

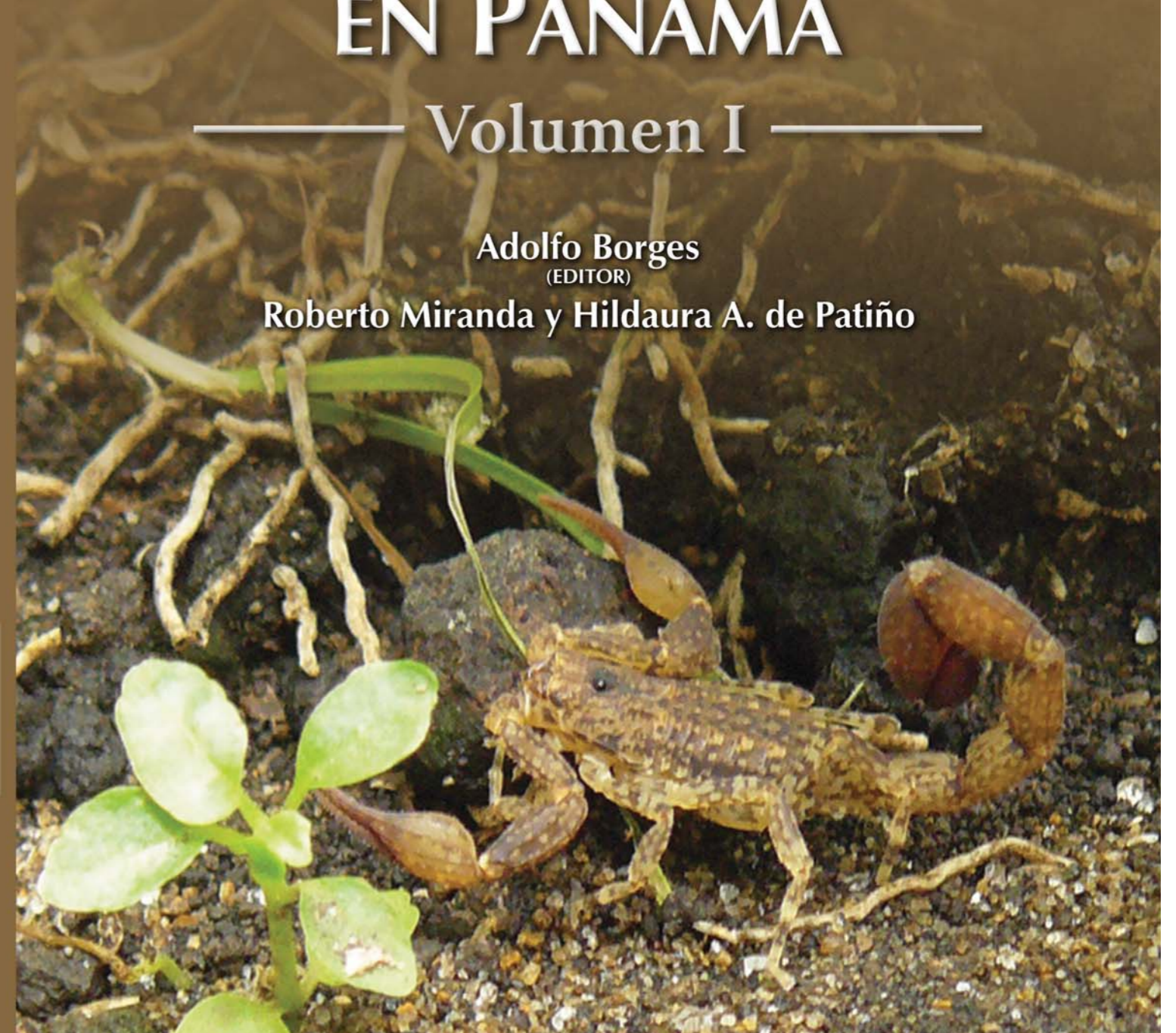


LOS ESCORPIONES y el escorpionismo EN PANAMÁ

— Volumen I —

Adolfo Borges
(EDITOR)

Roberto Miranda y Hilda A. de Patiño





Capítulo 2

Los escorpiones y su veneno: ¿por qué el veneno de los escorpiones puede ser mortal para el ser humano?

Adolfo Borges

Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela; Profesor Visitante, Universidad de Panamá;
Investigador Visitante, Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud.

¿Cómo es posible que animales relativamente tan pequeños puedan ocasionar tanto daño? Es esta una de las preguntas que frecuentemente nos hacen las personas que han tenido encuentros desagradables con escorpiones. La razón radica en la letalidad del veneno, lo que es lo mismo que su potencia tóxica: la cantidad del tóxico que se requiere para producir la muerte, por ejemplo, de un ser humano, de animales de experimentación o de células crecidas en el laboratorio.

Para tener una idea de la potencia del veneno de los escorpiones, es interesante compararla con la del veneno producido por algunas serpientes. Una serpiente de la familia Viperidae (entre las cuales se encuentra la denominada "X" o *Bothrops asper*) inyecta mililitros en una mordedura, mientras que un escorpión inyecta microlitros (la millonésima parte de un litro); es decir, unas mil veces menos que una serpiente, siendo esa cantidad suficiente para provocar la muerte de un niño de 20 kg de peso, en el caso de algunas especies peligrosas. Algunas toxinas de escorpión poseen una toxicidad

molar (es decir, tomando en cuenta el peso relativo de cada molécula para poder realizar comparaciones) superior en aproximadamente 5,000 veces a la del cianuro de potasio, uno de los tóxicos más potentes que se conocen. Si además tomamos en consideración que las toxinas que producen los escorpiones poseen una alta selectividad hacia diferentes organismos, estamos en presencia de compuestos muy potentes y además muy específicos que son capaces de distinguir entre los tejidos de insectos, crustáceos o mamíferos. Veamos el porqué.

2.1 Las toxinas presentes en el veneno de los escorpiones y su acción letal

El último segmento de la cola de los escorpiones, denominado telson, contiene en su interior un par de glándulas productoras de veneno, las cuales se comunican con el exterior mediante un par de canalículos ubicados en el extremo del aguijón o *aculeus* (figura 13).



Todos los escorpiones, indistintamente de si son o no peligrosos para el ser humano, fabrican veneno en estas glándulas. Lo utilizan para paralizar a sus presas o para defenderse de posibles predadores, los cuales son aves y reptiles en su mayoría. El escorpión proyecta el aguijón hacia adelante, a la manera de un dardo, e inyecta el contenido de las glándulas mediante la contracción de la capa de tejido muscular que las rodea (figura 13). Las toxinas, las cuales son las moléculas que contiene el veneno y que son responsables de su letalidad, se producen en el interior de estas glándulas.

El veneno de los escorpiones está constituido principalmente por toxinas, las cuales se cuentan entre las proteínas más pequeñas del reino animal, porque solo contienen entre 30 y 70

aminoácidos. El mecanismo por el cual estas moléculas pueden provocar la muerte está relacionado con la alta afinidad que tienen por las membranas de las células que forman los tejidos excitables del cuerpo humano, que son aquellos que responden a diferentes estímulos, con la generación y propagación de un fenómeno conocido como el *potencial de acción*. Entre estos tejidos se cuenta el sistema nervioso, la musculatura esquelética (la que nos permite movernos en conjunto con el esqueleto) y la musculatura cardiaca, en el corazón. Este fenómeno permite que el estímulo original se propague y se produzca una respuesta, como por ejemplo la contracción muscular o la producción de enzimas por parte de algunos órganos. Veamos en más detalle en qué consiste el *potencial de acción*.

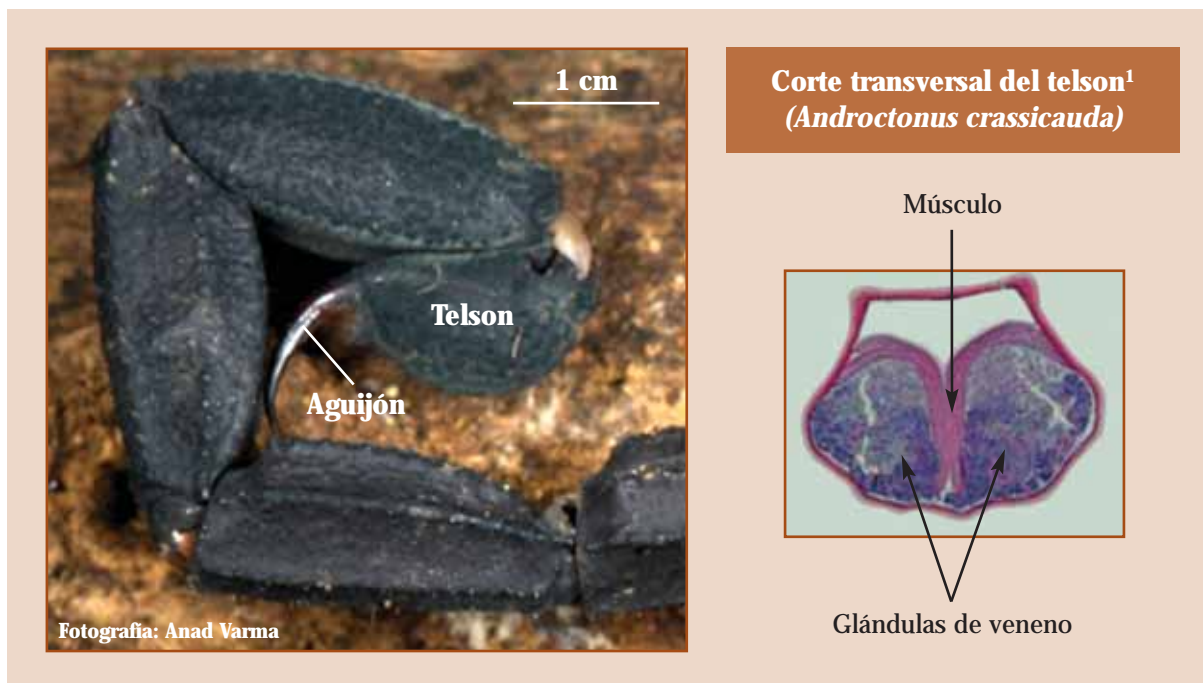


Figura 13. Aparato del veneno de un escorpión.

Izquierda: Los últimos cinco segmentos de la cola del escorpión *Tityus festae* (colectado en El Llano-Cartí [Chepo], provincia de Panamá) mostrando el telson (último segmento) y el aguijón o *aculeus*. *Derecha:* Corte transversal del telson del escorpión *Androctonus crassicauda* (colectado en Arabia Saudita; barra, 0.5 cm) mostrando en su interior el par de glándulas de veneno y la capa muscular que permite la contracción de las mismas. (¹ Fotografía reproducida con el permiso de *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*; Al-Asmaru *et al.*, 2009).





La membrana constituye el límite entre la célula y el exterior y contiene múltiples moléculas responsables del intercambio de señales y de nutrientes, eventos que hacen posible la vida de todo organismo. Las membranas celulares están constituidas por fosfolípidos (un tipo especial de grasas) y por proteínas, algunas de las cuales atraviesan íntegramente la membrana y que son las denominadas proteínas integrales. Algunas de estas proteínas integrales son los llamados canales iónicos, que son las vías de paso específicas para iones: átomos con carga eléctrica que pueden transitar a través de la membrana en respuesta a una determinada señal. No todas las células tienen la capacidad para desarrollar potenciales de acción, característica que es exclusiva de las células de los tejidos excitables. Dos iones son esenciales para el desarrollo de este potencial: el sodio (Na^+) y el potasio (K^+), cada uno con una carga positiva. En la condición denominada de “reposo”, es decir, en ausencia de estimulación, hay una distribución desigual de la concentración de iones sodio y potasio entre el interior y el exterior de la célula: existe más sodio en el exterior con respecto al interior y lo contrario ocurre en el caso del potasio. Eso determina que haya una diferencia de potencial (diferencia en cargas) entre ambos sectores, denominado potencial de membrana.

Cuando se produce un estímulo, se abren específicamente las vías de paso para sodio (denominados canales de sodio), los cuales tienen un mecanismo de compuertas que es sensible al potencial de membrana: las compuertas se abren al producirse el estímulo durante el tiempo suficiente como para que se introduzca sodio al interior de la célula. De esa manera el interior de esta se torna, transitoriamente, más positivo con respecto al exterior. Eso produce un cambio en el potencial de membrana o *despolarización*, el

cual genera la espiga del potencial de acción, que corresponde a la porción ascendente del potencial (véase inserto en la figura 14). Como la membrana debe retornar a su condición de reposo para poder ser estimulada en el futuro, se abren a continuación las vías de paso para los iones de potasio (denominadas canales de potasio). Al permitirse la salida de estos iones hacia el exterior, los cuales también llevan carga positiva, se retorna a la condición de reposo de la membrana, en la cual originalmente había más iones positivos en el lado externo de la misma, mediante el proceso conocido como *repolarización*. Este ciclo puede repetirse, permitiéndose la propagación, por ejemplo, del impulso nervioso en las neuronas, o de la contracción de las células que constituyen el tejido cardíaco y que hacen posible el funcionamiento del corazón. La figura 14 (parte A) ilustra el concepto de *potencial de acción* y cómo se produce.

Las toxinas de escorpión atacan justamente este delicado mecanismo, acelerando de manera incontrolada la propagación del potencial de acción y produciendo daños de consecuencias devastadoras a nivel de todo el organismo, porque los tejidos excitables controlan a su vez la actividad de muchos otros sistemas, los cuales están interconectados en redes de funcionamiento. Veamos cómo las toxinas de escorpión afectan el potencial de acción (parte B de la figura 14).

Un primer grupo de toxinas, las cuales incluyen moléculas tipo α y β (dependiendo de su estructura y función), alteran las compuertas del canal abriéndolo permanentemente. De esta manera, entra sodio a la célula y el potencial de membrana se despolariza de manera sostenida. Simultáneamente, otro grupo de toxinas bloquea físicamente el canal de potasio impidiendo la salida de estos iones.



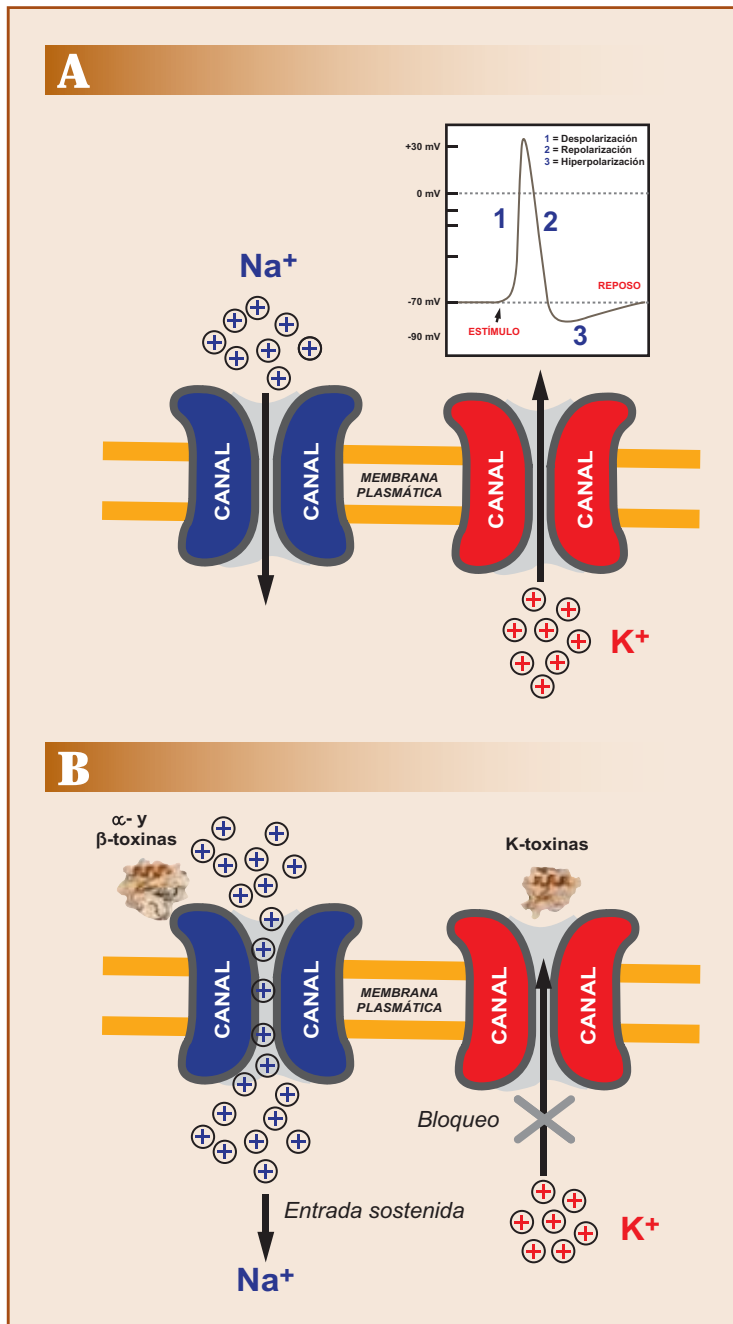


Figura 14. Esquema que muestra la acción de las toxinas de escorpión sobre las células excitables. (A) Funcionamiento de los canales iónicos en condición de reposo (inserto: potencial de acción, indicando las fases de *despolarización*, *repolarización* e *hiperpolarización*). (B) Acción de las toxinas de veneno de escorpión (α - y β -toxinas, K-toxinas) sobre los canales de sodio y de potasio en tejidos excitables (véase el texto para los detalles) (diseño: A. Borges).

La consecuencia de la acción sinérgica de estos dos grupos de toxinas determina que la célula excitable no pueda retornar a la condición de reposo: por un lado hay una entrada permanente de sodio y por otro, la posibilidad de que el potencial retorne a su condición original está bloqueada por las toxinas que ocluyen físicamente el canal de potasio.

En el caso de las neuronas, esta acción conjunta determina que el potencial de acción se dispare de manera repetitiva y frecuente y que se produzca, a nivel de la sinapsis (que son los puntos de contacto entre neuronas conectadas en red) la liberación masiva de sustancias conocidas como neurotransmisores. Estas moléculas son mensajeros químicos con múltiples efectos dependiendo del tejido en donde actúan: por ejemplo, el neurotransmisor acetilcolina es liberado por los nervios que controlan la producción en el páncreas de las enzimas que colaboran con el proceso de la digestión; a nivel del corazón, la acetilcolina produce una disminución de la frecuencia y de la intensidad de la contracción del músculo. Por otro lado, los neurotransmisores adrenalina y noradrenalina, al ser liberados, aumentan la fuerza y la velocidad de la contracción del corazón. De esta manera, la actividad de varios órganos es función de un delicado balance entre varios tipos de neurotransmisores.



A consecuencia de la acción del veneno, se produce acetilcolina de manera exagerada a nivel pancreático, lo cual provoca la destrucción de este órgano, en vista de que se excede su capacidad para controlar tal descarga tan masiva. A nivel cardiaco se puede producir taquicardia, por efecto de la liberación de adrenalina y noradrenalina. Las alteraciones a nivel del páncreas y del corazón afectan a otros órganos, como por ejemplo el pulmón. En el envenenamiento por escorpiones peligrosos de la familia Buthidae, sobre todo en niños de corta edad, una de las complicaciones más frecuentes es el llamado edema pulmonar, lo que significa que ocurre acumulación de líquido en los pulmones. Esta acumulación ocurre, en parte, porque hay aumento de la permeabilidad de los vasos que irrigan el pulmón, penetrando líquido al interior del tejido. También la sustancia que controla la elasticidad de los pulmones, que se denomina surfactante, es degradada a consecuencia de moléculas que se liberan a partir del páncreas dañado. Esta grave falla pulmonar puede llevar a la muerte del afectado porque se producen complicaciones que afectan la capacidad respiratoria de la víctima, producto, en parte, de la producción de moléculas mediadoras del proceso inflamatorio, tales como interleuquinas y citoquinas. Cuando esta situación ocurre, es poco lo que el médico puede hacer. Por ello es muy importante la aplicación *lo más pronto posible* de un antiveneno específico por parte de personal capacitado en un centro hospitalario. Recomendamos consultar la sección sobre prevención y tratamiento del escorpionismo para mayores detalles al respecto.

2.2 Uso de antivenenos específicos

La única terapia aceptada mundialmente para el tratamiento efectivo del envenenamiento por escorpiones es la aplicación temprana del antiveneno. Este antiveneno consiste en anticuer-

pos que se producen generalmente en caballos, ovejas o cabras, en contra del veneno de una o más especies de escorpiones.

¿Por qué se emplean estos animales? Fundamentalmente, por la facilidad con que pueden mantenerse en cautiverio y por la cantidad apreciable de anticuerpos que puede obtenerse de los mismos, una vez que han sido inyectados con dosis de veneno muy bajas, que no comprometen su vida. Los anticuerpos (también conocidos como inmunoglobulinas) son moléculas que produce el sistema inmune de un organismo y que pueden encontrarse de forma soluble en la sangre u otros fluidos corporales de los vertebrados. Son empleados para identificar y neutralizar elementos extraños, tales como bacterias, virus o parásitos.

El principio de la preparación de un *antiveneno* se basa en los trabajos pioneros de Emil von Behring (1854-1917) y Shibasaburo Kitasato (1852-1931) con la antitoxina tetánica, y luego Albert Calmette (1863-1933) con el suero antiofídico. La idea de inmunizar animales y luego emplear los sueros de esos animales con fines terapéuticos nace de estos investigadores. En lugar de inducir inmunidad en el paciente directamente, como se haría en el caso de la vacunación, para la preparación de un antiveneno se induce la inmunidad en un animal hospedero de gran tamaño y la sangre obtenida del mismo es procesada posteriormente para obtener las inmunoglobulinas, las cuales, una vez que se han purificado adecuadamente, pueden ser inyectadas al paciente víctima del envenenamiento para la neutralización de la toxicidad. Algunas instituciones productoras de antiveneno deshidratan las inmunoglobulinas derivadas de la sangre de animales inyectados con el veneno mediante un proceso que se denomina liofilización, suministrando al médico el material seco para que proceda a diluirlo en solución salina fisiológica antes de su inyección



en la víctima. Otras instituciones lo suministran en forma líquida, en cuyo caso es importante mantener la cadena de frío a fin de preservar la integridad del antiveneno y garantizar su efectividad: las inmunoglobulinas son proteínas y estas pueden degradarse si no se las preserva adecuadamente, es decir, a baja temperatura (sin congelar).

Una vez que el antiveneno ha sido inyectado, se une y neutraliza las toxinas, impidiendo un mayor daño, pero no revierte aquel que ya ha ocasionado. Por lo tanto, el antídoto debe ser administrado tan pronto como sea posible después de que el veneno ha ingresado al cuerpo, a fin de neutralizar los efectos de las toxinas que aún estén en la circulación. Por lo tanto, el tiempo de la aplicación del antídoto es esencial para el éxito del tratamiento. Esta regla es aplicable a accidentes por causa de cualquier animal venenoso.

Idealmente, el antiveneno que se emplea para el tratamiento de un envenenado debe ser preparado en contra de las toxinas del animal responsable del accidente. Por esta razón, es muy importante, en la medida de lo posible, traer el animal que ha producido el accidente al centro de atención para su identificación por los especialistas. Desafortunadamente, en el caso de los escorpiones, las toxinas que afectan el funcionamiento de los canales iónicos tienen un mecanismo de acción muy similar (todas reconocen el mismo sistema en los tejidos excitables), pero su superficie molecular es muy variable, dependiendo del origen geográfico del escorpión, motivo por el cual las áreas de reconocimiento para los anticuerpos son distintas dependiendo de la especie del arácnido. De esta forma, un antiveneno preparado en contra de una especie particular de escorpión, puede no tener la misma efectividad si es usado para tratar envenenamientos por especies distintas a la que se utilizó para preparar el antiveneno.

En América Latina existen seis centros de producción de antivenenos para el tratamiento del envenenamiento por escorpiones peligrosos. Tres de esos centros (el Instituto Butantán, la Fundación Ezequiel Dias y el Instituto Vital Brazil) están en el Brasil, en los cuales se producen antivenenos contra las especies *Tityus serrulatus* y *Tityus bahiensis*, las más tóxicas de ese país y muy abundantes en el sureste de América del Sur. En Argentina se fabrica un antiveneno contra la especie *Tityus trivitattus* por parte del Instituto Carlos G. Malbrán en Buenos Aires. En Venezuela también se fabrica un antiveneno en contra de la especie prevalente en el centro-norte de ese país, *Tityus discrepans* (Biotecfar, Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela). Este es el antiveneno que se emplea en Panamá para el tratamiento del escorpionismo. En México se fabrican antivenenos polivalentes en contra de varias especies del género *Centruroides* (*C. suffusus suffusus*, *C. noxius*, *C. limpidus limpidus* y *C. limpidus tecomanus*) por parte del Instituto Bioclon y también por el Laboratorio BIRMEX.

2.3. El escorpionismo como problema global

Los escorpiones habitan muy diversos ambientes en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Existen por lo menos 20 especies de escorpiones responsables de accidentes severos y de muertes en el mundo, las cuales están asociadas a varias regiones endémicas. Se calcula que anualmente se producen 1.2 millones de envenenamientos, con una población en riesgo de alrededor de 2.3 miles de millones. Un área se clasifica como endémica dependiendo de la incidencia de la patología, la cual es el número de casos reportados durante un período de tiempo con relación a la población que habita el área. En un estudio recientemente publicado por los doctores J. Chippaux



y M. Goyffon se identifican seis áreas hiperendémicas de escorpionismo en el mundo; es decir, con más de 100 casos reportados por cada 100,000 habitantes (figura 15). Las áreas son: el norte de África (incluyendo Marruecos, Túnez, Libia, Argelia y Egipto), el cercano Oriente (Israel, Jordania, Siria, Palestina y Arabia Saudita), el lejano Oriente (Irán, Afganistán, Pakistán y parte de la India) y, en el continente americano, México, el norte de América del Sur (incluyendo Venezuela, Colombia y las Guayanas) y el sureste de Brasil y el norte de Argentina. Los géneros de escorpiones responsables de los accidentes en esas regiones son: *Androctonus*, *Buthus* y *Leiurus* en el norte de África y en el cercano Oriente; *Hemiscorpius* y *Mesobuthus* en el lejano Oriente. En América, los géneros de importancia médica son *Centruroides* (en México y América Central) y *Tityus* (en el Caribe, América Central y América del Sur).

Tityus es el género con el mayor número de especies de toda la familia Buthidae (más de 180 descritas hasta la fecha) y es el responsable del mayor número de envenenamientos severos en el Caribe y América del Sur. Este género habita desde el norte de Costa Rica hasta el norte de Argentina. Recientemente, varias especies de este género han sido asociadas con muertes de niños en Panamá, como lo veremos a continuación.

2.4. El escorpionismo como problema en Panamá

Durante mucho tiempo, se pensó en Panamá que los escorpiones no representaban un peligro para el hombre. Las zonas más pobladas del país coincidían con el área de distribución de la especie *Centruroides margaritatus*, el conocido escorpión “chocolate” que abunda en la costa del Pacífico en toda América Central,

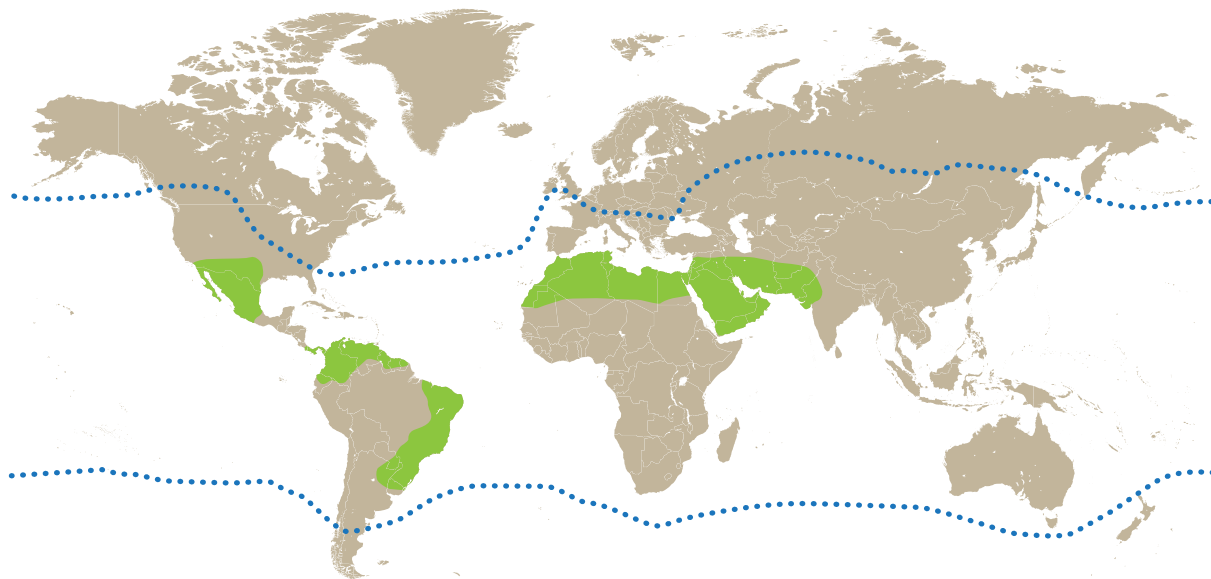


Figura 15. Áreas hiperendémicas de escorpionismo en el mundo. Las líneas interrumpidas en azul indican la distribución global aproximada del orden Scorpiones. Las zonas en verde indican las áreas con incidencias superiores a los 50 casos por cada 100,000 habitantes (adaptado a partir de Chippaux y Goyffon, 2008). Panamá se encuentra entre las áreas más endémicas de escorpionismo en el mundo, con una incidencia superior a los 40 casos/100,000 habitantes (Coronado *et al.*, 2007).





incluyendo Panamá. Para más detalles sobre esta especie y su distribución recomendamos consultar el capítulo escrito por el profesor Miranda, al inicio de este libro. El envenenamiento por *C. margaritatus*, especie descrita por el científico francés Pierre Gervais en 1841, solo produce manifestaciones locales. El naturalista norteamericano William J. Baerg (1885-1980) fue el primero en describir el envenenamiento por esta especie en el istmo de Panamá, en la antigua Zona del Canal. Baerg ensayó el efecto del veneno sobre sí mismo al forzar al escorpión a inyectar el veneno a través de su piel: “el dolor resultante de la picadura fue muy ligero y desapareció en pocos minutos” escribió. A pesar de la aparente inocuidad del *C. margaritatus*, ¡no recomendamos de manera alguna repetir este experimento!

A finales de la década de los noventa, comenzaron a reportarse en Panamá casos de envenenamiento severo y de muertes debidas a picaduras de escorpión. El hábitat de la mayoría de las especies tóxicas en el país coincide con las zonas de bosque húmedo tropical, poco pobladas o industrializadas en el pasado. En la medida en que los principales centros urbanos se han extendido hacia áreas boscosas, la acumulación de desperdicios, junto con la remoción de terreno y vegetación, han propiciado la aparición de alacranes tóxicos dentro de viviendas humanas o en sus alrededores, como ha sido evidenciado en otros países. El profesor Eustorgio Méndez, antiguo investigador del Instituto Conmemorativo Gorgas, fue el primero en reportar en su libro, *Insectos y otros artrópodos de interés médico y veterinario*, que la especie responsable de varias muertes en la provincia de Colón era *Tityus pachyurus*, un escorpión oscuro de amplia distribución, el cual habita desde el sur de Colombia hasta el norte de Costa Rica. Descrito originalmente por el aracnólogo británico Reginald Pocock en 1897, *T. pachyurus*, al igual

que otras especies pertenecientes a ese género, ha adquirido gran relevancia clínica y epidemiológica en Panamá en los últimos años, al comprobarse su asociación con accidentes muy graves, sobre todo en niños.

En la figura 16 se muestran las provincias con registro de muertes por escorpionismo en Panamá: para el período 1998-2009 se han documentado un total de 27 muertes, todas en niños menores de 10 años de edad. Las provincias de Chiriquí, Coclé, Colón y Panamá concentran el mayor número de decesos. Sin embargo, los accidentes podrían incrementarse en otras provincias del país, en las cuales existen áreas montañosas y boscosas, hábitat de varias especies del género *Tityus*. De las cuatro especies de este género que habitan en Panamá, *T. pachyurus*, *T. asthenes*, *T. festae* y *T. cerroazul* han sido implicadas en varios accidentes. Las primeras tres son difíciles de distinguir, ya que todas tienen coloración muy oscura. *T. cerroazul*, por el contrario, es claramente diferenciable de las demás por su coloración marrón caoba y comparte el mismo hábitat con las otras especies: las zonas montañosas y boscosas de Panamá. En vista de su patrón de color, a menudo se confunde esta especie con *C. margaritatus*, el conocido escorpión “chocolate”. *Bajo ninguna circunstancia estos dos escorpiones pueden ser confundidos*. Los lectores de este libro son remitidos a la sección que diferencia el cuerpo de estos animales, ya que una picadura por *T. cerroazul* puede ser mortal y requiere tratamiento inmediato, mientras que un envenenamiento por *C. margaritatus* solo amerita tratamiento sintomático, es decir, el control de las manifestaciones locales que produce el veneno. Los profesores Diomedes Quintero y Roberto Miranda, de la Universidad de Panamá, fueron los primeros en dar a conocer la importancia médica de *T. cerroazul*, a raíz de la muerte de un niño envenenado por esta especie en El Valle de Antón, provincia de Coclé.



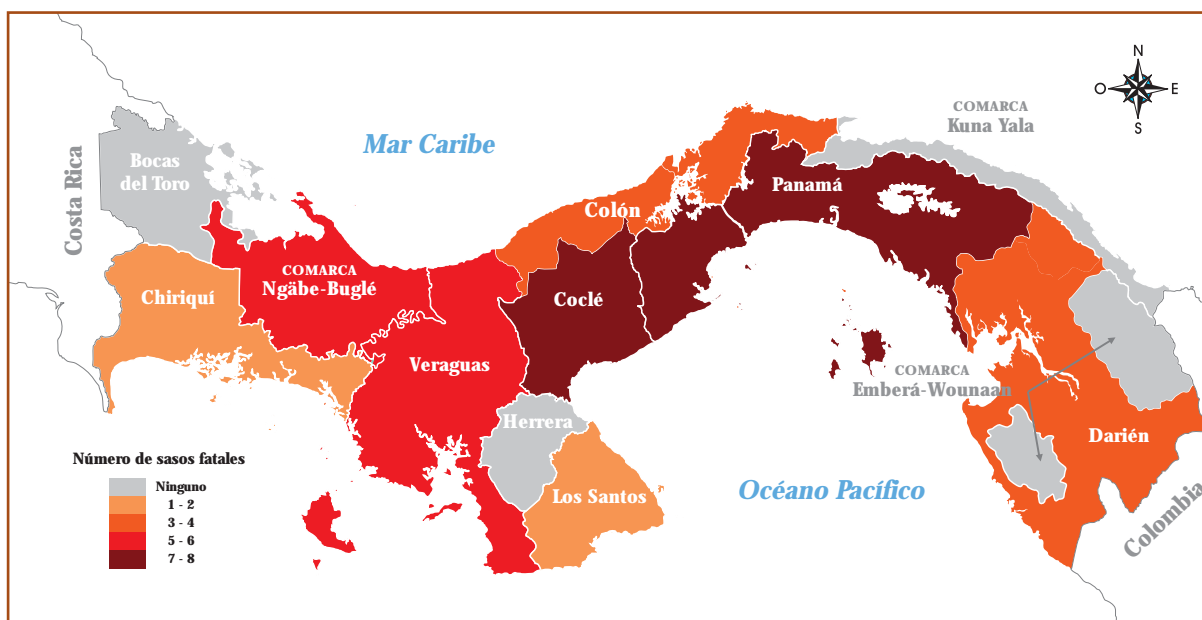


Figura 16. Mortalidad por escorpionismo en Panamá en el período 1998-2009. Las provincias de la República han sido distinguidas con colores para diferenciar los casos de muerte ($n = 27$) que han ocurrido dependiendo de su origen geográfico (mapa cortesía del doctor Demetrio Serracín).

El envenenamiento por los otros géneros de escorpiones que habitan el país (*Ananteris*, *Centruroides*, *Chactas* y *Opisthacanthus*) muy probablemente no representan un problema para el hombre, porque su picadura solo cursa con manifestaciones locales, como ya se ha citado para *C. margaritatus*. El caso del género *Centruroides* es muy particular, porque este contiene especies muy tóxicas (por ejemplo, la mayoría de las que habitan el territorio mexicano), mientras que las que existen en América Central, América del Sur y el Caribe no causan problemas al hombre, como por ejemplo, *C. margaritatus* y *C. bicolor* en Panamá.

Es importante insistir en que *todos* los escorpiones son venenosos: todos tienen glándulas de veneno en donde se fabrican toxinas que afectan tejidos excitables y todos son capaces de inyectarlas con el fin de paralizar a su potencial alimento o agresor. Algunos escorpiones

apenas usan el veneno, como es el caso de *Opisthacanthus elatus*, muy común en los bosques del área del Canal de Panamá: es un escorpión con pinzas muy potentes (ver figura 10), que solo usa el veneno cuando la presa se resiste a ser sujeta con la simple presión de los pedipalpos. Otros tienen pinzas muy finas, que no les permiten inmovilizar la presa mientras la digieren, por lo que cuentan con venenos muy potentes que facilitan la parálisis.

La potencia del veneno depende del organismo hacia el cual estas toxinas están específicamente dirigidas. Increíblemente, los escorpiones fabrican entre 100 y 200 toxinas en sus glándulas, las cuales pueden distinguir entre diferentes organismos. Las especies de escorpiones que habitan Panamá y que son inofensivas para el hombre, producen toxinas que muy probablemente atacan el sistema nervioso de insectos, otros arácnidos y reptiles, los cuales





son las presas usuales de los escorpiones. Los escorpiones del género *Tityus* producen, además de estas toxinas, otras que reconocen los nervios y los músculos de vertebrados como el hombre. En cierta forma, la composición y actividad del veneno de los escorpiones resumen su historia evolutiva: allí están presentes toxinas contra las presas y los predadores que ha tenido el escorpión a lo largo de toda su vida en el planeta. En el Silúrico, cuando los ancestros de los escorpiones modernos eran de vida acuática, probablemente sus toxinas estaban dirigidas contra organismos parecidos a los actuales crustáceos y de allí la presencia de este tipo de moléculas en los venenos actuales. Los canales iónicos de todos estos organismos, incluyendo los presentes en el cuerpo humano, funcionan de manera muy similar, empleando el mismo mecanismo de compuertas y el paso selectivo para determinados iones. Sin embargo, estos canales son reconocidos de manera diferente por las toxinas de escorpión en vista de que existen diferencias sutiles en su superficie bioactiva, lo cual les permite distinguir entre canales de diferentes organismos. Esta particularidad de las toxinas de escorpión ha permitido que sean usadas como armas biotecnológicas: en vista de que algunas de ellas atacan específicamente el sistema nervioso de insectos sin alterar el de los mamíferos, están siendo utilizadas en la actualidad como herramientas para el control biológico de plagas de cultivos. Otras toxinas están siendo evaluadas como herramientas para el tratamiento del cáncer y como agentes antivirales y bactericidas.

La problemática del escorpionismo en Panamá está siendo abordada en forma integral por la Universidad de Panamá, a través de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, mediante la constitución de un equipo multidisciplinario que enfrenta el problema desde diferentes puntos de vista: el médico (incorporando herramientas clínicas, epidemiológicas, toxicológicas y terapéuticas) y el de los científicos básicos, mediante el empleo de la Zoología, Bioquímica, Farmacología/Toxicología y la Biología Molecular, lo cual está permitiendo levantar un catálogo de la fauna de escorpiones venenosos de la República, de las principales toxinas que producen estos animales y su potencial neutralización por los antivenenos comercialmente disponibles en América Latina.

En este último sentido, la SENACYT, a través del Programa de Fomento a la Investigación y Desarrollo, ha tenido a bien financiar los proyectos SUM08-001: "Estudio de la diversidad de toxinas producidas por los escorpiones de importancia médica en Panamá mediante el empleo de técnicas biotecnológicas" y COL10-045: "Análisis toxinológico de los escorpiones pertenecientes a los géneros *Tityus* y *Centruroides* que habitan áreas endémicas de Costa Rica, Colombia y Panamá mediante técnicas moleculares e inmunológicas".

Este libro es uno de los productos de esta propuesta, con el fin de informar a profesionales en el área de salud y en ciencias básicas, así como al público en general, sobre la situación del escorpionismo en el país.

