02)NLFQR.A                              | 0                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.IAFLPFGYILDK.W                                 | 0                     | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.ANIVYFLGLSR.A                                  | 0                     | 1    | 1     | 1  | 1  | 1   | 0  |
| R.NSPEGEAYR.S                                    | 0                     | 1    | 0     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LSGIVAFTK.E                                    | 0                     | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.QLDSGLQLR.L                                    | 0                     | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| Q.ASC(+57.02)VYEK.C                              | 0                     | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.QASC(+57.02)VYEK.C                             | 0                     | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.ILPLFEHLTSLTR.S                                | 0                     | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |

| péptidos obtenidos (continuación) | <i>Tityus jaime</i> |      |       |    | Tf | Tch | Cg |
|-----------------------------------|---------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                   | Colón               | Ver. | Mont. | PO |    |     |    |
| K.DFDDFFLLAK.Q                    | 0                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.VLVENQC(+57.02)SR.F             | 0                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| A.AGAGGFKSGATGGK.K                | 0                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| T.VATGNIGDTGR.S                   | 0                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| K.TLYN(+98)LSC(+57.02)K.I         | 0                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| G.GAGGTGGQGGYGSGGAGGK.G           | 0                   | 0    | 1     | 0  | 0  | 0   | 0  |
| R.LLGTEPVLRI                      | 0                   | 0    | 0     | 1  | 0  | 0   | 0  |
| K.TLAENIADNGAINEALTGYR.Y          | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.TLAENIADN(+98)GAINEALTGYR.Y     | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.NKNLLSLPGK.S                    | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.NLLSLPGK.S                      | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.SC(+57.02)IDHSK.S               | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.TLQAFQWQ(+98)R.R                | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.FFFNAVK.E                       | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.YDEGSLLAPILSLTYR.Q              | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.IDENLC(+57.02)GGR.F             | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.SLPEIDGLSK.E                    | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.EVGLAYINFAR.N                   | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.FFFNAVK.E                       | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.DTFAPQVVR.Y                     | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.NKNLLSLPGK.S                    | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.LLGTEPIIR.I                     | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.NLLSLPGK.S                      | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.KGILDSC(+57.02)LK.V             | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.GILDSC(+57.02)LK.V              | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| R.ALDQDLELR.L                     | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| KDGYLVDVKGC(+57.02)K.K            | 0                   | 0    | 0     | 0  | 1  | 0   | 0  |
| K.VGLAQDDADYNER.V                 | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| C.GYDNAYC(+57.02)DK.L             | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| K.GTGYC(+57.02)DKDVC(+57.02)K.C   | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 1   | 0  |
| L.AC(+57.02)YC(+57.02)EAVPDNVK.V  | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.LAC(+57.02)YC(+57.02)EAVPDNVK.V | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| A.C(+57.02)YC(+57.02)EAVPDNVK.V   | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| C.YC(+57.02)EAVPDNVK.V            | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.IVIFYENQLGK.Y                   | 0                   | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |

| péptidos obtenidos (final)             | <i>Tityus jaimeii</i> |      |       |    | Tf | Tch | Cg |
|----------------------------------------|-----------------------|------|-------|----|----|-----|----|
|                                        | Colón                 | Ver. | Mont. | PO |    |     |    |
| K.VYWEVPSFLC(+57.02)SK.K               | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.DQPSQFTC(+57.02)NAR.V                | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.GTGYC(+57.02)YFWK.L                  | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| T.GYC(+57.02)YFWK.L                    | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| G.TGYC(+57.02)YFWK.L                   | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.DGLC(+57.02)AFLIGR.F                 | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| N.YVTAVFNAGEK.M                        | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| R.FGPNVAGEK.E                          | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.VSESDKQTILK.V                        | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.GYC(+57.02)YFWK.I                    | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.KGYC(+57.02)YFWK.I                   | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| C.VINNQYC(+57.02)ETEC(+57.02)VK.V      | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.AAQLTC(+57.02)GPGTVFSEK.L            | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.FYNC(+57.02)N(+.98)N(+.98)GK.A       | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| R.DAPPLN(+.98)LPDGVGFK.V               | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| R.AGVYLLGTSGFALPK.S                    | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.KAVGTYQGK.C                          | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.AVGTYQGK.C                           | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| S.EYAC(+57.02)PVIEK.W                  | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| L.SEYAC(+57.02)PVIEK.W                 | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| R.C(+57.02)QYGTC(+57.02)YC(+57.02)K.T  | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| Q.YGTC(+57.02)YC(+57.02)K.T            | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.VGVAQDDSDYNER.V                      | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.DGYPVDEEGC(+57.02)K.I                | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.NSGSEGVC(+57.02)EGDSGGPLVTR.D        | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| S.RDGYPLASN(+.98)GC(+57.02)K.F         | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| R.WGENQ(+.98)YC(+57.02)QDVC(+57.02)K.L | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| R.KGPNVAGTK.S                          | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |
| K.SSSEC(+57.02)LPAC(+57.02)K.A         | 0                     | 0    | 0     | 0  | 0  | 0   | 1  |

Anexo 3. Tabla de resumen del análisis de correspondencia para los grupos de componentes de los venenos de *Tityus jaime* de cuatro poblaciones, *T. championi*, *T. festae* y *Centruroides granosus*.

| Axis | Valor propio (Eigenvalue) | % del total | Acumulativo |
|------|---------------------------|-------------|-------------|
| 1    | 0.107647                  | 47.26       | 47.26       |
| 2    | 0.0549773                 | 24.14       | 71.40       |
| 3    | 0.0331085                 | 14.54       | 85.94       |
| 4    | 0.0184458                 | 8.10        | 94.04       |
| 5    | 0.0112269                 | 4.93        | 98.97       |
| 6    | 0.00235265                | 1.03        | 100.00      |