

TENENCIA DE SERPIENTES VENENOSAS: "el vacío legal"



Adrián Melero Jurado
Sergi Perucho Raventós
Raúl Reyes Caballero

“Deontología y veterinaria legal”

*“Ya sabes, puedes tocar un cartucho de dinamita,
pero si tocas una serpiente venenosa
se volverá contra ti, te morderá
y morirás tan rápido que ni siquiera será gracioso.”*

Steve Irwin

TENENCIA DE SERPIENTES VENENOSAS: “el vacío legal”

| | |
|---|------------|
| 0. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1. LEGISLACIÓN GENERAL | 6 |
| 2. CUIDADOS Y MANTENIMIENTO EN CAUTIVIDAD | 8 |
| 2.1. Especies mantenidas más comúnmente en cautividad | 8 |
| 2.2. Cautividad: adaptación del hábitat natural al artificial | 17 |
| 2.1.1. Alimentación | 17 |
| 2.1.2. Tamaño y construcción del terrario | 19 |
| 2.1.3. Temperatura | 19 |
| 2.1.4. Fotoperiodo y calidad de la luz | 20 |
| 2.1.5. Agua y humedad | 22 |
| 2.1.6. Sustrato | 23 |
| 2.1.7. Material y Accesorios | 25 |
| 2.3. Normas de mantenimiento y manejo | 26 |
| 2.4. Trabajo de campo sección mantenimiento: Entrevista a Luís Riera | 34 |
| 3. REPRODUCCIÓN EN CAUTIVIDAD | 36 |
| 3.1. Reproducción de serpientes venenosas | 36 |
| 3.2. Proceso reproductivo por especies | 39 |
| 3.3. Trabajo de campo sección reproducción: Entrevista a Jorge Barros | 51 |
| 4. USOS CIENTÍFICOS DE LAS SERPIENTES VENENOSAS | 58 |
| 4.1. Introducción | 58 |
| 4.2. Trasfondo epidemiológico | 58 |
| 4.3. Distribución mundial de las serpientes venenosas | 59 |
| 4.4. Proceso de elaboración de sueros antitoxina | 61 |
| 4.5. Papel de las autoridades nacionales de reglamentación | 89 |
| 4.6. Trabajo de campo sección usos científicos de las serpientes venenosas: Entrevista a David Bitis | 91 |
| 5. VENENOS Y MORDEDURAS | 94 |
| 5.1. Características anatómicas a considerar | 94 |
| 5.2. Venenos | 96 |
| 5.3. Actuación en caso de mordedura | 97 |
| 6. CONCLUSIONES | 99 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 100 |

0. INTRODUCCIÓN

Las serpientes venenosas son uno de los muchos grupos de reptiles que actualmente se comercializan y se mantienen en cautividad. La palabra “reptil” es el nombre colectivo familiar que reciben los miembros de la clase *Reptilia* (incluye tortugas; cocodrilos y caimanes; tuataras; lagartos; anfisbénidos y serpientes). Dicha clase es un grupo de vertebrados de talla mediana que se suele incluir conjuntamente con la clase *Amphibia* (incluye ranas y sapos; salamandras y tritones) en el estudio de la herpetología, una rama de la zoología que trata de la evolución, la clasificación, la biología y la distribución de estas dos clases de vertebrados.

Pero, ¿por qué hablamos de reptiles? Hablamos de reptiles porque después de más de una década adentrado en este “mundo de escamas y sangre fría”, nos veíamos obligados a acercarnos a estos animales a la sociedad y, al menos, intentar disolver muchos tópicos, opiniones y preguntas que tantas veces hemos escuchado, como: “¿Qué hacen de bueno las serpientes?” o bien “¿Sirven de algo los reptiles?”. Y es que en los tiempos que corren, si paramos a observar aquello que nos rodea, una buena respuesta a estas preguntas podría ser sin duda: “¿Y para qué sirven los humanos?”.

Sin duda, las serpientes venenosas son un grupo de reptiles emergentes en la sociedad (los reptiles se encuentran en más de un 4% de los hogares españoles que tienen mascotas), habiéndose producido a lo largo de estos últimos años un aumento progresivo de estas especies entre los aficionados.

El hecho de que sean venenosas y de esta forma, consideradas como animales peligrosos que pueden causar lesiones irreversibles o incluso la muerte por el efecto de su veneno, se merecen un trato especial tanto legalmente, como a la hora de mantenerlas y manejarlas.

Por eso, el objetivo principal de este trabajo es dar una visión actual del mantenimiento y la reproducción de estas especies, su uso en la elaboración de sueros antitoxina, y averiguar si realmente la actual legislación española frente a estas especies cubre suficientemente los aspectos más relevantes a la hora de mantenerlas.

Finalmente, otro de los objetivos del presente trabajo -aunque secundario- es informar a los principiantes o a personas ajenas a la herpetología, sobre el mantenimiento general de los reptiles como animales de compañía, ya que según algunos datos facilitados por clínicas veterinarias de animales exóticos, el 80-90% de las patologías en reptiles se deben a un mal mantenimiento y manejo en los hogares. Por tal de evitar esto,

elaboramos este trabajo, de donde se parte del estudio de los factores que influyen en la vida de un reptil -en este caso serpientes- en su hábitat, para posteriormente escoger los productos que puedan suplir con mejor eficiencia y garantías suficientes a estos factores ambientales, al mantener los reptiles en un hábitat artificial.

1. LEGISLACIÓN GENERAL

Normativa internacional

- **Convenio europeo** para la protección de animales de compañía. Strasbourg, 13 de noviembre de 1987.
- **Directiva 86/609/CEE** del Consejo de 24 de noviembre de 1986 para la protección de animales utilizados para la experimentación u otros fines científicos a fin de velar por que se les conceda la atención adecuada y no se les cause dolor ni sufrimiento innecesarios.
- **Convenio de Berna**, relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural de Europa. *Berna, 19 de septiembre de 1979.*
- **Convenio** sobre comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna i Flora Silvestres (CITES), celebrado en *Washington el 3 de marzo de 1973*

Normativa estatal

- **Ley 50/1999**, de 23 de diciembre, por la cual es regula la Tenencia de animales Potencialmente Peligrosos para hacerla compatible con la seguridad de personas y bienes y otros animales.
- **Real Decreto 1739/1997**, de 20 de noviembre, sobre medidas de aplicación del Convenio sobre comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), celebrado en Washington el 3 de marzo de 1973 y del Reglamento (CE) 338/97 del Consejo de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio. (BOE 285, de 28/11/97).
- **Real Decreto 1201/2005**, de 10 de octubre, sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. («BOE» 252, de 21-10 2005).
- **Decreto Legislativo 2/2008**, de 15 de abril, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley de protección de los animales.

Normativa autonómica

- **Ley 22/2003, de 4 de julio**, de protección de los animales. (DOGC 3926, de 16/07/2003)
- **Decreto 6/1999, de 26 de enero**, por el que se establecen las condiciones de mantenimiento de los animales de compañía. (DOGC 2817, de 01/02/99)
- **Decreto 328/1998, de 24 de diciembre**, por el cual se regula la identificación y el Registro general de animales de compañía. (DOGC 2798, de 04/01/99)
- **Orden de 23 de diciembre de 1991**, de establecimiento de medidas necesarias para el mantenimiento de animales salvajes en cautividad.
- **Orden de 28 de noviembre de 1988**, Creación del Registro de núcleos zoológicos de Cataluña. Parques, reservas, residencias, equitación y tiendas, entre las secciones sometidas al Registro. Procedimiento de inscripción. Regulación. (DOGC 1087, de 30/12/88)
- **Ley 3/1988, de 4 de marzo, de la Generalitat de Catalunya**, sobre protección de los animales. (DOGC 967, de 18/03/88). **Ley 3/1994, de 20 de abril**, de modificación de la Ley 3/1988, de protección de los animales. (DOGC 1890, de 29/04/94). **Ley 18/1998, de 28 de diciembre** de modificación de la Ley 3/1988, de 4 de marzo, de protección de los animales. (DOGC 2801, de 08/01/99)

2. CUIDADOS Y MANTENIMIENTO EN CAUTIVIDAD

2.1. Especies mantenidas más comúnmente en cautividad

En España, poseemos un gran número de serpientes, de un total de trece especies, cinco son venenosas y de estas cinco, tres corresponden a la familia Viperidae y dos a la Colubridae. Pero el hecho de que estas especies estén protegidas, y por tanto, prohibido su mantenimiento en cautividad (excepto para fines científicos muy concretos), hace que la mayoría de especies venenosas mantenidas no sean autóctonas.

La clasificación general de estas serpientes se basa en dos grandes familias: familia *Viperidae* y familia *Elapidae*. A continuación, se exponen las características más importantes de los géneros mantenidos habitualmente en cautividad

FAMILIA ELAPIDAE

Formada por aproximadamente unas 200 especies, caracterizadas por un cuerpo estilizado parecido al de los colúbridos. La mayoría de especies de esta familia apenas alcanzan un metro de longitud.

Subfamilia Elapinae

MAMBAS: Género *Dendroaspis*

En el género *Dendroaspis* encontramos las conocidas mambas, serpientes de actividad arborícola, esbeltas y ágiles, propias de los bosques y sabanas del centro y sur de África. La mamba negra llega a medir 4 metros de largo y es la mayor de este género. Todas ellas son serpientes muy peligrosas y extremadamente agresivas, especialmente antes de aclimatarse al terrario.

El terrario destinado a alojar a una mamba debe ser de grandes dimensiones, tan alto como largo. El suelo debe estar cubierto por una mezcla de suelo de bosque y arena sobre el cual dispondremos algunas grandes piedras planas superpuestas de modo que formen abrigos con ellas. Una rama bien ramificada y algunos arbustos secos también serán de su agrado. La temperatura diurna debe ser de 26-30°C y la nocturna entre 22-24°C. La alimentación, distribuida durante el día, consistirá en ratones, ratas, hámsters o gorriones.

COBRAS: Género Naja

Este género incluye unas 20 especies y diversas subespecies de serpientes conocidas vulgarmente con el nombre de cobras. Actualmente, el género está en plena revisión taxonómica, por lo que el nombre de especies varía según la fuente consultada. Son serpientes terrestres que viven en los biotopos más diversos, desde las estepas de arbustos espinosos a los márgenes de selvas tropicales, desde el sur de África hasta el sureste de Asia. Sus longitudes máximas oscilan entre 1,4 y 2,5 metros. Muchas de estas especies despliegan un capuchón característico al excitarse.

Subfamilia Bungarinae

Género Ophiophagus

El género *Ophiophagus* es muy próximo al género *Naja*, e incluye la mayor de las serpientes venenosas actuales, la cobra real (*Ophiophagus hannah*) del sur y sureste de Asia. Su mantenimiento en terrarios es problemático, ya que se alimenta principalmente a base de otras serpientes. En algunos casos han llegado a aceptar ratas muertas y tiras de carne con “aroma” a serpiente.

Otros elápidos

Otros de los elápidos importantes son el taipán (*Oxyuranus scutellatus*), una de las serpientes australianas más venenosas y reproducida durante años en cautividad; y la cobra acuática (*Boulengerina annulata*) pertenece al único género acuático de la familia. Se alimenta principalmente a base de peces (gambusias, por ejemplo) y anfibios.

SERPIENTES DE CORAL: Género Micrurus y Micruroides

Las serpientes de coral tienen una amplia distribución desde el sur de Estados Unidos, pasando por América Central, hasta Argentina aproximadamente a 40° Latitud Sur. Las serpientes de coral se caracterizan por la presencia de anillos coloridos y muy vistosos que adornan el cuerpo y que se disponen comúnmente en tríadas y en algunas especies de dos en dos. El color, la disposición y el número de los anillos es característico para cada especie. La coloración es típica; rojo, amarillo (o blanco), y los anillos negros.

Miden desde 0,40 m 1,50 m de longitud. La cabeza está diferenciada del cuerpo y está cubierta por grandes escamas brillantes. No tienen fosetas loreales. El cuerpo, en las

regiones dorso-laterales está cubierto por escamas brillantes, lisas, no traslapadas y en una escala constante 15-15-15. Salvo muy pocas excepciones, las corales tienen la cola muy corta, de ahí deriva el nombre de género.

El terrario donde se alojen debe tener una humedad del 70-80% y una temperatura de 21-24°C por la noche y 34-38°C por el día.

Casi todas las especies de *Micrurus* son ofiófagas, se alimentan de otras serpientes de menor tamaño. Es frecuente que lleguen al canibalismo, consumiendo ejemplares de su misma especie. En algunos casos incluyen en su dieta saurios y hasta anguilas. Suelen excavar hormigueros de hormigas negras en busca de pequeños ofidios que se alimentan de estas hormigas.

SERPIENTES ACUÁTICAS: Subfamilia Hydrophinae

Esta subfamilia comprende especies de vida completamente acuática. Se encuentran más en el área que abarca el Golfo Pérsico y los mares y océanos alrededor del archipiélago Indo australiano, llegando hasta las costas americanas por el Océano Pacífico. No se encuentran en el Océano Atlántico ni sus mares y tampoco en las aguas de Eurasia. Está formado por 18 géneros distintos, y sólo se conocen dos especies del género *Hydrophis* que se encuentran en agua dulce. Se cree que son especies atrapadas hace muchos años y se han ido adaptando al nuevo hábitat. La marca distintiva más obvia de muchos de ellos es su cola con forma de paleta. Además, otras características igualmente importantes, incluyen músculos valvulares que permiten mantener las narinas cerradas y también la muesca por donde sale la lengua.

Hay poca información sobre su mantenimiento en cautividad, ya que debido a sus necesidades acuáticas los aficionados y expertos prefieren decantarse por especies terrestres.

Los géneros que conforman la subfamilia son los siguientes:

Acalyptophis, *Aipysurus*, *Astrotia*, *Disteira*, *Emydocephalus*, *Enhydrina*, *Ephalophis*, *Hydrelaps*, *Hydrophis*, *Kerilia*, *Kolpophis*, *Lapemis*, *Microcephalophis*, *Parahydrophis*, *Pelamos*, *Polyodontgnathus*, *Praescutata* (=Thalassophina), *Thalassophina* (=Praescutata), *Thalassophis*.

FAMILIA VIPERIDAE

Subfamilia Viperinae

Género Bitis

Este es un género que abarca varias especies de víboras distribuidas en África y sur de la Península Arábiga. Este incluye las víboras más grandes y más pequeñas del mundo. La característica más importante del género es la capacidad que tienen para inflar y desinflar el cuerpo en forma de pantalla al sentirse amenazadas, mientras soplan y silban con fuerza.

Actualmente, se reconocen 14 especies, aunque la especie tipo del género es *B. arietans*, cuya distribución por África es la más amplia, además

de poseer un gran tamaño y un potente veneno. Se encuentra en todos los hábitats - la mayoría de las veces asociadas a pastizales rocosos - excepto en desiertos y bosques tropicales. Se suele adaptar muy bien a las condiciones de terrario. Para su bienestar es conveniente proporcionarles una calefacción de suelo a unos 28-32°C.

Por otra parte, encontramos la famosa víbora del Gabón (*Bitis gabonica*, Fig. 1), que se encuentra en junglas y sabanas del África Subsahariana. Es el miembro más grande del género *Bitis*, y la especie de vipérido más pesada del mundo; tiene el veneno de mayor rendimiento de todas las serpientes venenosas y los colmillos más grandes, con 5,5 cm de longitud. Existen dos subespecies actualmente reconocidas.

© www.giftschlangen-kampa.de

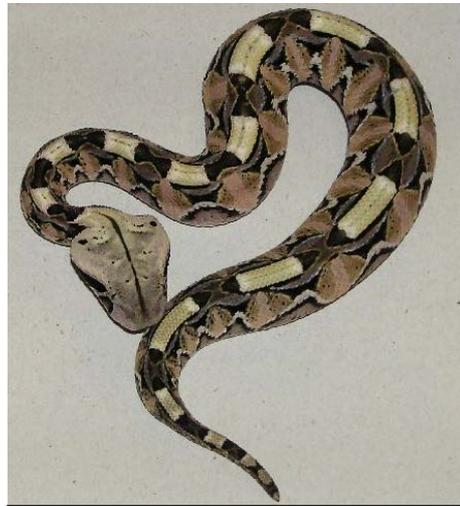


Fig. 1. *Bitis gabonica*

Género Vipera

Dentro del Género *Vipera* encontramos las víboras verdaderas, como la víbora europea (*Vipera berus*), la víbora cornuda (*V. ammodytes*, Fig.2), la víbora áspid (*V. aspis*) o la víbora hocicuda (*V. latastei*).

La víbora europea tiene una amplia área de distribución que abarca desde España hasta Siberia, siendo una de las más conocidas de



Fig. 2. *Vipera ammodytes*

su género. Esta especie puede vivir muchos años en terrario alimentándose a base de ratones, aunque algunos ejemplares sólo aceptan ranas.

La víbora áspid del sureste de Europa, la víbora cornuda de Oriente Medio y sureste de Europa y la v. hocicuda de la península Ibérica y noroeste de África, tienen el hocico arremangado hacia arriba. De todas ellas, la que conlleva una dificultad menor a la hora de mantenerla en cautividad es la V. cornuda (*V. ammodytes*), cuya envergadura alcanza unos 60-70cm. Su medio preferido son los terrenos áridos pero con matorrales, las llanuras y los campos, situada muchas veces tomando el sol sobre montículos de rocas. Como en la mayoría de serpientes, la temperatura media deberá ser de unos 24-28°C durante el día e inferior a los 20°C por la noche. Se alimentan principalmente a base de ratones, gorriones y pollitos.

Género Daboia

Incluidas antiguamente en el Género Vipera, las víboras orientales se incluyen actualmente en este género.

La víbora de Oriente (*Daboia lebetina*) suele ser muy resistente en terrario y no da problemas a la hora de alimentarla. A la víbora del Atlas (*D. mauritanica*), al igual que a la víbora de Oriente le gusta mucho el calor, mientras que a la víbora otomana (*D. xanthina*) habita zonas más altas de Turquía, en condiciones más frías.

Dentro del género también encontramos otras víboras, como la v. de Palestina (*V. palestinae*) o la víbora de Russell (*V. russelli*), ampliamente distribuida por el sur de Asia. Necesitan temperaturas de 27-32°C durante el día y 22-24°C por la noche (colocando una fuente de calor en el suelo a una tª de 28-35°C). A las v. de Russell les gusta que se las rocíe regularmente con agua tibia. Todo el género se alimenta normalmente de ratones, aunque algún ejemplar podría dar problemas y rechazarlos.

Género Echis

Este género, englobando las víboras de escamas aserradas, tiene una amplia área de distribución que abarca desde África hasta el centro y el sur de Asia. Su veneno está considerado uno de los más potentes, casi siempre mortal. Tanto *E. carinatus* como *E. coloratus* se han mantenido en cautividad con éxito, alimentándose sin problemas a base de ratones, grillos y, especialmente, de lagartijas.

Subfamilia Crotalinae

La subfamilia de los crotalos (a veces clasificada individualmente como Familia Crotalidae) comprende una docena de géneros caracterizados por la posesión de un órgano detector de cambios de temperatura, situado entre el hocico y los ojos, que sirve para que estas serpientes nocturnas y crepusculares ataquen y cacen de forma correcta a sus presas de “sangre caliente”. El nombre de víboras de foseta, que a veces reciben algunos crotalidos, alude a las profundas cavidades que presentan a cada lado de la cabeza, entre el ojo y la fosa nasal correspondiente, donde se abren las terminaciones nerviosas sensibles al calor.

Género Agkistrodon

El género Agkistrodon engloba a las serpientes conocidas como serpientes mocasín, cuya distribución se localiza en América del Norte y Asia.

El mocasín de agua (*Agkistrodon piscivorus*) es un crotalido de cuerpo grueso y costumbres anfibias, confundándose fácilmente con las serpientes acuáticas del género Nerodia. En la naturaleza se alimenta de una gran variedad de presas, mientras que en cautividad puede ofrecérseles peces y pequeños mamíferos. Debe reproducirse en cautividad un ambiente húmedo y acuoso, pero vigilando que la temperatura no sea excesivamente baja.

Esta especie tiene las subespecies siguientes: *A. p. piscivorus*, *A. p. conanti*, *A. p. leucostoma*.

Por otro lado, *Agkistrodon contortrix* es una especie de costumbres crepusculares y nocturnas que vive en los bosques, las praderas y pastos de gran parte de los estados del este y centro de los EEUU. Su bonita coloración, su fácil mantenimiento y el no ser excesivamente peligrosa la hacen una de las especies más populares entre los aficionados. Debe ser mantenida individualmente, ya que no sólo se alimenta vorazmente de ratones, pequeñas ratas, pollitos o gorriones, sino que también incluye a sus congéneres en la dieta habitual. Si la temperatura es demasiado elevada, suelen dejar de comer.

Esta especie tiene las subespecies siguientes: *A. c. contortrix*, *A. c. mokasen*, *A. c. laticinctus*, *A. c. pictigaster*.

Género Bothrops

Bothrops es un género que agrupa unas 50 especies distribuidas desde el noreste de México, América Central, incluyendo las Antillas menores, y la mayor parte de Sudamérica, representando los más diversos tipos ecológicos y morfológicos. El nombre genérico se deriva de las palabras griegas *bothros* y *ops* que significan "fosa" y "ojo" o "rostro"; una alusión a la foseta loreal, un orificio a cada lado de la cabeza entre el ojo y el orificio nasal, que como ya se ha dicho anteriormente se trata de un órgano muy sensible a las variaciones de temperatura que sirve a detectar las presas de "sangre caliente". Los miembros de este género - y más en particular *B. asper*, *B. atrox* y *B. jararaca* - son responsables de más víctimas mortales en las Américas que cualquier otro grupo de serpientes venenosas.

Género Crotalus

Este género engloba las serpientes de cascabel, la mayoría de las cuales son propias del suroeste de los EEUU y México. Sólo una especie llega hasta América del Sur (*C. durissus*). Todas tienen su característico crótalo ("cascabel") caudal con el que emiten su típico sonido de advertencia,

© Bryan D. Hughes

fieldherper.com



Fig. 3. *Crotalus atrox*

excepto la serpiente de cascabel de Santa Catalina (*C. catalinensis*) que no tiene. En cuanto a su mantenimiento, se han mantenido y reproducido bastantes especies en Europa y EEUU, siendo la especie *C. atrox* (Fig. 3) una de las más fáciles de mantener y una de las que más años vive en terrario. *C. ruber*, *C. viridis* y *C. horridus* viven en condiciones similares a la anterior. El crótalo de mayor tamaño es *C. adamanteus*, con una envergadura que puede llegar a los 2,5 m y unos 10kg de peso. Los ejemplares jóvenes siempre se adaptan mucho mejor al terrario que los adultos. Como curiosidad, la especie *C. cerastes* –equivalente a la víbora cornuda del desierto del viejo mundo *Cerastes cerastes*- y de la misma forma que esta, necesita un sustrato arenoso de unos 10cm de grosor. En cuanto a la alimentación varía mucho de un individuo a otro, ya que se alimentan bien de ratones, aunque algunas serpientes se niegan a comérselos y prefieren morir de hambre si no se les ofrece lagartos u otros reptiles.

Otras especies de crótalos son *C. lepidus* y *C. scutulatus*.

Género Lachesis

Este género está conformado por tres especies que habitan los bosques remotos en América Central y América del Sur.

Los adultos típicamente miden de 200 a 250 cm de largo, aunque algunos ejemplares pueden crecer hasta 300 cm. El ejemplar más grande conocido llegó a medir poco menos de 365 cm, por lo que es la serpiente venenosa más larga en el Hemisferio Occidental. Es también la víbora más larga del mundo, aunque no es la más pesada (su peso es superado por la víbora de Gabón y la serpiente de cascabel diamante del Este).

Las especies son: *L. melanocephala* o cascabel muda cabecinegra (black-headed bushmaster en inglés), *L. muta* o cascabel muda sudamericana (South American bushmaster), y *L. stenophrys* o cascabel muda centroamericana (Central American bushmaster).

La cola del Bushmaster termina con una espina córnea, que a veces vibra cuando se les molesta de una manera similar a las serpientes de cascabel. Por ello a veces se la denomina "serpiente de cascabel muda". Es una especie terrestre y nocturna que se alimenta principalmente de pequeños mamíferos (ratones, pequeñas ratas, etc). Suele responder rápidamente a perturbaciones, a menudo inflando el cuello y vibrando la cola, y puede volverse agresiva cuando se le molesta.

Estas serpientes se ven seriamente afectadas por el estrés asociado con la vida cautiva, y a menudo no aguantan mucho tiempo en cautiverio. Esto hace que sea difícil de obtener un veneno "bueno y saludable" para fines de estudio. Se ha observado que el rendimiento del veneno de estos especímenes se reduce a $\frac{1}{4}$ afectando también al grado de toxicidad del mismo. Esto hace que se mantengan otras especies en terrario antes que esta.

Género Sistrurus

Conocidas también genéricamente como serpientes de cascabel enanas, las especies del género *Sistrurus* son propias Canadá, EEUU y México. Difieren de los *Crotalus* en que su tamaño es más pequeño (en general 40-80 cm) y tienen una escamación diferente: los miembros del género *Sistrurus* tienen nueve grandes placas de cabeza (igual que el género *Agkistrodon*), mientras que en el género *Crotalus* (y casi todos los demás vipéridos) tiene la cabeza cubierta de un gran número de pequeñas escamas. Además, tienen un cascabel relativamente pequeño que produce un sonido más alto que el de los *Crotalus*.

En cuanto a la temperatura del terrario, la serpiente de cascabel enana de México (*S. ravus*) al igual que la serpiente de cascabel enana de las llanuras (*S. miliarius*) necesita unos 20-30°C por el día, e hiberna a temperaturas algo más bajas. En cuanto a su alimentación, tanto en estas dos especies como en la massasauga (*S. catenatus*) su dieta base se compone de ratones y otros pequeños vertebrados.

Género *Trimeresurus*

Trimeresurus incluye a especies cuya distribución se encuentra en Asia, desde Pakistán, India, China, hasta el Sureste asiático y las Islas del Pacífico. Se reconocen actualmente unas 35 especies.

Son serpientes en su mayoría relativamente pequeñas (aunque alguna puede llegar a los 160cm), principalmente arbóreas, con cuerpos delgados y colas prensiles. Normalmente son de color verde, pero algunas especies también tienen un color amarillo, negro, naranja o marcas de color rojo.

Su hábitat es selvático pero se encuentran algunas especies en lugares de montaña con temperaturas más bajas, entre los 18 o 22 °C de las especies más montañosas hasta los 26 o 32°C de las selváticas, la humedad en estos lugares es muy alta pudiendo estar al 80 o 90 % en días en los que no llueve.

Su dieta incluye una variedad de otros animales, incluyendo roedores, lagartos, anfibios y aves, aunque en cautividad es preferible decantarse por habituarla a una alimentación a base de ratones, por los problemas que comporta suministrar anfibios o aves cada semana.

Algunas de las especies conocidas son: *T. albolabris*, *T. fasciatus*, *T. brongersmai*, *T. septentrionales*, *T. purpureomaculatus*, etc.

2.2. Cautividad: adaptación del hábitat natural al artificial.

Cuando se mantienen reptiles en cautividad y por tanto en un hábitat artificial –y un espacio reducido- se debe intentar reproducir e imitar al máximo su hábitat natural, con la finalidad de que este sea confortable y así evitar que los inquilinos sufran estrés. Por este motivo, en este apartado se hablará de las diferentes alternativas que encontramos para suplir los diferentes factores a los que están expuestos –así como su alimentación- en la naturaleza, destacando las más adecuadas, por tal que esta “imitación” se parezca al máximo a su hábitat natural.

Las deficiencias nutricionales y el mal manejo en la alimentación de estos reptiles en cautividad a menudo son causa de enfermedad e incluso de muerte. Este hecho lo podemos comprender mejor si paramos a pensar en la gran variedad de especies que comprende este grupo de animales, y el tipo de hábitat donde los podemos encontrar. Cada especie está adaptada a un tipo de terreno, temperatura, humedad y dieta diferente, que dependerá de su hábitat natural. A pesar de ello, se hará una diferenciación básica entre las condiciones necesarias para especies selváticas y para especies desérticas y semidesérticas.

2.2.1. Alimentación

Tal y como se ha comentado, cada especie está adaptada a unas condiciones determinadas según el hábitat al que pertenece, igual que la dieta. Es importante tener en cuenta todos estos factores a la hora de analizar si la dieta de un reptil es adecuada en composición y/o complementación, porque si un reptil no ve satisfechas sus necesidades ambientales específicas para su especie, el resultado se puede traducir en un estrés que tendrá efectos negativos sobre la ingesta i el estado metabólico.

La realidad es que actualmente, y debido a esta amplia variabilidad interespecífica, es muy complicado encontrar información fiable y consistente referente a la nutrición de estos reptiles.

En el caso de los ofidios, nos encontramos frente a la categoría de carnívoros estrictos, ya que son animales que consumen presas vivas (vertebradas o invertebradas) y que, por tanto, los consideramos carnívoros e incluso en algunos casos insectívoros estrictos.

Debemos tener en cuenta que ni tan sólo los expertos están siempre de acuerdo en cuanto a categorías, y que solamente representan una especie de consenso general.

Dependiendo de las costumbres del animal, de su tamaño y del tamaño de su presa, el animal ingerirá una sola presa por comida, o varias. En general, los adultos acostumbran a comer una vez a la semana mientras que los juveniles 2-3.

Las presas son vertebrados enteros (ratones, pájaros pequeños y lagartos), invertebrados (gusanos o grillos) o una combinación de ambos. A pesar del amplio rango de presas, estas ofrecen los niveles nutricionales apropiados: altos niveles de proteína (30-60% de la EM) que derivan de músculos y órganos de la presa, grasa (40-70% de la EM) y una cantidad insignificante de carbohidratos (Tabla 1). Las fuentes de carbohidratos para estos animales son la grasa (9Kcal EM/g) y las proteínas (4 Kcal EM/g) y teniendo en cuenta la baja ingesta de carbohidratos, es común que presenten altos niveles de gluconeogénesis. No debemos dar presas adultas obesas, porque tienen una ratio desequilibrado de grasa y nutrientes, o neonatos porque podrían no cubrir las necesidades de calcio o vitaminas (contienen niveles de calcio inferiores debido a la inmadurez de su estructura ósea. Parte del aporte de calcio en estas presas proviene de su contenido intestinal (leche), por lo que si se ofrecen con el tracto gastrointestinal vacío podremos observar deficiencias de calcio). Las presas invertebradas también proporcionan grasa y proteína suficiente. Para reptiles que solo comen invertebrados debemos empolverarlos con un suplemento vitamínico y mineral y alimentar con dieta rica en calcio a las presas antes de ofrecerlas. Vigilar la toxicidad (vitaminas A y D, fósforo, selenio, iodo...) y el descenso del alimento por la baja palatabilidad que provoca el suplemento. A veces la nutrición es extremadamente difícil por la baja adaptación del animal a la cautividad o la exclusividad de la dieta.

Table 18-6 Proximate Nutrient Composition of Vertebrate Prey

| Species (g) | Water (%) | Energy (kcal/g) | | Protein (% kcal) | Fat (% kcal) | Carbohydrate (% kcal) |
|------------------------|-----------|-----------------|-----|------------------|--------------|-----------------------|
| | | AF | DM | | | |
| Meadow vole (32) | 64 | 1.3 | 3.6 | 63 | 15 | 22 |
| Mouse, adult (27) | 65 | 1.7 | 4.8 | 48 | 47 | 5 |
| Mouse, pup (1.5) | 81 | 0.8 | 4.2 | 57 | 40 | 3 |
| Mouse, pup (4) | 71 | 1.7 | 5.9 | 29 | 69 | 2 |
| Rat, adult (330) | 66 | 1.6 | 4.7 | 55 | 43 | 2 |
| Chicken (380) | 66 | 1.6 | 4.7 | 47 | 49 | 4 |
| Chick, day old (40) | 73 | 1.3 | 4.8 | 52 | 44 | 4 |
| Atlantic herring (100) | 69 | 1.8 | 5.7 | 39 | 58 | 3 |
| Atlantic smelt (100) | 77 | 1.0 | 4.3 | 63 | 31 | 6 |

Energy is presented as calories (kcal) of metabolizable energy per gram, on as-fed (AF) and dry matter (DM) bases.

Tabla 1. Composición nutricional aproximada de una presa vertebrada

Generalmente podremos variar el tipo de presa (ratones, hámsters, ratas o conejos), siempre y cuando esta sea adecuada en tamaño en relación con el predador. En ocasiones, sobretodo en casos de serpientes recién nacidas, se puede producir el rechazo de la presa; en estos casos podemos camuflar el olor de esta con la de otra que ya haya sido aceptada anteriormente, mediante el rozamiento de una contra la otra.

En el caso de las especies piscívoras, evitaremos la transmisión de parásitos congelando el pescado y prevendremos la deficiencia en tiamina informando al propietario que lo debe cocer antes de congelarlo, ya que un tratamiento a 80°C durante 5 minutos desnaturalizará la tiaminasa (enzima que degrada la tiamina).

2.2.2. Tamaño y construcción del terrario

Cuanto más grande, mejor condición física tendrá el reptil, mejor reproducción y menor daño auto-provocado. En cuanto a las medidas, se recomienda 2/3 de su longitud para las serpientes, en caso de que se mantengan de forma individual. Terrarios grandes y amplios se asocian con menos auto-mutilaciones y con una mejor condición corporal. Lo más importante a tener en cuenta, es que el tamaño se adecue a la medida del animal adulto. Algunas especies, sedentarias en libertad, no requerirán mucho espacio en cautividad. Por otra parte, la orientación del terrario dependerá del hábitat natural de cada especie. Así pues, especies arbóreas requerirán un terrario de disposición vertical, mientras que en especies terrestres será horizontal.

Las instalaciones multindividuales o multiespecíficas deben contemplar la depredación, la competencia, la densidad poblacional, la transmisión parasitaria e infecciosa.

2.2.3. Temperatura

Los reptiles son ectotermos y heterotermos (presentan un rango de diferentes temperaturas de acuerdo con las temperaturas ambientales); los cambios de temperatura corporal afectan al metabolismo y actividad del animal (variando el consumo de alimentos y las necesidades energéticas). Por eso, es necesario proporcionar un gradiente térmico en el espacio (diferentes temperaturas en el terrario) y en el tiempo (variación circadiana y estacional de la temperatura). La temperatura debe ser controlada.

A continuación se presenta una guía genérica de temperatura para reptiles desérticos-semidesérticos y selváticos en cautividad:

| | Día | Noche | Hibernación |
|--------------------------------|------------|--------------|------------------------|
| Desértico-semidesértico | 27-35°C | 21-27°C | 3,8-15°C/ 8-10 semanas |
| Selvático | 26-30 | 19-26 | 3,8-15°C/ 8-10 semanas |

Actualmente encontramos diversos accesorios que substituyen con garantías los rayos infrarrojos que irradia el sol i que aportan la energía calorífica necesaria a los reptiles para llevar a cabo de forma correcta su actividad metabólica. Dentro de estas fuentes de calor, distinguimos entre luminosas y no luminosas (Fig. 4), tal como se indica a continuación:

Fuentes de calor luminosas

- Bombillas comunes
- Bombillas de reposo para reptiles (basking lights)
- Spots
- Bombillas infrarrojas
- Bombillas de uso nocturno
- Bombillas de espectro completo

Fuentes de calor no luminosas

- Bombillas de cerámica
- Rocas calefactoras
- Cable calefactor
- Esterilla o placa calefactora
- Termocalefactor



Fig. 4. Fuentes de calor

2.2.4. Fotoperiodo y calidad de la luz

Aunque lo preferible para los reptiles sería aportar una exposición directa y sin filtros a la luz solar, esto no es posible en muchos lugares del mundo. En sustitución, estamos obligados a proveerles de luz artificial que simule el mismo espectro del sol, incluyendo luz ultravioleta (UV), luz visible y luz radiante, que también son importantes. Los requisitos de iluminación de los reptiles varían de acuerdo con las necesidades nutricionales de la especie en cuestión. En general se cree que los reptiles herbívoros, insectívoros, y la mayoría de omnívoros tienen un requisito absoluto para la radiación ultravioleta (UV), específicamente en el espectro UVB. En nuestro caso, la mayoría de

serpientes son carnívoras y el hecho de ingerir presas enteras (con los huesos y demás estructuras ricas en calcio) hace que las deficiencias de calcio se observen en contadas ocasiones.

La alta calidad de luz visible es necesaria para los reptiles para maniobrar en el ambiente, identificar la comida y llevar a cabo los comportamientos normales. La mejor manera de proporcionar una luz visible de la mejor calidad es con luz fluorescente. El índice de representación del color es uno de los métodos para caracterizar la calidad de la luz visible, y sus rangos van de 0 a 100, siendo 100 la luz solar (1). La luz radiante se encuentra en la gama alta del espectro y es importante para generar el calor que requiere un ectotermo.

La luz incandescente se usa como método primario para proveer luz radiante.

La radiación de UV puede ser dividida en tres tipos: A, B, y C. Los tipos de radiación UV que es importante considerar con reptiles cautivos son UVA Y UVB. Los UVA están asociados con la regulación de comportamiento en reptiles, mientras que UVB principalmente está asociado con la síntesis fotoquímica de la 1-25 dihidroxicolecalciferol (o forma activa de la vit. D). La vitamina D3 es necesaria para la absorción de calcio en el tracto intestinal. Una deficiencia de la luz ultravioleta, especialmente los UVB, a menudo resulta en la enfermedad ósea metabólica de origen nutricional (NMBD). Por el contrario, los altos niveles de UVB pueden ser peligrosos, causando enfermedades oculares y cáncer de piel.

La cantidad de luz recibida por día, o fotoperiodo, es importante para los reptiles. Los temporizadores eléctricos son baratos y están ampliamente disponibles, y las luces se pueden fijar para imitar el fotoperiodo natural o para ajustarlo en cualquier dirección. Estos deberían tener siempre un fotoperiodo de unas 14 horas en verano (coincidiendo normalmente con la época de cría) y 12 en invierno. En climas templados: 15 horas en verano, 12 en primavera y otoño y 9 horas en invierno.

Actualmente encontramos diferentes fuentes de luz artificial en los establecimientos especializados en animales exóticos, que son los siguientes:

- Bombilla incandescente: emiten radiación visible e infrarrojos.
- Fluorescente: hay de dos tipos, los que tienen un uso



Fig. 5. Fluorescentes ultravioletas

doméstico, y que a menudo colocamos en las cocinas, y los que utilizamos para reptiles. Los de uso doméstico sólo generan luz visible, y los especiales para reptiles, aparte de luz visible emiten UVA, UVB, i IR (en menor porcentaje).

- Luz de vapor de mercurio: emiten luz visible, UVA, UVB, i IR.

- Luz de halogenuros metálicos: emiten luz visible, UVA, UVB, i IR.

- Bombillas de bajo consumo: emiten luz visible, UVA, UVB, i IR.

La fuente luminosa productora de rayos ultravioletas más utilizada de las citadas anteriormente es el fluorescente, el cual podemos adquirir fácilmente en centros especializados en animales exóticos. Es recomendable renovarlo cada 8-9 meses por tal de garantizar su buen funcionamiento y la aportación absoluta de los rayos ultravioletados. Se debe destacar que el uso de fluorescentes, actualmente, se está sustituyendo por bombillas de bajo consumo de amplio espectro.

Una hipótesis actual muestra que el fotoperiodo y la temperatura inadecuada resultan en repetidos fracasos reproductivos como consecuencia de la vitelogénesis anormal, con reabsorción crónica de la yema y, en última instancia, granulomas o tumores de ovario. El fotoperiodo inadecuado también puede resultar en obesidad de animales que normalmente estarían inactivos en los meses de invierno, pero que siguen comiendo, a pesar de que su metabolismo es más bajo por la disminución de la temperatura ambiente. Se deben hacer modificaciones en función del origen del reptil, y de la latitud en la que se encuentre.

2.2.5. Agua y humedad

El **agua** ha de estar disponible todo el tiempo para la mayoría de reptiles, ya sean de costumbres selváticas o desérticas, ya que a pesar de que los reptiles desérticos obtienen el líquido fundamentalmente de sus presas siempre es bueno que gocen de un recipiente con agua limpia, ya que a menudo muchas especies les gusta sumergirse para eliminar la suciedad y facilitar la muda de piel. Si no se compensan las pérdidas de agua cutánea y respiratoria el animal puede sufrir deshidratación, que se puede asociar a patologías renales.

Suministrar agua de buena calidad a los reptiles es tan importante como adecuar su química a cada especie (pH, cantidad de cloro, oxigenación...) con la finalidad de

impedir que con esta se ingieran elementos químicos nocivos para su organismo.

Existen tres tipos de agua que podemos utilizar:

- Aguas naturales: no son muy recomendables ya que en la mayoría de los casos contienen sustancias contaminantes y nocivas para los animales.
- Agua embotellada: muchas veces tienen demasiadas sales minerales.
- Aguas municipales: son las más recomendadas ya que siempre se tratan cuidadosamente y no contienen sustancias malignas.

En cuanto a la **humedad**, tal y como se ha procedido hasta ahora, se deberá reproducir en el hábitat artificial (terrario) y en la medida de lo posible, la humedad relativa a la cual están adaptados los reptiles a mantener. Este grado de humedad, en especies desérticas y semidesérticas es relativamente bajo, alrededor de un 30-50%, mientras que en especies selváticas en general es de un 80-90%.

Esta humedad no debe conseguirse a expensas de una deficiente ventilación para evitar la proliferación fúngica y bacteriana.

En especies desérticas-semidesérticas el ambiente en general debe ser seco, de forma que no será necesario colocar ningún accesorio por tal de generar humedad si el terrario está bien ventilado, mientras que en especies selváticas, donde la humedad en el terrario debe ser mucho más elevada que la ambiental hay varias formas de proporcionársela: uno de los métodos más sencillos es colocar una cajita de plástico llena de un sustrato húmedo -como la turba o el musgo- o bien pulverizando diariamente el terrario con agua. También, muchos herpecultores utilizan vaporizadores o humidificadores, e incluso, para especies estrictamente arbóreas el fondo del terrario puede estar inundado de agua, que con buena ventilación, mantiene una humedad alta y constante.

2.2.6. Sustrato

El sustrato es un factor muy importante, ya que se debe tratar de una sustancia no tóxica, fácilmente digestible, absorbente y fácil de limpiar. El estado del sustrato irá ligado a la salud del animal. Aquellos que sean demasiado básicos o ácidos, demasiado secos o húmedos y sucios contribuirán a la aparición de problemas respiratorios y dermatológicos.

A la hora de sustituir los sustratos del medio natural a la vida en cautividad hay dos opciones: los sustratos naturales industriales, o bien los sustratos artificiales o sintéticos.

Sustratos naturales industriales

Dentro de los sustratos naturales industriales, los más conocidos y utilizados para reptiles son los siguientes:

- Musgo natural (tanto viva, como seca): perfecta para rana, sapos, salamandras, serpientes y otros reptiles que necesiten un sustrato parecido y que retenga humedad.
- Sustrato de corteza de pino natural: es higroscópico, absorbe y retiene agua. Idóneo para animales que les guste la humedad terrestre. Estimula el comportamiento natural de excavación del animal. Es muy decorativo.
- Sustrato de fibra de coco: Indicado para todo tipo de reptiles. Tiene las mismas características que el sustrato de corteza de pino, ya que se hace servir cuando necesitamos que el terrario goce de una gran cantidad de humedad contenida. Además es digestible, por lo que es más difícil que produzca impactaciones intestinales.
- Arena natural del desierto: crea un ambiente desértico natural, es un buen conductor térmico, estimula el comportamiento natural de excavación de los reptiles, es adecuado como sustrato para la puesta, etc. Aún y así no debemos olvidar que la arena puede ser ingerida y causar impactaciones intestinales, por lo que se recurrirá a otro tipo de sustrato antes que a este a pesar de tratar con animales desérticos.

Sustratos artificiales o sintéticos

En cambio, si el capital que se debe invertir en adquirir un sustrato natural industrial sobrepasa el saldo del que se dispone, o bien si se quiere ser práctico en la limpieza y el mantenimiento podemos recurrir a los sustratos artificiales: económicos, pero nada estéticos. Normalmente son sintéticos. Los más utilizados:

- El césped artificial: fácil de limpiar, pero muchas veces son un hábitat idóneo para el desarrollo de parásitos y bacterias perjudiciales para los reptiles.
- Tiras de papel trinchado: es muy higiénico y barato, aunque poco estético. Es el más utilizado por los criadores.
- Planchas de cartón con tacto rocoso: más estético que los anteriores, pero poco adecuado por el simple hecho de ser cartón.

Recientemente se habla de sistemas de sustrato bioactivo, que provee un ambiente donde bacterias beneficiosas compiten con las patógenas y los hongos –que crecen por exceso de humedad y una mala ventilación- favoreciendo así un micro hábitat saludable.

Este tipo de sustrato requiere al menos 6.5 cm de profundidad y nos provee de una buena oxigenación y retención de la humedad.

2.2.7. Material y Accesorios

Los **materiales** de los que está compuesto el terrario deben ser lisos, no abrasivos y no absorbentes. Los sintéticos no porosos, como el Plexiglas®, son los más recomendados por su ligero peso, y su fácil limpieza i desinfección, pero pueden resultar caros. La madera también es muy popular, por su disponibilidad y su bajo coste, pero es más pesada y retiene agua y materia orgánica. Además, la madera tratada a presión, que contiene productos químicos, debe ser evitada por el riesgo de toxicidad. Si se usa madera, ésta deberá ser tratada contra la corrosión del agua con tintes y poliuretano, sellando los rincones con silicona para facilitar la limpieza. Los tanques de vidrio, son adecuados siempre y cuando tengan una correcta ventilación. Para ello se colocan rejillas pero nunca de hierro galvanizado, porque causan toxicidad por zinc en lagartos que mastican el metal. Si existe una malla para la ventilación su tamaño ha de ser a prueba de escape, en general más pequeño que el tamaño de la cabeza del animal. En cuanto a los accesorios, además de jugar un papel estético, suponen un estímulo fisiológico de **enriquecimiento ambiental** para el reptil. Estos incluyen los recipientes de la comida, y del agua, ramas para trepar, cuevas, etc. Los materiales pueden ser naturales pero requieren una desinfección previa. En el terrario selvático tropical también se pueden incluir plantas no tóxicas como orquídeas, bromelias, aráceas, begonias, helechos, *Ficus*, etc.

2.3. Normas de mantenimiento y manejo.

Protocolo básico de manejo

Las serpientes venenosas pueden ser manipuladas de forma segura con la ayuda de varias herramientas y técnicas diferentes. La formación y la experiencia juegan un papel importante en la captura, manipulación, y capacidad de inmovilización. El conocimiento práctico del comportamiento de serpientes y sus reacciones a los estímulos ayuda en la planificación de los mejores métodos a utilizar para cada procedimiento. Los equipos y métodos descritos aquí son técnicas probadas.

Los protocolos estrictos de manejo, la rutina de mantenimiento, y la formación del staff técnico debe estar familiarizado con todo el personal involucrado en la manipulación de serpientes venenosas.

El siguiente protocolo para el manejo de serpientes venenosas puede servir como base para el establecimiento de las mejores prácticas y puede ser ampliado para incorporar diferentes calidades de una instalación o práctica:

- Serpientes NO-venenosas deberían ser manipuladas únicamente por el personal designado a ello.
- El staff técnico debe estar bien entrenado, bien informado, y sentirse cómodos con los diferentes procedimientos de manipulación de serpientes venenosas.
- Siempre revisar las técnicas y procedimientos con el staff técnico.
- Configurar el espacio de trabajo con antelación y despejar el área de objetos innecesarios u obstáculos.
- Tener todas las herramientas apropiadas disponibles.
- Nunca trabajar con serpientes venenosas cuando se tiene prisa, no se está concentrado o se está tomando medicación que afecta al estado de alerta.
- Dos personas cualificadas deben estar siempre presentes.

A menudo se necesita asistencia, y la presencia de una segunda persona es crucial se se produce una mordedura.

- Las jaulas deben permanecer siempre bloqueadas hasta que el personal está listo. Anunciar siempre que la jaula está abierta, para que la atención del staff técnico se centre única e inmediatamente en el procedimiento a realizar.
- Todas las jaulas deben estar claramente marcadas con el término “Venomous” o “Venenoso”. Una etiqueta adicional debe indicar el nombre de la especie (nombre común y científico), el tipo de antiveneno, y el número de animales en el contenedor.

- Incluso si una serpiente aparece muerta, utilizar unas pinzas o un gancho para comprobar que realmente está muerta y no se mueve. La boca del espécimen debe ser cerrada y fijada para evitar que no se produzca el contacto accidental con los colmillos.

Equipos y métodos:

Snake Hooks o ganchos

En España también son conocidos como “bicheros”. Es una de las herramientas más comunes y una de las más seguras –si se usan adecuadamente- para la manipulación y el manejo de serpientes venenosas.



Fig. 6. Snake hooks o ganchos.

El uso más común de los ganchos es para manipular las serpientes a la hora de trasladarlas de un recinto a un contenedor seguro que sirva de jaula o bien para colocar el animal en el tubo de contención o en una caja de inducción anestésica para realizar cualquier cirugía.

La elección de los ganchos se hace en función la especie de serpiente que sea manipulada y el tamaño de la persona. Hay gran variedad de tamaños y configuraciones (fig. 6) y pueden ser hechos en casa o comprados en proveedores especializados.

Hay que considerar dos componentes a la hora de elegir el gancho apropiado: en primer lugar, la longitud del gancho del mango debe ser superior a la distancia de ataque de la serpiente cuando la mano sujeta el mango. Es decir, generalmente unos dos tercios de la longitud de la serpiente, pero puede ser más largo. La segunda es que el gancho debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso de la serpiente de ser manipulado. Los pasos básicos al utilizar un gancho son:

- Siempre establecer el área de trabajo y equipos necesarios en primer lugar (contenedores, jaulas, etc.), y revisar los pasos del procedimiento y las funciones de todo el personal. Es conveniente disponer de una segunda persona capacitada provista de un gancho para ayudar si es necesario.
- Abra siempre bolsas, contenedores y jaulas con métodos de seguridad apropiados.
- La punta del gancho se coloca inicialmente por debajo de la porción anterior de la serpiente y se desliza caudalmente al punto medio, a su centro de gravedad aproximado, en el lado del cuerpo del controlador (fig. 7).



Fig. 7. Manipulación de una Bitis gabónica con ganchos

- Una vez que el gancho está en el lugar deseado, levante la serpiente en un solo movimiento, elevando la cabeza y la cola lo suficiente como para limpiar la superficie del suelo (fig. 7). Esto inducirá a la serpiente a que sostenga y mantenga el equilibrio. Si la serpiente se sigue moviendo y

se desequilibra, deje suavemente al animal, y repita el proceso.

- Una vez equilibrado el animal, levantar y mover a la serpiente a la ubicación deseada. Evitar que la cabeza y la cola toquen objetos durante la transferencia ya que esto a menudo asusta al animal y lo induce a salir del gancho.
- Colocar con cuidado la serpiente hacia abajo y quitar el gancho. Esté preparado para utilizar el gancho para mantener la serpiente bajo control o para seguir manipulando al animal en el procedimiento previsto.

Para las serpientes más grandes y ágiles es aconsejable que en la base del mango haya un mango secundario que utilizando las dos manos servirá como un punto de apoyo, ayudará a llevar la serpiente y aumentará la destreza y el control de esta. Debemos tener presente que la posición de la empuñadura secundaria esté fuera del rango de ataque de la serpiente (Fig. 7). Algunas serpientes requieren ser manejadas con 2 ganchos para distribuir su peso en 2 puntos. El uso de 2 ganchos requiere más destreza que uno. Las normas son las siguientes:

- Mantenga un gancho en cada mano y colóquelos en la parte media de la serpiente, en el mismo lado del cuerpo que está situado el controlador.
- Mueva los ganchos a una distancia el uno del otro de forma que se dividida la serpiente en tres partes iguales. Mientras deslizamos los ganchos hacia esos lugares, cada gancho debe levantarse un poco para comprobar que la serpiente tiende al equilibrio.
- Una vez colocados adecuadamente para el equilibrio, se eleva la serpiente y se determina si es estable. Si es así, se efectúa la transferencia del animal de forma suave.
- Cuando la levante, la presión externa (fuera del punto medio de la serpiente) de los

ganchos ayudará a mantener la tensión en la serpiente y no sacar los ganchos juntos si la serpiente pretende progresar hacia adelante.

No se debe olvidar que esta técnica requiere de práctica y cada serpiente reacciona de forma diferente a la técnica de doble gancho.

Pinzas y fórceps

Hay disponibles varios estilos de tenazas (fórceps) y pinzas en proveedores de equipos de reptiles (Fig. 8). Tenazas y pinzas no se deben utilizar como métodos primarios de inmovilización debido a su potencialidad de causar daños al animal.



Fig. 8. Pinzas y fórceps.

Muchas serpientes atacan o muerden las pinzas cuando se mantienen cerradas durante la sujeción. Las pinzas sólo se deben utilizar como último recurso en caso de emergencia o para aquellos individuos que no pueden ser manipulados de manera segura con un gancho. El uso de pinzas no es un sustituto aceptable por la falta de formación o habilidad con los ganchos.

La manipulación de serpientes venenosas de serpientes con ganchos, a diferencia de las pinzas, disminuye el potencial de lesiones al animal. Los reptiles tienen un único cóndilo occipital que aguanta su cráneo en la columna vertebral. Por eso, el manejo brusco o la sujeción indebida puede causar lesión en la columna cuando la serpiente se remueve o gira sobre sí misma.

También, el uso de pinzas o fórceps para la sujeción puede inducir a la serpiente a morderse a sí misma como respuesta a ser "agarrada" por la herramienta. Esto puede resultar en una auto-mordedura y un envenenamiento. Aunque los efectos del auto-envenenamiento suelen ser mínimos, debido a la inmunidad, los daños mecánicos causados por la penetración de los colmillos pueden llevar a lesiones graves. Las pinzas de mango largo son herramientas ideales para la alimentación de muchas especies de serpientes, para la eliminación de los elementos del recinto, la manipulación de tapas de los envases, etc.

La longitud de la pinza siempre debe ser mayor que la distancia máxima del rango de ataque de la serpiente.

Pinzas alargadas se utilizan para la alimentación de pequeños serpientes, la eliminación de ectoparásitos, y la evaluación de la profundidad en animales anestesiados. Las pinzas se fabrican en longitudes que van desde 30 a 45 cm.

Tubos de contención

Se han descrito una amplia variedad de técnicas a la hora de realizar la sujeción e inmovilización de serpientes venenosas con muchas aplicaciones. A menudo, la manipulación de serpientes venenosas sin inmovilización química es suficiente para un examen inicial, administración de medicamentos y procedimientos simples, incluyendo la eliminación de malas mudas (disecdosis), palpación, toma de muestras de sangre, y la determinación del sexo.

La utilización de tubos de inmovilización es una técnica segura de manejo ya que minimiza el riesgo para el controlador y se evita dañar a la serpiente. Se trata de tubos huecos los cuales están disponibles en varios materiales y longitudes. Los pasos básicos a la hora de utilizar el tubo son los siguientes:

- Elegir un tubo con un diámetro interior que no permita que la serpiente de la vuelta (el diámetro menor que la longitud de la cabeza de serpiente o ligeramente más grande que el grosor de la parte media del cuerpo de la serpiente).
- Usar un gancho y colocar la serpiente sobre una superficie lisa. Algunas especies arbóreas se sienten más cómodas en el borde de las cubetas o contenedores. Para pequeños y medianos especímenes se suele trabajar con un contenedor. Este por lo general es un bote de basura u otros contenedores de techo abierto lo suficientemente grande como para facilitar el movimiento del controlador a la hora de manipular a la serpiente y el tubo.

En serpientes grandes como son menos inquietas se trabaja en el suelo. Debe haber una amplia superficie libre para facilitar a los controladores maniobrar con seguridad alrededor de la serpiente. Por eso los contenedores son preferibles, ya que limitan el rango de movimientos y posición de la serpiente.

- Elegir un tubo que sea más largo el rango de ataque de la serpiente, o usar pinzas que sean más largas que este rango, por tal de mantener el tubo (Fig. 4, A). Sujetar el tubo con una mano (por lo general la mano izquierda para una persona diestra) por el final o por el medio -si se utilizan pinzas-, y bajar lentamente el extremo abierto del tubo hacia la serpiente de tal manera que no se induzca a la serpiente a atacar el tubo. Las

serpientes que atacan al extremo abierto del tubo pueden sufrir lesiones orales, que afectan principalmente a las membranas mucosas que cubren los colmillos.

- Usando un gancho que sea más largo que el rango de ataque de la serpiente y sujetándolo por encima de éste rango, con cuidado toque o enganche al animal para llevarlo hacia dentro del tubo. Esto tiene que ser una maniobra que combine el movimiento del tubo y de la serpiente de manera que atraigamos al animal a entrar en el tubo. Este proceso requiere paciencia. Esto nunca debe de hacerse con prisa y siempre se tiene que mantener el control del proceso.
- El primer objetivo es conseguir que la cabeza de la serpiente se introduzca en la boca del tubo. Esto se debe hacer rápidamente para reducir la posibilidad de ataque por parte de la serpiente.
- Algunas veces, mover la serpiente hacia atrás con el gancho le animará a seguir avanzando por el tubo.
- Una vez que la serpiente empieza a entrar en el tubo, sostenga el tubo sin moverse para no asustarla.
- Las serpientes más activas requieren que se les ayude a entrar por el tubo siguiendo sus movimientos ondulantes.
- Una vez la serpiente esta al menos por la mitad del tubo) y sigue avanzando hacia dentro de éste, deja el gancho a un lado y, con esa mano, rápidamente coge la serpiente y el final del tubo en el que ha entrado. Eso previene que salga y asegura la serpiente dentro del tubo. Utiliza la otra mano para sujetar y acompañar a la serpiente.
- Si la serpiente empieza a retroceder por el tubo, abortar el procedimiento y empezar de nuevo.
- Una vez contenida, de inmediato revisar su estado. Tanto el tubo como la serpiente deberían mantenerse con firmeza para evitar que la serpiente progrese hacia delante o hacia atrás.
- Asegúrese de que no hay una abertura entre los dedos y la palma de la mano que podría permitir que la serpiente sacara una parte de cuerpo y escapara del tubo.
- En medias y grandes serpientes, el asistente debe apoyar el cuerpo del animal una vez que se ha inmovilizado con éxito. Esto permite que el controlador principal enfoque su atención en asegurar la serpiente mientras sostiene el tubo con la otra mano (Fig. 4, B).
- Si el grosor de la serpiente es considerable y tiene un tamaño relativamente pequeño de la cabeza, se inserta un tubo de menor diámetro en el extremo abierto del tubo para evitar que la cabeza y la serpiente en sí gire alrededor.

Las serpientes no anestesiadas requieren una liberación controlada del tubo de retención en la siguiente secuencia:

- El controlador principal coge la mitad del tubo con las pinzas, mientras mantiene el extremo del tubo con la otra mano.
- La serpiente y el tubo se colocan en un recipiente o de nuevo en el recinto en un ángulo vertical. El extremo del tubo se libera, liberando también la serpiente, retirando la mano rápidamente del recipiente.
- El controlador principal y el asistente recoge los ganchos hasta su próxima manipulación.
- Debe asegurarse el cierre del contenedor o caja, y los recipientes y contenedores debidamente etiquetados.

Cajas de contención/sujeción

Tienen gran variedad de nombres y usos, pero tienen en común la capacidad de retener e inmovilizar la serpiente venenosa de forma segura para llevar a cabo gran variedad de procedimientos (por ejemplo, limpieza de la jaula, el examen visual, medición de longitud). También cajas de sujeción también pueden utilizarse para la inducción de la anestesia.

Cajas de cambio y cajas trampa

Las cajas de cambio y las cajas trampa se utilizan para trasladar las serpientes de una caja a otra (fig. 9). Se pueden colocar tanto en el interior de la misma o adjuntas a la parte exterior de la caja. La mayoría de las serpientes buscan la seguridad visual y táctil de las cajas de cambio. El tamaño de la casilla sólo deberá ser lo suficientemente grande para



que la serpiente se encuentre cómodamente enrollada. Por tal de que la serpiente se introduzca en esta caja se orienta la cabeza hacia la apertura que conecta una caja con otra. En algunos elápidos (por ejemplo, las cobras o las mambas) se ha logrado gracias a las técnicas de condicionamiento clásico que entren solas en dicha caja. Se trata de una herramienta de gestión muy útil para los animales en cautiverio que requieren un tratamiento de rutina a largo plazo.

Cajas de restricción y retención temporal

Estas cajas se utilizan para restringir el movimiento de una serpiente al realizar el examen físico, medición, radiografías, o la administración de medicamentos inyectables.

Consiste en una caja y un “escudo” que presiona a la serpiente contra la parte inferior de la caja de retención. Estos dispositivos de retención se han hecho de la madera, pero las cajas de acrílico y PVC tienen la ventaja de ser capaces de ver la serpiente de todos los lados, incluyendo el ventral.

2.4. Trabajo de campo sección mantenimiento

Luis Riera es actualmente el encargado de mantenimiento de la sección de reptiles de Global Aquatic Technologies, mayorista de animales exóticos a nivel Español, más conocido como Promotora Bama. Luis tiene a sus espaldas más de 30 años de experiencia en el campo de la herpetología, tanto en el mantenimiento y la reproducción de todo tipo de reptiles, como de su comercialización.

1. ¿Qué significan para usted las serpientes venenosas?

Las serpientes venenosas para mí son unos animales espectaculares y bajo mi entender de los más increíbles y bonitos que podemos encontrar hoy día.

También opino que son animales que han de ser manipulados siempre por profesionales y con todas las medidas de seguridad necesarias, porque no hemos de olvidar que este tipo de ofidios son muy peligrosos y de rápidas reacciones, nunca puedes estar relajado con ellos.

2. Como encargado del mantenimiento de la sección de reptiles, ¿qué factores son básicos a la hora de mantener este tipo de serpientes? ¿Qué tipo de accesorios recomienda?

El mantenimiento de estos animales ha de ser lo más semejante a lo que podrían tener en su hábitat natural.

Lógicamente no podemos mantenerlos con los mismos parámetros a todos por igual, porque son de diferentes zonas del mundo, ya que ofidios venenosos hay en todo el planeta.

A grandes rasgos, lo básico a la hora de mantenerlos es una temperatura adecuada, que se puede proporcionar con esterillas calefactoras o bien por cables térmicos, así si se tienen serpientes de diferentes zonas y hábitats, podemos regular cada uno independientemente simulando mejor su clima. De la misma forma haremos con la humedad y con el tipo de sustrato, no es lo mismo mantener un *Crotalus atrox* que una *Bitis gabónica*, porque sus parámetros de humedad, temperatura y lógicamente sustrato son muy diferentes.

3. ¿Qué opina sobre la legislación española de este tipo de animales respecto a otros países como USA? ¿Cree que es positivo que cada comunidad autónoma legisle sus propias leyes?

El futuro de estos animales en cautividad se ha de regular de una manera coherente, hoy por hoy hay un vacío legal enorme, se pueden conseguir animales de un extremado riesgo simplemente visitando foros de herpetología a través de sus anuncios de venta. Realmente es lamentable que cualquier persona pueda adquirir un ofidio venenoso, es como permitir el libre acceso a las armas a cualquier ciudadano.

También se deberían redactar una serie de leyes en las que todas las autonomías de España demanden los mismos requisitos en el caso que autoricen su tenencia, no como ocurre actualmente, que de una comunidad a otra varía y si no puedes adquirir un animal en Cataluña, puedes hacerlo en la comunidad Valenciana.

Muchas gracias por su paciencia y su amabilidad.

3. REPRODUCCIÓN EN CAUTIVIDAD

3.1. Generalidades

- Dimorfismo sexual y órganos reproductores:

○ **Macho:**

Presentan dos hemipenes situados en la base de la cola, a nivel ventral, permaneciendo invaginados en unos sacos o estuches. Sólo se utiliza uno de los hemipenes durante la cópula, el cual se evagina (posee una estructura cavernosa que se llena de sangre, produciendo su eversión y evaginación) de su saco y se introduce en la cloaca de la hembra. Por la cara externa de los hemipenes se localiza la fisura espermática, por donde el semen avanza hasta ser eyaculado. Al alojar a los hemipenes, la base de la cola del macho suele ser más ancha y aplanada que la de la hembra.

Los testículos son redondeados, localizados intrabdominalmente, craneales a los riñones, cerca del páncreas, de la vesícula biliar y del bazo. El testículo derecho está situado más cranealmente que el izquierdo. Durante la época de reproducción, aumentan de tamaño. De los testículos salen, caudalmente, los conductos de Wolffian, que transportan el esperma hasta los hemipenes.

○ **Hembra:**

Los ovarios se localizan cerca del páncreas, cranealmente a los riñones. También el ovario derecho se encuentra en una situación más craneal respecto al izquierdo. La estructura suspensora que mantiene a los ovarios es el mesovario.

- Madurez sexual:

El crecimiento depende de cada especie, del clima, del alimento disponible y de cada individuo. Las serpientes tropicales pueden mantenerse creciendo durante el transcurso

del año. Las serpientes de zonas templadas crecen más durante el verano. El crecimiento no se detiene completamente y puede durar prácticamente toda la vida. La madurez sexual se alcanza más rápido para serpientes de clima cálido, aproximadamente entre el primer y segundo año de vida. Para las serpientes de clima templado, la madurez sexual se da entre el segundo y sexto año de vida. Las serpientes más longevas pertenecen a Boidae y Elapidae pudiendo llegar a los 29-30 años.

- Apareamiento:

Existen factores tales como el clima, las estaciones del año, la temperatura y la disponibilidad del alimento que influyen en el ciclo biológico. En zonas templadas muchas especies se reproducen en primavera, cuando la cantidad de alimento es mayor. En las especies tropicales la actividad reproductiva se realiza en la época de mayor humedad o lluviosa.

En los vipéridos, las hembras liberan feromonas a través de la piel o por glándulas anales, las cuales permiten la localización de éstas por los machos, ayudados por la visión y quimiorreceptores, la hembra está receptiva ocurre la monta. En colúbridos, el macho puede morder el tronco de la hembra y ésta se coloca en una posición cloacal de la hembra, lo que facilita la intromisión del hemipene. Las cópulas pueden ser de minutos o llegar a durar 29 horas como en el caso de *Crotalus atrox*.

Después de la cópula, los espermatozoides pueden ser retenidos por las hembras en receptáculos seminales por períodos variables. En serpientes puede ser desde 11 días hasta 6 años. La mayoría de las serpientes son ovíparas, y las ovovivíparas y vivíparas son menos frecuentes (en Boidea, Elapidae, Colubridea, Crotalidae y Viperidae). En este caso hay un intercambio entre el embrión y la circulación sanguínea de la madre.

- Desove o puestas:

Los huevos o crías son depositados en cavidades de troncos, en el suelo o entre hojas caídas, donde terminan de incubarse a temperatura ambiente. El cuidado de la prole por los adultos no es frecuente, aunque la especie *Python molurus* es capaz de incubar sus huevos manteniendo la temperatura corporal por encima de la ambiental, por medio de contracciones musculares.

La cantidad de huevos varía, en serpientes ovíparas de 1 hasta 100 huevos. Normalmente el tamaño de las nidadas fluctúa entre 2 y 16 crías. El tiempo de incubación varía de pocos días hasta 2 meses y la temperatura influye, puesto que al ser más caliente se desarrollan más rápidamente.

- Nacimiento-Parto:

En el caso de las ovíparas, las crías a punto de salir del huevo tienen un diente terminal o diente del huevo, que lo emplean para romperlo y salir de él.

Como se ha comentado anteriormente, también existen serpientes ovovivíparas y vivíparas, las cuales como indica su nombre, nacen directamente de su madre. Los partos de la mayoría de estas especies suelen durar entre 1-5 horas, y el número de crías depende mucho de la especie y el individuo en concreto.

- Problemas reproductivos:

Prolapso de cloaca o pene: causado por retención de huevos, fecaloma, sobreinfestación parasitaria o problema de inervación. La corrección puede ser manual o quirúrgica. A veces es necesaria la amputación de pene.

Retención de huevos: Producido por caquexia, carencias nutricionales, desórdenes hormonales, infecciones, cálculos urinarios o huevos deformes. El tratamiento básico es la aplicación de oxitocina (5 – 30 UI/Kg) o Calcio (500mg/Kg.). Si el tratamiento no invasivo no funciona se opta por una celiotomía.

3.2. Proceso reproductivo por especies

FAMILIA ELAPIDAE

Subfamilia Elapinae

MAMBAS: género *Dendroaspis*

Son ovíparas. Los huevos, en número 9-14, miden entre 60-80mm de largo un diámetro de 35mm. Dan nacimiento a jóvenes, de 40 a 50cm de largo, cuyo crecimiento es muy rápido alimentándose de ratones y ratas pequeñas.

En cautividad se describió que unas mambas verdes copularon durante 15 a 17 horas a mediados de abril y a los 99 días la hembra puso cinco huevos con unas medidas de 6,8-8,7 x 2,8-3,0 cm y tres más pequeños y estériles. El tiempo de incubación fue de 85 días, donde solo eclosionaron dos de los huevos. Los individuos hacían unos 40cm de longitud al nacer. A los 5 días de vida ya comenzaron a comer pinkies (crías de ratón).

COBRAS: Género *Naja*

El grupo de las cobras, está muy extendido en la herpetocultura, y son unas de las serpientes venenosas que más se mantienen. La cobra asiática (*Naja naja*) suele aparearse en cautividad durante los meses de noviembre y diciembre. La media de cada puesta es de unos 16 huevos, aunque el número oscila entre 9 y 32 huevos dependiendo del estado de cada animal. El período de gestación de los huevos va desde 38 a 103 días, y lo más frecuente es que al cabo de un mes de la primera puesta realice una segunda.

Los huevos son de 4,5-5,5 x 2,2-2,6 cm y llegan a pesar unos 20 gramos. A una temperatura de 21-30°C los huevos eclosionan en 43-93 días. Mudan por primera vez a los 15-27 días, por entonces, algunos individuos ya han realizado su primera comida, que pueden ser ratones de unos 2-3,5 gramos o ranas pequeñas.

La Cobra negra y blanca (*Naja melanoleuca*), en el terrario puede llegar a vivir mucho tiempo. Tras un enfrentamiento entre los machos y un prolongado apareamiento, depositan de 11 a 13 huevos en octubre y mayo. Las pequeñas cobras nacen después de 78 a 104 días y miden de 35 a 40 cm. Mudan por primera vez al cabo de ocho a diez días y después ya comen ranas. Posteriormente empezaran a comer ratones destetados. Si no se dispone de ranas, habrá que alimentarlas a la fuerza a comer pinkies hasta que coman ratón por sí solas.

La Cobra del Cabo (*Naja nivea*) comienza a aparearse a mediados de marzo. Un grupo de cobras en mayo y junio pusieron, ocho y diez huevos respectivamente, algunos de los cuales resultaron estériles. Las crías nacieron después de 59 a 60 días a una temperatura de 29 a 30 °C; algunas de ellas comieron pinkies, pero otras hubo que alimentarlas a la fuerza.

Subfamilia Bungarinae

Género Ophiophagus

No existe mucho éxito en la reproducción en terrarios de estas especies debido a sus requerimientos alimentarios. Se ha descrito una hembra que hizo un nido en un terrario de un zoológico y llegó a poner unos 41 huevos. Estos eclosionaron a las 10 semanas de incubación.

Otros elápidos

El Taipán (*Oxyuranus scutellatus*) se ha conseguido reproducir durante varias generaciones en un zoológico de Australia.

También se ha conseguido reproducir en cautividad *Acanthophis antarcticus*, pero principalmente en su país de origen, Australia.

La Cobra acuática (*Boulengerina annulata*) pertenece al único género acuático de la familia (si se excluye a las serpientes marinas del género *Laticauda*, consideradas como elápidos por muchos autores), ésta también se ha reproducido con éxito en cautividad.

Se alimenta principalmente a base de peces y anfibios. Pusieron 22 huevos de 5,2-6,4 cm x 3,1-3,5 cm y un peso de 3,8 gramos de los que nacieron 15 crías al cabo de 78^a 84 días de incubación. Las recién nacidas median de 31 a 43 cm de longitud. Se alimentan de pequeños peces (*Gambusia*) y pinkies.

SERPIENTES DE CORAL Género *Micrurus* y *Micruroides*

Son especies ovíparas cuyas hembras ponen de 2-10 huevos después de la época de verano. Éstos tienen cáscara blanca y de textura apergaminada. El período de incubación puede ser de alrededor de 80 días, siendo influenciado por factores como la temperatura y otras condiciones climáticas.

El olfato guía a los machos hacia las hembras de su misma especie. Éstas exhalan en la época del celo feromonas que contribuyen a mantener el apareamiento intraespecífico, evitando la cópula con representantes de otras de similar apariencia. Una vez fecundada, la hembra deposita sus huevos en huecos del suelo protegidos por piedras, cavidades de troncos o incluso dentro de los hormigueros de hormigas negras.

Subfamilia Hydrophinae

Son ovovivíparos, manteniendo las crías vivas, en un huevo sin cáscara, dentro de su cuerpo hasta el momento del nacimiento. No hay información sobre su reproducción en cautividad.

FAMILIA VIPERIDAE

Subfamilia Viperinae

Género Bitis

Bitis arietans se reproduce con frecuencia. Sus partos suelen ser muy numerosos, con cifras de 157 crías -es probable que ostente el récord de todas las serpientes- y no siempre es posible conseguir dar las crías a aficionados con la necesaria experiencia. Esto ha llevado a que algunos aficionados a estas serpientes lleguen a la conclusión de que es mejor esterilizarlas quirúrgicamente. Si se les mantiene en grupos pueden observarse unos impresionantes enfrentamientos rituales. Alcanzan la madurez sexual bastante pronto. Por ejemplo, unas *Bitis arietans* de 14 meses de edad se aparearon en junio y en los meses de enero y febrero del año siguiente, la hembra expulsó unos pocos huevos no fecundados y dio a luz una camada de crías que medían de 12 a 19 cm y pesaban de 5 a 15 gramos; nacían a intervalos de 2 a 20 minutos. En cuanto se liberaban del corion, las pequeñas *Bitis* se enterraban en el sustrato y mudaban sin problema.

En el terrario, las víboras de Gabón (*Bitis gabonica*) suelen parir a partir de marzo. A veces también se ha conseguido la reproducción de dos miembros más pequeños de este mismo género, *Bitis caudalis* y *Bitis atropos* de Sudáfrica. Las diminutas crías de *Bitis caudalis* (9,8 cm) tuvieron que ser alimentadas a la fuerza durante seis meses con finísimas tiras de corazón de buey antes de que alcanzasen los 22 cm de longitud y fuesen capaces de comer pinkies. Las crías de *Bitis atropos* pronto empiezan a comer

ratones recién nacidos y trozos de ratones, especialmente si se les mantiene en pequeños terrarios individuales.

Para la reproducción de la víbora cornuda de la arena (*Cereastes cereastes*) es conveniente que hiberne varios meses a 10-15 °C con las luces del terrario apagadas. Entre julio y agosto deposite de 13 a 16 huevos ovalados bastante húmedos durante la incubación. Al cabo de 45-48 días nacen unas crías de 16-18 cm de longitud que al principio es frecuente que hayan de ser alimentados a la fuerza con ratones recién nacidos.

También se ha conseguido la reproducción en cautividad de la víbora cornuda de Persia (*Pseudocerastes persicus*). Sin embargo, antes de reproducirla hubo que reunir información acerca de sus costumbres en la naturaleza. Para lograr que se apareasen hubo que bajar gradualmente la temperatura desde 30 °C (octubre) hasta 25 °C (diciembre) a la vez que se disminuía el número de horas de luz (en diciembre: cinco horas de luz a 20 °C y una temporada nocturna de 15 °C) y luego volver a incrementar la iluminación de enero a marzo hasta alcanzar las diez horas de luz y una temperatura de 27-30°C. Tras un periodo de gestación de 107 días (de abril a junio) pusieron quince huevos. Al cabo de tan sólo 17 días nacieron seis crías de 15-16 cm de longitud. Al no aceptar los grillos y pinkies, se optó por alimentarlos a la fuerza una vez por semana con tiras de corazón de buey.

Atheris squamiger es una víbora de coloración verdosa propia de las regiones de arbustos de África central y occidental. Se ha reproducido varias veces en cautividad. Se aparearon en agosto a la edad de 16 meses y parieron en marzo y abril del año siguiente, dando a luz unas crías con una coloración muy variada que medían unos 23 cm y pesaban unos 5 gramos. Por regla general, los jóvenes pueden ser alimentados fácilmente a base de pequeños peces y ratones.

Las víboras nocturnas africanas (*Causus*) se alimentan principalmente a base de sapos y ranas y difícilmente se pueden acostumbrar a otro tipo de presas. *Causus rhombeatus* es muy productiva y en numerosas ocasiones se ha conseguido descendencia en el terrario. Es una especie muy robusta y adaptable.

Género Vipera

La víbora áspid del sureste de Europa (*Vipera aspis*), la víbora cornuda de oriente medio y sureste de Europa (*Vipera ammodytes*) y la víbora hocicuda de la península Ibérica y noreste de África (*Vipera latastei*), tienen el hocico arremangado hacia arriba. De todas estas especies, la más recomendable y fácil de cuidar es, sin lugar a dudas, la víbora cornuda. A causa de un generalizado error acerca de sus biotipos originarios, todavía hay quienes la llaman “víbora de la arena”. Es más fácil conseguir su reproducción si se mantienen grupos en los que haya varios machos- cuando varios machos en celo localizan una hembra sexualmente madura de su especie, suelen enzarzarse en combates rituales. En el terrario suelen copular de abril a mayo, en función de la época en que hayan hibernado. El periodo de gestación no se conoce de forma precisa, pero en cautividad se han documentado periodos de 80 a 85 días, e incluso de 113 días. *Vipera ammodytes* suele dar a luz a sus crías a finales de octubre. Pueden llegar a parir hasta 20 crías a la vez, pero lo habitual es que en el terrario nazcan de cinco a nueve, normalmente en horas diurnas. Las víboras recién nacidas se liberan de la membrana que les rodea perforándola con movimientos de la cabeza y luego se desplazan rápidamente a lo largo de los vidrios del terrario en busca de un refugio. El cuerno externo de su hocico permanece plano durante los primeros días y se levanta primero a los jóvenes más robustos. Los sexos se pueden diferenciar ya en los individuos muy jóvenes: los machos suelen ser de color gris con un dibujo muy marcado, mientras que las hembras son marrones y con unos dibujos menos destacados. Los recién nacidos miden de 14 a 26 cm y pesan entre 4,5 y 10,5 gramos.

La frecuencia con que se ha obtenido la reproducción de la víbora áspid en el terrario contradice a aquellos que afirman que es menos apropiada para el terrario que otras especies de su género. En cautividad también se han obtenido híbridos con *Vipera ammodytes*. *Vipera aspis* es fácil de alimentar a base de ratones, tanto vivos como muertos. Esta especie también se ha reproducido muchas veces en cautividad. Parece ser que los jóvenes son fáciles de cuidar a base de alimentarlos con lagartijas, saltamontes y pinkies.

La Víbora Europea (*Vipera berus*) durante el periodo de apareamiento, que se inicia poco después de salir de la hibernación, suele tener enfrentamientos entre machos que acaban de mudar. La cópula se produce en mayo y puede prolongarse hasta dos horas y

media. Mediante observaciones de campo se ha comprobado que el período de gestación de la víbora europea dura de dos meses y medio a cuatro meses y medio en función de las condiciones climatológicas. En el terrario, una hembra dio a luz nueve crías a los 82 días de una cópula observada. Las crías nacieron de una en una a intervalos de cinco a ocho minutos. Tras unos pocos segundos de inmovilidad, las víboras recién nacidas penetraron el corion con sus cabezas. Durante algún tiempo conservaron restos secos del saco vitelino pegados a sus cuerpos. Lo normal es que nazcan de siete a diez pequeñas víboras por parto, pero este número puede llegar a oscilar entre 4 y 20. Las recién nacidas median de 14 a 21 cm, con un peso de 4 gramos.

La víbora del Cáucaso (*Vipera kaznakovi*) se ha reproducido muchas veces en los terrarios. Las crías se alimentaban a base de grillos, saltamontes, pinkies y por supuesto de pequeñas ranas y lagartijas. Al cabo de unas cuantas mudas cambiaron la coloración juvenil marrón por el hermoso dibujo de los adultos.

También se ha logrado la reproducción en cautividad de *Vipera ursini*. Los recién nacidos son muy pequeños (12 a 13 cm) y se alimentan preferentemente a base de grillos y pequeños saltamontes, aunque también aceptan cucarachas y trozos de ratón.

Género Daboia

Incluidas antiguamente en el género *Vipera*, actualmente se suele aceptar que las víboras orientales pertenecen al género *Daboia*. Es interesante destacar que la mayoría de las subespecies de la víbora de Oriente (*Daboia lebetina*) ponen huevos, mientras que *Daboia lebetina obtusa* y la subespecie nominal son vivíparas en ciertas regiones. La víbora de Oriente suele ser muy resistente en el terrario y no hay problemas para alimentarla. Su reproducción no es muy sencilla, pero se ha conseguido en muchas ocasiones. Las crías se pueden alimentar con pinkies aunque a veces hay que recurrir a la alimentación forzada. A la víbora del Atlas (*Daboia mauretanicus*), al igual que a la de Oriente, les gusta mucho el calor. Se sabe del caso de una hembra que fue capturada en estado de gestación, puso 21 huevos. Las crías median de 25 a 28 cm al nacer y empezaron a comer ratones por su cuenta después de mudar por primera vez a los nueve-diez días.

La víbora Otomana (*Daboia xanthina*) se reproduce tras la hibernación y después de alcanzar temperaturas ambientales de 26-30 °C. Después de 84 días nacieron diez

ejemplares. Abandonaron sus membranas tras unos minutos, pero sólo mudaron entre 7 y 10 días más tarde. Su tamaño medio fue de 20 cm y aceptaron el alimento inmediatamente tras la muda.

La víbora de Palestina (*Daboia palestinae*) se ha reproducido muchas veces en cautividad. Una de ellas desovó en el terrario 35 días después del apareamiento. Las crías, que nacieron al cabo de unos 60 días, se alimentaron desde el principio a base de pinkies.

La víbora de Russell (*Daboia russelli*) está ampliamente distribuida por el sur de Asia y su fortaleza y hermosos dibujos hacen que sea muy popular entre los incondicionales de las serpientes venenosas. Necesita una temperatura de 27-32 °C durante el día y de 22-24 °C por la noche. A las víboras de Russell les gusta que se las rocíe regularmente con agua tibia. Esta serpiente se ha reproducido muchas veces en cautividad. Por ejemplo, en un caso nacieron 27 y 29 crías en junio y julio respectivamente; mudaron y empezaron a comer inmediatamente pinkies. Comieron muy bien y al cabo de un año ya medían de 90 a 110 cm de longitud.

Género Echis

Tanto *Echis carinatus* como *Echis coloratus* se han reproducido frecuentemente en cautividad. En una ocasión se produjo un cruce entre ambas especies; se aparearon repetidamente a principios de mayo y durante un periodo de cinco días. La hembra puso 14 huevos al cabo de cuatro meses. La incubación de la puesta se efectuó sobre musgos de esfagnos a una temperatura de 26-32 °C y con una humedad relativa de 80-90%. Los huevos eclosionaron al cabo de 39 a 43 días y las nueve crías que nacieron estaban perfectamente sanas, medían unos 15 cm de longitud y pesaban solamente 1,1 gramos cada una. Mudaron por primera vez al cabo de siete a nueve días y, dado que no hacían caso a los grillos, saltamontes y larvas que se les ofrecían, no hubo más remedio que forzarlas a comer con tiras de corazón de buey. Las crías puras de *Echis carinatus* obtenidas por otros aficionados a veces no han tenido problemas para alimentarse por su cuenta con pinkies y especialmente lagartijas.

Subfamilia Crotalinae

Género Agkistrodon

Las *Agkistrodon contortrix* se aparean tras hibernar durante varios meses a temperaturas de 3 a 8°C. Los machos se vuelven muy agresivos durante esa época. Tienen un periodo de gestación de 105 a 110 días que finaliza con el alumbramiento de cuatro a seis crías, a veces pueden nacer hasta 17. Al principio se quedan totalmente inmóviles (pueden pasar así desde unos minutos hasta varias horas) y envueltas dos o tres veces con el corion hasta que empiezan a sacudirse para liberarse. Al nacer miden de 20 a 22 cm. No todas las crías aceptan ratones recién nacidos, por lo que si no se tienen ranas a mano, habrá que alimentarlas a la fuerza dos o tres veces hasta que empiecen a comer por sí solas.

Los mocasines de agua (*Agkistrodon piscivorus*) se reproducen frecuentemente en los terrarios y durante muchas generaciones. Tras un periodo de gestación de cuatro a seis meses (existen datos acerca de un caso en que la gestación duró 11 meses), nacen de cinco a ocho crías, o incluso más. Tienen unas franjas de color amarillo-marrón o casi negra en los adultos. Al nacer suelen medir de 25 a 30 cm de longitud. Mudan por primera vez a los ocho días y luego (a veces incluso antes) empiezan a comer pequeños peces, pinkies y ranas muy pequeñas. Sin embargo, a veces la cosa no es tan fácil, y hay que dedicarles mucha paciencia durante sus primeras semanas de vida.

Agkistrodon halys es propia de Siberia y Asia oriental, esta especie no se ha reproducido mucho en terrario. Si se mantiene en un terrario seco, con un recipiente de agua y se la deja hibernar a temperaturas muy bajas, se aparearán a finales de marzo o abril. A finales de agosto y principios de septiembre nacen de tres a diez crías de 13 a 19 cm de longitud que pesan unos 5 gramos. Si se niegan a comer grillos y no se dispone de lagartijas, habrá que alimentarlas a la fuerza durante varios meses hasta que coman por sí solas ratones.

La mocaín malaya (*Calloselasma rhodostoma*) es la mocaín que más le gusta el calor. Esta serpiente, junto con *Deinagkistrodon acutus*, son las únicas especies ovíparas del grupo Agkistrodon y realizan puestas de 10 a 35 huevos. Las crías nacen tras una incubación de 35 a 60 días a una temperatura de 28 a 32°C. Si no se dispone de ranas,

Género Bothrops

Una pareja de *Bothrops schlegeli* mantenida de 18 a 29 °C de abril a noviembre y de 18 a 24 °C de noviembre a marzo, copuló en febrero y al cabo de 164 días la hembra parió 20 crías y expulsó también cuatro huevos no fertilizados. En otro parto en el que también nacieron 20 pequeñas serpientes que solamente medían de 10 a 15 cm y pesaban de 1 a 1,5 gramos, algunas eran amarillentas y otras verdosas. Estas serpientes mudaron al cabo de cinco a siete días y empezaron a capturar ranas arborícolas (*Hyla cinerea*). En los siguientes meses continuaron alimentándose a base de ranas y lagartijas a las que atraían con los movimientos del extremo amarillo de su cola.

En otro grupo de *Bothrops schlegeli* los apareamientos tuvieron lugar en abril y a principios de mayo. Después de una gestación de 250 a 253 días nacieron un total de 46 crías que medían de 15,5 a 17,7 cm de longitud y pesaban una media de 3,3 gramos. Mudaron por primera vez al cabo de dos semanas largas y al principio todas las crías tuvieron que ser alimentadas a la fuerza con tiras de carne hasta que al cabo de tres meses ya habían crecido lo suficiente como para poder comer ratones de un día de edad. Para conseguirlo, en cada caso había que aguantar con unas pinzas a un ratón recién nacido y colocarlo delante de la serpiente golpeándola suavemente en el morro hasta que se decidiese a morderlo. Entonces, se colocaba el ratón en la boca de la serpiente y, si nada ni nadie la molestaba, lo engullía.

Este método exige mucho tiempo y mucha paciencia, pero siempre es mejor que el estrés al que se somete a las serpientes con la alimentación forzada.

La jararacussú (*Bothrops jararacussu*) vive cerca del agua, por lo que en su terrario de ambiente selvático necesitará también un gran recipiente con agua. Estas serpientes, que pueden alcanzar una longitud de hasta más de 1,5 metros, se alimentan de ratas y ratones. En dos partos ocurridos en cautividad, nacieron 40 y 37 crías de unos 28 cm de longitud. Eran bastante agresivas y al principio comían lagartijas; luego, ratones jóvenes. Su crecimiento fue muy lento y a la edad de tres años solo habían alcanzado una longitud de 64 a 75 cm.

La urutú (*Bothrops alternatus*) y la ferdelance (*Bothrops atrox*), así como *Bothrops nasutus* y la jararacá pintada (*Bothrops neuwiedi*), son especies más terrestres y que se reproducen en ocasionalmente en cautividad. Necesitan un terrario con buena calefacción y posibilidad de bañarse y se alimentan a base de pequeños mamíferos y a veces de pollitos. Doce urutús recién nacidas medían unos 20 cm de longitud y pesaban 15 gramos. Algunas de ellas rechazaron las ranas y lagartijas que se les ofrecieron y tuvieron que ser alimentadas a la fuerza. Una *Bothrops nasutus* que se había apareado en abril, dio a luz 12 crías de unos 15 cm de longitud; al principio hubo que alimentarlas a la fuerza con cabezas de ratones de un día.

Género Crotalus

Después de la hibernación, la mayoría de las especies hacen unas impresionantes exhibiciones de combates rituales y se aparean a continuación. Todas las serpientes de cascabel son vivíparas y traen al mundo, en función de su talla, de 6 a 60 crías que normalmente se alimentan sin problemas a base de pinkies.

Las crías de *Crotalus adamanteus*, por ejemplo, a los pocos días de nacer ya comen ratones de tamaño medio.

La serpiente de cascabel de los trópicos (*Crotalus durissus*) tiene un periodo de gestación extraordinariamente largo que dura de 240 a 270 días. La subespecie *Crotalus durissus terrificus* se ha reproducido muchas veces en cautividad. Las pequeñas cascabeles de un día de edad miden de 20 a 35 cm de longitud; y se desarrollan muy deprisa, ya que a los tres años de edad, uno de los ejemplares nacidos en cautividad ya era sexualmente maduro y medía 127 cm. Si se mantienen juntas varias especies y subespecies de serpientes de cascabel, no es raro que se produzcan hibridaciones. *Crotalus atrox* proviene de regiones de Norteamérica en las cuales, las estaciones son muy marcadas, en cautividad deberemos imitar esto. En Texas, un lugar muy habitado por *Crotalus atrox*, en invierno hace mucho frío y en verano mucho calor, y siempre con humedad bastante baja, esto lo imitaremos así:

Primavera - verano - otoño = se les colocará una bombilla de calor 12h diarias, y lo mantenemos en una habitación a más de 20°C.

Durante el invierno (con 8 semanas basta) = se les proporcionará una caja de madera con hojarasca seca y lo mantenemos alrededor de los 10°C, si baja mas no importa es bueno, pero que no suba de 10°C.

En primavera sacamos a las serpientes e introducimos la hembra y el macho en el terrario del macho. Se dejan juntas un mes, después se separan. La hembra es ovovivípara, buscará el calor y a medidos del verano dará a luz las pequeñas atrox, que serán separadas lo antes posible y alojadas individualmente.

Género Lachesis

Las bushmasters son ovíparas y producen alrededor de una docena de huevos por nidada. La hembra permanece con sus huevos durante la incubación y suele defender el nido de intrusos. Las crías tienen un tamaño promedio de 30 cm de largo y son más coloridos que los adultos. Se piensa que *Lachesis* es único entre los crótalos del Nuevo Mundo en poner huevos en lugar de dar a luz a crías vivas. Sin embargo, algunos informes sugieren que la especie *Bothrocophias colombianus* en Colombia es la única otra especie ovípara entre las víboras de foseta americanas

Género Sistrurus

Todas las especies de este género son vivíparas pero generalmente no suelen dar a luz más de 10 crías por parto. Los jóvenes de todas las especies miden de 15 a 24 cm al nacer y después de la primera muda empiezan a comer pinkies. La massasauga (*Sistrurus catenatus*) se alimenta en el terrario a base de ratones y ratas y si se le permite hibernar algunos meses a temperaturas bajas, luego estará predispuesta a reproducirse.

Sistrurus ravus necesita una temperatura diurna de 20 a 30 °C e hiberna a temperaturas algo más bajas.

La serpiente de cascabel enana de las llanuras (*Sistrurus miliarius*) también se ha reproducido en estas condiciones.

Género Trimeresurus

Para inducir a reproducirse a la víbora verde de labios blancos (*Trimeresurus albolabris*), conviene mantener a estas serpientes en verano a una temperatura de 27 °C durante el día y a 22°C durante la noche, y en invierno a 20°C. En el terrario se

obtuvieron en una ocasión partos de 17 a 21 crías y no todas parecían querer abandonar voluntariamente el corion que las envolvía. Medían unos 12 cm de longitud, pesaban 5 gramos y eran del mismo color verde que sus progenitores. Conviene alojarlas en recipientes de plástico individuales para evitar posibles actos de canibalismo. Si se les aguanta los ratones recién nacidos con unas pinzas, los detectan y los comen antes que si se les dejan en el suelo. Caso de tener que recurrir a la alimentación forzada, se emplearían tiras de corazón de buey enriquecidas con vitaminas y espolvoreadas con calcio.

La víbora verde de Pope (*Trimeresurus popeorum*), es una serpiente arborícola de color verde claro u oliváceo. Una hembra mantenida en cautividad dio a luz a 17 crías de una longitud de 20 cm y 6 gramos de peso. La madre media 80 cm y antes de la gestación pesaba 355 gramos; después de parir y a pesar de que había continuado comiendo durante todo el proceso de gestación, pesaba solamente 190 gramos. Al cabo de dos semanas y después de mudar por primera vez, todas las jóvenes serpientes comieron ratones recién nacidos sin que hubiese que intervenir para nada.

La víbora de los manglares (*Trimeresurus purpureomaculatus*) habita en los bosques de manglares de la costa; en el terrario se la puede mantener junto a *Trimeresurus albolabris*). Sin necesidad de ninguna estimulación externa, las hembras de víbora de los manglares paren de 3 a 11 crías que miden de 17 a 20 cm de longitud. Sin embargo, no todas son viables. Es frecuente que haya que alimentarlas a la fuerza con ratones recién nacidos. Una serpiente que empezó a comer por su cuenta desde el principio, duplicó su tamaño en un año.

La habu de Okinawa (*Trimeresurus okinavensis*) y la himehabu (*Trimeresurus flavoviridis*) han sido reproducidas en terrarios en su Japón natal. Es importante destacar que esta última especie puede parir vivas a sus crías o poner huevos que solamente necesitan unos pocos días de incubación.

3.3. Trabajo de campo sección reproducción

Jorge Barros es cuidador de serpientes venenosas en Florida (USA) desde hace varios años, pertenece a la Asociación de Cuidadores de Serpientes Venenosas de este mismo estado. A través de Internet se contactó con él para realizarle una serie de preguntas sobre el manejo de estas especies, así como de la seguridad y los posibles riesgos económicos y legales que envuelve este trabajo.

Buenos días Jorge Barros, primero de todo, ¿cuál es su experiencia con serpientes venenosas?

Personalmente, llevo manteniendo y dedicándome a estas especies durante varios años y por ahora me veo con la finalidad de ayudar a la gente a tomar buenas decisiones al adentrarse en este mundo, y por supuesto lo hago dentro de mi humilde experiencia.

¿Qué factores hay que tener en cuenta a la hora de iniciarse en este mundo?

Muchas personas se preguntan con cuál empezar, cuál es la mejor opción, y se deja llevar por comentarios, consejos, modas, y muchas veces se adquieren las que mejor se ajustan al presupuesto, dejando de lado factores importantes como la pericia o experiencia que pueda tener o no a la hora de manejarla, a la hora de mantenerla en óptimas condiciones, la disponibilidad de sueros en su zona, etc.

¿Cuál es la mejor manera de empezar con estas especies en cuanto al manejo?

La mejor manera de empezar es manejando una gran cantidad de serpientes NO-venenosas que impliquen un considerable riesgo de terminar mordido y que definitivamente agudizan tu capacidad de dirección y reacción ante otras más peligrosas.

Hay que tomar en consideración diferentes factores, no sólo la agresividad, también debemos considerar animales que tengan similar comportamiento, mismos hábitat, y una gran semejanza corporal, o sea que tengan las mismas formas y por ende movimientos y reacciones muy similares.

En la asociación de cuidadores de la Florida USA es común ver estudiantes que se preparan para la manipulación de venenosas entubar fácilmente un ejemplar venenoso, pero verlos pelear minutos con una serpiente de agua “watersnake”. Yo tuve la oportunidad de ver a dos muchachos manipular exitosamente dos *Bothriechis lateralis* y terminar todos mordidos por una ratsnake asiática que ahora no recuerdo bien cual

fue. Además de que hay que tomar muy en cuenta que con los años los animales se van habituando a la manipulación de sus dueños y muchas veces las reacciones de ellos nos pueden sorprender, hay muchas personas que mantienen venenosas hace muchos años pero fueron mordidos tratando de hacer pining (sujetar por la cabeza) a un ejemplar aparentemente fácil en un bosque, o comprando un ejemplar que resulto siendo de captura, por lo que la atención debe ser máxima y el proceso de aprendizaje y les será difícil de manejar; esta última técnica es la más usada con ellas, siempre usando un gancho para controlar la cabeza, ya que la fuerza que tiene al tratar de embestir podría hacerla zafar fácilmente de nuestra mano en la cola.

Además de los ganchos, ¿qué otro instrumental es imprescindible?

Los guantes. Son de mucha ayuda como apoyo para manejar un animal rebelde acompañados de los ganchos, aunque también he visto mucho inexperto pensando que puede realizar un pining con ellos y eso está muy lejos de ser verdad, debido a la pérdida notoria de sensibilidad y capacidad motora de nuestras manos por lo cual yo los aconsejo ampliamente “SOLO” como apoyo para otras actividades, pero no para un pining.

En cuanto al terrario, ¿nos podría explicar los elementos más importantes que deben colocarse, tanto en relación con el animal como con la seguridad?

El terrario debe albergar un ser vivo y por ende debe poder mantener las condiciones óptimas para que el animal a mantener pueda llevar una vida plena dentro de él, pero también, como bien has comentado, debe satisfacer todas las medidas de seguridad que conlleva mantener estos animales potencialmente mortales, esa seguridad es hacia el animal, hacia nosotros y hacia terceras personas.

Hay terrarios con puertas colocadas arriba y otras colocadas al frente, en ese aspecto hay muchas opiniones y yo particularmente no tengo preferencia, mis terrarios las tienen en frente.

La jaula en sí debe ser hecha con materiales resistentes, a prueba de golpes, de humedad y de cualquier accidente que pueda ocurrir en nuestro cuarto de animales. Los cristales en mi opinión deben ser de 10mm por lo menos, y obligatoriamente contar con cerrojos o candados en las puertas a prueba de terceras personas.

Un anécdota que les quiero contar es acerca de un muchacho de aproximadamente 18-20 años que vi en el Hospital de Palm beach Florida mordido por una serpiente (nunca

supe que fue). Mientras estuve allí me pude enterar de que el accidente fue por una mordedura a través de la rendija de ventilación, lo que me pone muy pensativo, ya que por ejemplo yo uso los afamados vision cage para mantener mis serpientes, me parecen lo mejor que hay, pero estoy seguro que moviéndolos alguna vez puse la mano o un dedo o parte de él encima de alguna rejilla de ventilación lo que pudo haber ocasionado un fatal accidente, ya no hablemos de terrarios caseros o de sencillos trasportines, así que por favor tomen esto de la ventilación muy en serio a la hora de diseñar un terrario seguro.

El terrario, como dije antes debe tener un candado o cerrojo, a prueba del mejor de los curiosos, cristales gruesos, etc. Yo les tengo puestos a todos mis terrarios unas etiquetas de advertencia, donde se ve claramente que son potencialmente peligrosos, otra etiqueta con el nombre “popular o común” del animal y por supuesto el científico (ya que es información de primer orden a dar a conocer en un hospital a la hora de accidentes), también tengo una cartelera de corcho en la pared con una advertencia a color bastante grafica, los teléfonos de los hospitales cercanos, servicios de ambulancias, centro con antidotos, el 911, los bomberos y todos los relacionados con una posible e inmediata ayuda, los nombres y números telefónicos están en negrilla y resaltador amarillo, también tengo una tabla de procedimientos de primeros auxilios, con los datos de los animales y datos míos (como, peso, edad, etc.) para dar la información a las personas que nos estén socorriendo, tengo el numero de los centros que poseen los sueros y que están cercanos a los hospitales para su pronto traslado, adicionalmente y debido a donde vivo lo tengo en ambos idiomas.

Cuento con pocos terrarios para venenosas, y todos están en el mismo cuarto, un cuarto en donde no entra nadie, salvo mi esposa y yo, en el peor de los casos, ese cuarto es casi hermético por lo cual nada podría salir del mismo.

Un consejo que suelo dar a los más jóvenes es que no engañen a padres, hijos y amigos, a veces para poder obtener el permiso o aceptación necesaria en nuestras casas, no decimos la verdad, o restamos importancia al asunto. Yo nunca lo hice, y hoy en día le cuento todo a mi esposa, cosa que no se toma del todo bien, pero es necesario que todos en casa estén 100% conscientes de lo que tienen y 100% preparados para actuar en una emergencia. Los niños y adolescentes son un peligro por la curiosidad que tienen, entonces recordemos que si no estamos presentes, los demás miembros de la familia que si estén van a pasar a ser parte fundamental en la seguridad, ya que en mi ausencia,

estoy seguro que mi esposa no dejara entrar a nadie a esa habitación, lo cual me tranquiliza muchísimo.

¿Cuáles son los errores básicos y más comunes que se cometen?

No mantener o medir la distancia que se debe tener entre uno mismo y el animal, muchas veces nos sorprenden. Aunque no es comparable les contare mi experiencia con las *Corallus hortulanus*, o boas de árbol del Amazonas, hacía mucho tiempo que no tenía y hace unos meses empecé con ellas otra vez, pues al estar desacostumbrado no les tome bien la distancia, y el primer mordisco que intentó darme estuvo a escasos 20cm. de mi cara, no recordaba el rango de acción de la mordida, lo que puede proyectarse ese animal, pues lo mismo me podría haber pasado por desconocimiento o por desconfianza. Ahora volviendo a las venenosas, hace poco descubrí por que le llamaban jumping viper a las (*Bothrops nummifer*), después de tomarle bien la distancia y más o menos a la tercera manipulación descubrí que en el intento de mordida pueden incluso levantar su cuerpo del suelo en su totalidad. Por lo que son errores muy comunes con especies nuevas y no muy conocidas para nosotros, o bien diferentes tamaños dentro de las mismas.

Otro error como mencione arriba es el de los dedos en donde no deben estar, las rejillas de ventilación, agujeros de tornillos, canales de puertas, trasportines, etc., muchas veces el animal morderá habiendo alguna superficie de por medio, pero un diente puede pasar fácilmente por allí acusándonos un daño considerable.

La falta de concentración, muchas veces se pierde la concentración en lo que estamos haciendo e incurrimos en la irresponsabilidad de perder de vista al animal, olvidar cerrar bien la jaula, poner el cerrojo, y otros tanto errores, así que por favor olvídense de estar hablando con otras personas (desocupar el cuarto es lo mejor), escuchar música, fumar, comer, beber, y cualquier otra actividad que nos saque de foco.

El mal uso, o uso de herramientas de poca calidad, como lo explique más arriba esto puede ocasionar disgustos, acuérdense que por física elemental a la romperse una barra que estamos sujetando, la punta (con todo y animal) vendrá hacia nosotros. El uso de herramientas muy cortas o equivocadas, he incluso el mal uso de la mejor de ellas. Errores al practicar el tan soñado pinning o al entubar, recuerden que el pinning debe hacerse solo con mucha práctica y en mi opinión cualquier contacto con el animal que hagamos con nuestras propias manos debe hacerse solo si es 100% necesario, de lo contrario no hay por qué exponerse. Entubar al animal es lo mejor en mi opinión.

Y por último, que yo recuerde por los momentos, es la confianza, esta última “nos traiciona a todos”... El hecho de tener experiencia con algunas venenosas no nos convierte en expertos con otras especies, yo hace poco hablando con un compañero le conté mi experiencia con una cobra real, el cómo llegó a intimidarme y lo mal e inseguro que me sentí tratando de dominarla, es un animal que yo “particularmente” no pienso tener. Por eso el que alguien tenga 5 años manejando crótalos no tiene garantía de hacerlo bien con algún elápido rápido y por eso ocurren accidentes, ya que todas las especies tienen diferentes reacciones y movimientos a los cuales hay que responder con diferentes procedimientos y no engañarnos acerca de nuestra experiencia con venenosas ya que dentro de ellas hay diferencias que van del cielo a la tierra.

Dejando de lado los temas científicos, en la región dónde usted vive ¿tiene idea de la responsabilidad civil, los posibles riesgos económicos y los posibles riesgos legales y penales en los que se puede estar inmerso si se produce un escape, una mordida, etc.?

Yo vivo en los Estados Unidos, específicamente en el estado de la Florida, y tuve que sacarme una licencia para la tenencia de venenosas, en donde tuve que comprobar y demostrar una cantidad de habilidades y de horas de experiencia para obtener la licencia, además de otros requisitos como lo fueron la revisión de mi casa e instalaciones destinadas para tal fin por parte del departamento llamado “Florida fish and Wild live” el cual determinó si estaba acorde con las normas de seguridad y regulaciones que establece dicho ente, pagar un cuota anual de \$100 entre otras tantas cosas, adicionalmente se reservan el derecho de inspeccionar mis instalaciones cuando les dé la gana y las veces que les dé la gana para el otorgue, prorroga o revocación de la misma, por cierto cabe destacar que dichas normativas no son sencillas y aunque las veo lógicas sé por experiencia que el 60% de las casas de cuidadores de venenosas que he visitado en todo el mundo no cumplen con el 80% de las normas que tendrían que cumplir, esto lo digo a nivel de reflexión...

Yo vivo en una sociedad muy inquisitiva que no da derecho a equivocaciones porque enseguida te devoran vivo, cada cual adaptará lo que digo a su entorno y realidad... Por lo que un accidente de este tipo no dará la menos tregua hacia la persona responsable. Una mordida, puede quitarte la vida o en el mejor de los casos dejarte mutilado, deforme, o con secuelas y daños de por vida.

Un accidente de este tipo es muy costoso, si tomamos en cuenta la gravedad de lo que una mordida puede implicar clínicamente, sabiendo que el promedio de costos de un solo día de hospitalización en este país puede superar los \$4000, imagínense lo que costará estar un mes, dos o tres, o sólo un par de semanas. Viendo los precios de los sueros-antídotos del Miami-dade FIRE Rescue pude observar que una ampolla puede llegar a costar \$900 -a veces un poco menos y muchas veces un poco más-, y teniendo en cuenta que algunas mordidas pueden necesitar hasta 30 ampollas, tendrán bases para hacerse una idea de lo que representa en términos de dinero este accidente, hablamos de facturas de \$80.000 - \$90.000 dólares, he incluso mucho más -también mucho menos-, pero que sin un muy buen plan de seguros arruinará seguro financieramente a cualquier familia durante un par de generaciones. Aunque muchas veces, teniendo un plan de seguros bueno, puede ser igual de destructor por que recurren a algunas cláusulas que son difíciles de afrontar.

Muchos seguros pueden o no cubrir este tipo de accidentes, incluso sé de un caso que fue mordido en el bosque y el seguro cubrió pero primero leyó el informe de la policía que decía que efectivamente fue en el bosque, que de ser en su casa “a lo mejor” hubiesen tratado de darle la vuelta “quién sabe?”.

En estos casos, la policía puede ir a tu casa y constatar si eres o no cuidador y de constatar que lo eras sin licencia júralo que incurres en un crimen y que el seguro no cubrirá nada de tu cuenta, tendrás un problema legal y estarás arruinado financieramente, y a todas estas no hemos nombrado el daño corporal que puede variar muchísimo, por cierto, en algunos países aunque mueras le dejaras “la cuenta” a tus familiares.

Si el mordido es una tercero, prepárate, una posible demanda te viene en camino, y si no tienes un seguro que cubra accidentes dentro de tu casa podrás perder esta misma casa, eso sin hablar de cargos penales y criminales si es causado por un escape o similar irresponsabilidad.

Pero claro que todo dependerá del país en el que vivas. Cuando viví en Venezuela, llevamos a un mordido por serpiente al hospital de Coche (el encargado en estos menesteres en Caracas) estuvo una semana y no pagó nada, creo que “colaboró con algo” pero fue irrisorio, un paraíso vaya. Pero en Canadá hay un caso famoso de un muchacho al que se le escapó una tarántula y el juez le levanto varios cargos, uno por tenencia de animales peligrosos, otro por cargos criminales (por el escape) y así sucesivamente, unos de \$3000 otros de \$4000 y otros de \$2000 hasta que sumo la linda

cifra de \$22000 que adicionalmente tendría que pagar en un plazo de un año o iría preso, y ese año estaría en probatoria.

Ya para acabar, todo esto que explica es en cuanto a USA, ¿pero qué opina de la situación legislativa de este tipo de animales en España?

La verdad es que no podría darte una respuesta 100% segura; puesto que en España recientemente se está moviendo el tema de leyes y regulaciones en este sentido. Básicamente fue en el 2010 cuando se empezó con toda esta parafernalia (según mi opinión al considerar las leyes para estos animales)... Y digo parafernalia porque las leyes están elaboradas por gente sin criterio o sin conocimientos al respecto, sin ir muy lejos en Madrid aplicaron (por flojera, ignorancia o comodidad, solo Dios sabe) la misma regulación que se usa para perros y englobaron todo dentro de "potencialmente peligrosos", poniendo al mismo nivel que todos los reptiles de más de 2kg, cocodrilos, peces, anfibios y artrópodos venenosos ¡¡¡incluso se cometió esa estupidez de catalogarlos según su peso...!!! Esta ley concretaba que para la tenencia de este tipo de animales era necesario:

- Permiso de tenencia de animales potencialmente peligrosos
- Seguro de responsabilidad civil de 120.000 euros
- Microchip del animal
- Permiso del ayuntamiento para su tenencia.

Los amigos españoles que tengo que han tratado responsablemente de tener todo en orden se han caído en el último paso, el Permiso del ayuntamiento para su tenencia, cuando tendría que ser el primero, el permiso de tenencia de animales potencialmente peligrosos.

Todavía hay vacíos legales, contradicciones y disparates que se están discutiendo actualmente, si a eso le sumas que cada provincia o comunidad autónoma hace las cosas como les da la gana independientemente de lo que haga el vecino pues tenemos una disparidad de criterios y opiniones bárbara...

Leyes ya hay, cosa que antes no había, pero la cosa está en conocerlas todas según la zona en que te encuentres...

Muchas gracias por su paciencia y su amabilidad.

4. USOS CIENTÍFICOS DE LAS SERPIENTES VENENOSAS

4.1. Introducción

Las serpientes venenosas tienen actualmente varios usos en nuestra sociedad, pero el más destacable es la producción de sueros antitoxina. Los sueros antitoxina o antivenenos son el único tratamiento específico para las mordeduras de serpientes venenosas. Se producen a partir del fraccionamiento de plasma obtenido generalmente de grandes animales domésticos hiperinmunizados ante los venenos deseados. Menos frecuente pero no importante es la elaboración de sueros antitoxina a partir de pequeños animales. Cuando se inyecta en el paciente envenenado, el suero neutralizará cualquier de los venenos usados en su producción, y en ocasiones también neutralizará venenos de especies relacionadas.

Históricamente, para la preparación del antiveneno, se usó suero entero separado de la sangre de caballos hiperinmunizados. Pero más tarde se descubrió que los anticuerpos (inmunoglobulinas) eran la molécula activa responsables de la acción terapéutica y entonces se empezó a usar el proceso de purificación de las inmunoglobulinas (o fragmentos de inmunoglobulinas) en lugar del suero crudo.

Hoy en día, la plasmaféresis, donde los eritrocitos son reinyectados en el animal donante durante las primeras 24 horas seguidas a la recolecta de sangre, se usa comúnmente para reducir los casos de anemia en el animal hiperinmunizado. Por consiguiente, el plasma es preferible al suero par usar como materia prima en la obtención de las inmunoglobulinas. Los términos “suero antimorderura de serpiente” o “suero antitoxina” se usan normalmente, pero “inmunoglobulina antiveneno de serpiente” es el término más adecuado.

4.2. Trasfondo epidemiológico

El envenenamiento y muerte derivados de la mordedura de una serpiente es de particular importancia para la salud pública en áreas rurales de África, Asia, Latinoamérica y Nueva Guinea, siendo los agricultores y niños los grupos más afectados. La mayoría de víctimas no son tratadas en centros gubernamentales, por lo que no quedan registradas correctamente y la incidencia de la mortalidad y morbilidad global está subestimada. Otro obstáculo para la estimación real de esta incidencia es que

el certificado de defunción por mordedura de serpiente es a menudo impreciso. Las estimaciones publicadas referentes a este tema presentan unos valores que van de los 421.000 envenenamientos y 20.000 muertes hasta los 2,5 millones de envenenamientos y 100.000 muertes anuales.

* Puntos clave:

- Mejorar la formación del personal médico incluyendo las causas locales, manifestaciones y tratamientos de las mordeduras de serpiente venenosa.
- Establecer las mordeduras de serpiente venenosas como enfermedad de declaración obligatoria.
- Crear encuestas epidemiológicas coherentes y estandarizadas.
- Mejorar la presentación de informes y registros en hospitales, clínicas, dispensarios y centros de atención primaria, relacionando la mordedura con las especies de serpiente venenosa causante siempre que sea posible.
- Realizar correctamente los certificados oficiales de defunción.

4.3. Distribución mundial de las serpientes venenosas

Basándose en la literatura herpetológica y médica actual, es posible priorizar parcialmente las especies de serpientes que son de más relevancia médica en diferentes regiones. Como ya hemos comentado antes, la estadística detallada de las especies responsables. Establecer una lista de especies médicamente importantes para diferentes países, territorios y otras áreas se basa en la extrapolación de los pocos estudios conocidos, así como de la biología de las especies de serpientes en cuestión. Las especies componentes de esta lista son:

- aquellas que son más comunes o generalizadas en áreas con grandes poblaciones humanas y que causan numerosas mordeduras, resultando en altos niveles de morbilidad, discapacidad o mortalidad entre las víctimas; o
- especies que causan envenenamientos con una mayor amenaza para la vida pero no producen un alto número de mordeduras; o
- especies poco conocidas pero que se sospecha que entran en esta categoría.

El veneno de estas especies debe ser considerado como punto inicial para establecer objetivos importantes en la producción de antiveneno.

Hay otras especies de serpiente que rara vez muerden a los humanos pero que son capaces de causar un envenenamiento severo o mortal. En algunos casos existe neutralización cruzada de venenos mediante antivenenos poliespecíficos (e.g. géneros *Agkistrodon*, *Porthidium*, *Bothriechis* o *Atropoides*). En otros, no hay neutralización cruzada efectiva y los fabricantes pueden considerar necesaria la producción de un pequeño volumen de antiveneno monoespecífico para evitar casos esporádicos pero potencialmente mortales (e.g. serpiente negra del desierto (*Walterinnesia aegyptia*) o la cobra real (*Ophiophagus hannah*)). Finalmente, no existen antivenenos actualmente contra la mordedura de especies como por ejemplo la víbora africana de cascabel (*Atheris*, *Proatheris*) o otras víboras africanas, del sureste Indio y Sri Lanka.

Una alternativa a la producción de antiveneno para estas especies menos comunes, es la fabricación de antivenenos poliespecíficos para grupos ampliamente distribuidos que compartan componentes similares en el veneno.

También hay un número de serpientes marinas con un potente veneno capaz de causar enfermedades o la muerte. El mejor antiveneno para serpientes marinas de la actualidad está creado a partir del veneno de una de ellas, *Enhydrina schistosa*, junto con el de una serpiente terrestre, *Notechis scutatus*.

* Puntos clave:

- La identificación de las serpientes venenosas de mayor importancia médica y causantes la mayor parte de lesiones, discapacidades y/o mortalidad es vital para encontrar antivenenos efectivos.
- El apoyo a la capacidad local para producir veneno como medio para garantizar que los inmunógenos del veneno de poblaciones geográficamente representativas de especies médicamente importantes de serpiente son usados en la producción de antiveneno debe mejorar la especificidad de los antivenenos.

4.4. Proceso de elaboración de sueros antitoxina

Diseño del antiveneno: selección del veneno de serpiente

La selección de los venenos más adecuados para la producción de antiveneno necesita ser cuidadosamente analizada y debe tener en cuenta:

- la región geográfica donde será usado el antiveneno.
- las especies médicamente más relevantes de esa región.
- la variabilidad de composición del veneno de una misma especie en esa región
- la información sobre la neutralización cruzada de antivenenos ante venenos de especies no incluidas en la mezcla de venenos usados para inmunizar a los animales para la fabricación de antiveneno.

Un tema importante en el diseño del antiveneno es definir si tienen que tener actividad monoespecífica o poliespecífica.

Los antivenenos monoespecíficos tienen el uso limitado para una única especie de serpiente venenosa o para un grupo pequeño de especies relacionadas que presenten neutralización cruzada. Estas condiciones se aplican en áreas donde:

- solo hay una especie médicamente importante (e.g *Vipera berus* en el Reino Unido i Escandinavia)
- un simple análisis de sangre, adecuado incluso para centros de salud periféricos, con el que se define a la especie mordedora (e.g detección de sangre coagulada en el tercio norte de África donde solo *Echis* spp causa coagulación de la sangre)
- una simple aproximación algorítmica permite deducir las especies de un patrón de características clínicas y biológicas.
- existe un test inmunodiagnóstico rápido, fiable y asequible para identificar las toxinas sin ambigüedades.

Por su parte, los antivenenos poliespecíficos están recomendados en países habitados por varias especies de relevancia médica y donde no hay síndromes clínicos distintivos que dirijan el uso de un antiveneno monoespecífico. Pueden crearse mediante la inmunización de animales con una mezcla de venenos de diferentes especies. El antiveneno obtenido contendrá anticuerpos contra los componentes de los diferentes venenos. Existen otras dos formas de obtenerlo:

- inmunizando animales diferentes con el veneno de una sola especie y después mezclar diferentes plasmas hiperinmunizados para el fraccionamiento; o
- mezclando cantidades adecuadas de antivenenos purificados pertinentes antes de la formulación. En este caso es importante monitorizar la potencia de cada antiveneno monoespecífico para garantizar que la potencia de la mezcla en el producto final es consistente.

En algunas regiones, se puede distinguir diferentes presentaciones clínicas (neurotóxica, daño tisular local y/o perturbaciones hematológicas), por lo que se justifica la preparación de antivenenos poliespecíficos separados ante cada una de ellas.

* Puntos clave:

- Cuando se seleccionen los antivenenos las autoridades sanitarias nacionales primero deben obtener y considerar la información de las especies locales y su relativa importancia médica.
- El diseño de la mezcla de veneno usada en la inmunización, y la decisión de preparar antivenenos monoespecíficos o poliespecíficos, dependen de la información epidemiológica y clínica referente a las mordeduras de serpiente en ese territorio en particular.
- Debido a la dificultad para identificar clínicamente las especies de serpiente responsables del envenenamiento, el uso de antivenenos poliespecíficos adecuados a la zona geográfica es más conveniente que no el uso de un antiveneno monoespecífico.
- La preparación de antivenenos mediante la inmunización de animales con una mezcla de venenos de serpientes relacionadas taxonómicamente puede resultar en un mayor título de antiveneno.
- Un fabricante que solicite una autorización para comercializar antiveneno en una región específica, debe mostrar evidencias experimentales de pruebas preclínicas de que el producto presenta capacidad de neutralización ante los diferentes venenos locales.

Preparación y almacenamiento del veneno de serpiente

El veneno se usa tanto para hiperinmunizar los animales, dentro de la producción de antiveneno, como para proporcionar muestras referencia para la evaluación rutinaria o preclínica de la potencia de los antivenenos. Los venenos usados deben ser representativos de la población de serpientes de la zona donde el antiveneno será distribuido. Para ello, es indispensable que se recolecten juntos el veneno de no menos de 20-50 especímenes.

Los productores de veneno deben seguir rigurosamente las siguientes recomendaciones y proporcionar pruebas del cumplimiento de:

- origen geográfico y tamaño (y por lo tanto, la edad aproximada) de cada una de las serpientes usadas en el proceso.
- detalles taxonómicos de cada serpiente usada.
- aplicación correcta de los documentos CITES (Convention on International Trade in Endangered Species) en el caso de especies en peligro de extinción.
- medidas preventivas en para evitar recolectar veneno de serpientes enfermas.
- identificación individual de serpientes que contribuyen en cada lote.
- trazabilidad de cada lote de veneno.

También es muy recomendable que cumplan lo siguiente:

- congelar rápidamente del veneno después de la recolecta.
- liofilizar el veneno en almacenamientos a largo plazo.
- confirmación de la similitud entre lotes de veneno del mismo origen.

Producción de veneno de serpiente para la inmunización

Todas las nuevas serpientes adquiridas deben estar en cuarentena un mínimo de 2 meses en una sala especial (“sala de cuarentena”) que debe estar localizada lo más lejos posible de la “sala de producción” donde se mantiene las serpientes calificadas para ser ordeñadas. Las serpientes enfermas deben ser tratadas y su cuarentena tiene que extenderse hasta 2 meses una vez totalmente recuperadas clínicamente. Los animales enfermos encontrados en la “sala de producción” pueden ser tratadas *in situ* pero no pueden ser ordeñadas. Si se usa un tratamiento antibiótico, la serpiente no puede ser ordeñada durante las 4 semanas siguientes al final del tratamiento. Cuando están bien mantenidas, las serpientes adultas pueden vivir en una granja de serpientes durante 10 o más años.

Es preferible ubicar a las serpientes en terrarios separados suficientemente grandes para permitirles moverse. Decenas de terrarios pueden ser acomodados en la misma “sala de producción”, proporcionando un espacio suficiente para el mantenimiento y el ordeño. En el acceso a la sala debe haber una bandeja que contenga un antiséptico, de forma que el calzado toda la gente que entre sea automáticamente tratado. El acceso debe ser restringido al personal responsable de su mantenimiento. La sala tiene que estar cerrada, con cualquier ventana cerrada permanentemente o protegida por barrotes y mosquiteras. Se debe evitar tener simultáneamente abiertas dos puertas y el espacio debajo de éstas no debe ser superior a 3mm. Serpientes de la misma especie, recogidas al mismo tiempo deben ser ubicadas en el mismo rack.

Cuando hay diferencia entre la composición del veneno de un ejemplar joven o adulto de la misma especie, como en el caso de las especies *Bothrops* i *Crotalus*, el veneno de cierta proporción de individuos jóvenes puede ser mezclado con el de adultos. Las serpientes son alimentadas normalmente después de ser ordeñadas, idealmente con ratones muertos u otras presas adecuadas a las diferentes especies de serpientes.

En la granja de serpientes, además de las salas dedicadas a la producción y mantenimiento de serpientes, también debe haber espacio para salas de limpieza de los terrarios, cría de ratones y ratas, almacenamiento y conservación del veneno producido o laboratorios de control. Es deseable que en sala de limpieza se disponga de dos conjuntos de limpieza, uno de grande para el equipamiento de producción de veneno y otro más pequeño para el equipamiento del área de cuarentena. La cría de ratones y ratas no se puede llevar a cabo en la misma sala debido al estrés que las ratas producen en los ratones. Si se cría una serpiente en la granja, son necesarios una incubadora de huevos y salas especiales para recién nacidos. Cuando sea posible, disponer de un pequeño laboratorio para realizar controles de calidad puede llegar a ser es muy útil.

A continuación se describirá el proceso de obtención del veneno, es decir, el ordeño. Todas las operaciones deben ser descritas en procedimientos escritos, que tienen que ser comprobados y revisados periódicamente de acuerdo con un documento maestro. Los pools de veneno requieren números de lote únicos, y los venenos que contribuyen a formar el pool deben ser trazables. El intervalo entre ordeños es variante y oscila entre

cada 2 o 3 semanas hasta cada 2 meses, excepto para especímenes que están en cuarentena o bajo tratamiento y serpientes en proceso de cambio de muda.

La serpiente se retira del terrario suavemente con un gancho y se coloca sobre una almohadilla de goma espuma antes de ser sujeta por detrás de la cabeza. Para especies muy peligrosas, el uso de anestesia general de corta acción, o frío moderado (15°C) durante el ordeño, puede considerarse para disminuir el riesgo de accidente tanto para la serpiente como para el manipulador. Para recolectar el veneno, se agarra la cabeza de la serpiente entre el dedo pulgar e índice, justo detrás del ángulo de la mandíbula, mientras el cuerpo



Fig. 10. David Bitis ordeñando una víbora del Gabón

de la serpiente se sostiene entre el tronco y el brazo del manipulador (fig. 10). Un asistente puede ocluir suavemente la cloaca de la serpiente para prevenir la contaminación de la zona por heces. Aplicando una suave presión, se fuerza la apertura de las mandíbulas, la exposición de los colmillos, y en el caso de las víboras, la erección de éstos. Los colmillos se empujan a través de una membrana de plástico/parafilm enganchado sobre el borde de un recipiente de vidrio, y el veneno se expulsa. El uso de contenedores de silicona minimiza la adhesión de veneno en las paredes del recipiente. Cualquier muestra de veneno contaminada con sangre debe ser desechada. Después de la extracción del veneno, los colmillos son cuidadosamente retirados del recipiente de recolección, previniendo posibles daños en la boca y dentadura, así como evitando que la serpiente se muerda a sí misma. Después de cada ordeño, los materiales utilizados deben ser esterilizados y seguidamente enfriados con una corriente de aire. A la vez que se ordeña, se puede comprobar el estado bucal y de los dientes de la serpiente, así como examinar la presencia de ectoparásitos o pentastómidos. El ordeño también se aprovecha para realizar mientras tanto la limpieza y desinfección del terrario.

Diferentes serpientes del mismo grupo (misma especie o subespecie recogidas en la misma área al mismo tiempo) pueden ser ordeñadas en el mismo recipiente. Es importante para la mayoría de venenos ser congelados rápidamente a -20°C o menos grados en la hora siguiente a la extracción.

Es importante identificar el vial en el que el veneno se ha recolectado con un número de referencia adecuado, que permite saber las serpientes usadas, el día del ordeño, el nombre del operador y otra información importante. Durante el ordeño, se recomienda vestir ropa protectora y una máscara así como guantes de vinilo para prevenir accidentes e infecciones. El equipo usado para el almacenaje del veneno congelado y liofilización, debe ser lavado para evitar contaminaciones cruzadas.

También es posible recolectar veneno de serpientes salvajes. En este caso, el equipo de recolección debe incluir un herpetólogo o zoólogo para identificar las serpientes. Las serpientes que se encuentren enfermas, heridas o hembras grávidas no deben ser ordeñadas. El manejo y ordeño de la serpiente se debe realizar en un ambiente donde haya el menor riesgo de contaminación externa, como por ejemplo el interior de un vehículo. El veneno obtenido debe ser congelado lo antes posible.

Personal responsable del manejo de las serpientes

Ordeñar es una operación peligrosa, pues se han documentado casos de mordeduras y el consiguiente envenenamiento. El personal debe estar bien entrenado y debe entender el riesgo de ser mordido y envenenado. Para evitar esto, se debe usar ropa protectora, cubrirse los ojos con gafas (sobre todo con serpientes escupidoras). Si el veneno está liofilizado o desecado, ya que los aerosoles que se forman pueden afectar a las personas a través de heridas o membranas mucosas y del ojo.

En caso de mordedura se debe pedir ayuda, devolver la serpiente a su terrario o caja y transportar la víctima a un área designada para primeros auxilios. Una inmovilización inmediata aplicando presión es adecuada para tratar mordeduras que contengan venenos neurotóxicos. En caso de entrar en contacto con los ojos, es urgente una irrigación con un volumen generoso de agua limpia. Como precaución, toda víctima debe ser trasladada a un hospital. Llevar la etiqueta identificadora de la serpiente causante de la mordedura resulta de gran ayuda para garantizar una buena elección con el antiveneno .

* Puntos clave:

- Las granjas de serpientes bien gestionadas son la clave para la producción de preparados de veneno que cumplan los requisitos para una efectiva producción de antivenenos.
- Los procedimientos de mantenimiento, manejo y ordeño de las serpientes, así como todos los aspectos de la recolección de veneno deben estar adecuadamente documentados y programado
- Los venenos usados en la preparación de antiveneno deben ser representativos de la población de serpientes de una zona concreta (mínimo 20-50 muestras)

Un fabricante de veneno debe ser capaz de demostrar lo siguiente:

- La identidad taxonómica y origen geográfico de cada uno de los animales usados para la producción de veneno deben ser conocidos y registrados.
- La ubicación, alimentación y manejo de serpientes debe seguir protocolos documentados.
- El personal tiene que estar bien entrenado y debe trabajar bajo medidas de salud y seguridad.
- No se debe ordeñar animales enfermos, y estos deben establecerse en cuarentena.
- La trazabilidad de cada lote de veneno debe estar garantizada.
- Los venenos deben ser congelados como antes posible, como mínimo durante la primera hora.

Control de calidad de los venenos

Es vital identificar con precisión las especies de cada serpiente usada para la producción de veneno y la taxonomía debe ser validada por un herpetólogo competente. Para ello, tradicionalmente se usan características como por ejemplo el patrón de colores, aunque actualmente también se usa el análisis de ADN. Toda la información referente a cada lote individual de veneno debe estar disponible ante la solicitud de un auditor o ante un control de las autoridades. En el caso de almacenamiento a largo plazo, los venenos pueden ser resecados regularmente para garantizar el contenido mínimo de agua, para mantener su estabilidad.

Debido a la gran variedad en la composición de los venenos incluso de una misma especie se recomienda que se establezcan unas referencias nacionales que cubran en su totalidad la variabilidad interespecie. Establecer venenos de referencia garantiza que los antivenenos producidos serán probados contra los venenos más relevantes de países y regiones específicas. Es responsabilidad del productor de veneno proporcionar toda la información referente a las serpientes usadas en el proceso, los controles de calidad y los estudios preclínicos. Ésta información debe ir incluida en el dossier técnico junto a la autorización de comercialización de cualquier antiveneno.

Además de toda la información anteriormente comentada, también se tiene que añadir información bioquímica y biológica. Ésta puede incluir el análisis de:

- Características bioquímicas del veneno:
 - o concentración de proteínas.
 - o perfiles de la cromatografía de exclusión de tamaño
- Actividad enzimática y toxicológica del veneno:
 - o dosis letal media (DL₅₀)

* Puntos clave:

- El control de calidad del veneno es esencial para garantizar que es representativo de la zona donde se quiere distribuir el antiveneno
- La trazabilidad de cada veneno es importante para la detección rápida de cualquier error que pueda ocurrir durante el proceso de preparación.
- Información bioquímica y biológica adicional se debe presentar además de la ya comentada anteriormente.

Selección y atención veterinaria de los animales usados para la producción de antivenenos

Antes de que un animal sea introducido en la manada usada en un programa de producción, debe ser sometido a un periodo de cuarentena (según el país, de 6 a 12 semanas). Después del periodo de cuarentena, si el animal está sano según un examen veterinario, y los resultados de varias pruebas serológicas dan negativo, el animal se puede incorporar a la manada. En el caso de caballos y otros équidos, los animales de entre 3 y 10 años son normalmente incluidos en el programa de producción. En el caso de las ovejas, los animales que se retiran de la producción de lana han demostrado

capacidad para producir anticuerpos útiles durante varios años. No hay ninguna raza preferida, pero en general los caballos y ovejas grandes son preferibles porque con ellos se obtienen grandes volúmenes de sangre.

Dependiendo de la localización epidemiológica, los animales deben ser vacunados contra el tétanos y posiblemente otras enfermedades endémicas como la rabia, influenza equina, ántrax o brucelosis. El personal que entre en contacto con estos animales debe ser vacunado contra la rabia y el tétanos. Hay que tener un registro individual para cada animal usado en el programa de inmunización. La respuesta inmunitaria ante los componentes de los venenos debe ser seguida para detectar cuando el animal alcanza un título adecuado de antiveneno.

Si un animal muestra algún signo de enfermedad, debe ser retirado del programa para ser tratado. Si se controla la enfermedad, puede retornar a la manada después de un tiempo apropiado, normalmente 4 semanas. En caso de vacunación, el periodo de espera para retornar al programa no debe ser menor a 1 mes. Como consecuencia a la inmunización con veneno, un problema común es el desarrollo de úlceras o abscesos locales (estériles o infectados). Este es un problema frecuente cuando se usan venenos necrotizantes. La solución pasa por realizar todas las inyecciones bajo condiciones asépticas.

* Puntos clave:

- Todos los animales deben pasar por un periodo de cuarentena de entre 6 y 12 semanas
- Durante el programa, si un animal enferma, debe ser separado temporalmente para recibir tratamiento. Hay que prestar atención a las zonas de inyección.
- La respuesta inmunológica al veneno debe ser monitorizada, así como los títulos de antiveneno mediante análisis del plasma.
- Un animal que reciba un antibiótico u otro medicamento debe ser retirado del programa por un periodo no inferior a 1 mes.

Pautas de inmunización y el uso de adyuvantes

Para conseguir el objetivo deseado, son importantes las siguientes consideraciones:

- los venenos usados deben ser preparados como se ha descrito anteriormente y deben estar en óptimas condiciones para inducir anticuerpos específicos y neutralizantes.
- las pautas de inmunización no deben afectar seriamente la salud del animal.
- la inmunización debe ser técnicamente simple y económica para usar la menor cantidad de veneno posible.

Como ya hemos comentado, los animales grandes son preferibles a los pequeños debido a que producen un mayor volumen de antiveneno. Entre los animales grandes, el caballo es el de elección para la producción de antiveneno comercial, puesto que es dócil, prospera en la mayoría de climas y tiene una grande cantidad de plasma. La oveja también se ha usado como alternativa porque es más barata, fácil de criar, puede tolerar mejor los adyuvantes oleosos y sus anticuerpos pueden ser de utilidad en pacientes que son hipersensibles a las proteínas equinas. Cuando se usa una oveja o cabra, los productores deben cumplir con las regulaciones para minimizar el riesgo de transmisión de las encefalopatías espongiformes a los humanos.

Preparación de las dosis de veneno

Para preparar las dosis de veneno, toda la manipulación del veneno debe ser realizada usando técnicas asépticas, y en el caso de venenos altamente tóxicos se puede usar una vitrina citotóxica. Los lotes de veneno usados para inmunizar a los animales deben ser registrados y los contenedores donde el veneno se disuelve deben ser debidamente identificados. Los venenos, cuando se liofilizan, son muy higroscópicos y alergénicos, por lo tanto se tiene que tener atención al manipularlo. Cuando un veneno se saca del congelador, se debe dejar temperar a la temperatura de la sala antes de abrirlo, evitando así que la condensación cause imprecisión en medidas de peso, pero sobre todo para evitar la degradación proteolítica de las proteínas del veneno por acción de los enzimas. Los disolventes usados con los venenos deben ser estériles y no exceder la fecha de caducidad. Se recomienda que los venenos usados para inmunizar estén recién preparados en el momento de su uso. Todo el equipo usado para el almacenamiento (congeladores y neveras) y preparación (e.g balanzas) de los venenos debe ser calibrado y validado para su propósito.

Algunos venenos pueden causar toxicidad local y/o sistémica cuando se inyecta en caballos en el inicio del programa de inmunización. Hay métodos físicos y químicos para disminuir la toxicidad del veneno, como por ejemplo el tratamiento con aldehídos, hipoclorito, radiación ultravioletada o gamma o el calor, entre otros. Sin embargo, además de los puntos tóxicos, la mayoría de veces también se destruyen los puntos antigénicos. De hecho, la detoxificación no es necesaria si se inyecta una pequeña dosis del veneno bien emulsionado en un adyuvante. Existen varios tipos de adyuvantes, como por ejemplo los adyuvantes completos o incompletos de Freund, las sales de aluminio, las bentonitas o liposomas. La elección del adyuvante se determina por su efectividad.

Para disminuir la infección en los puntos de inmunización, todas las manipulaciones se realizan bajo condiciones asépticas. Las soluciones de veneno son preparadas en agua destilada o PBS y se filtra en una membrana de 0.22 μ m de diámetro. Después se mezcla y/o emulsifica con un adyuvante.

Inmunización del animal

Las áreas que serán inmunizadas (fig. 11) deben ser totalmente limpiadas con desinfectante, afeitadas y frotadas con etanol al 70% antes de la inyección. En general, los puntos de inyección son áreas cerca de los linfonodos mayores, preferiblemente en el cuello y dorso del animal, mientras que debe ser subcutánea con el fin de reclutar el mayor número de células presentadoras de antígeno y, consecuentemente, obtener un mayor número de anticuerpos. En la Figura 1 se muestran las áreas recomendadas de inmunización en el caballo.

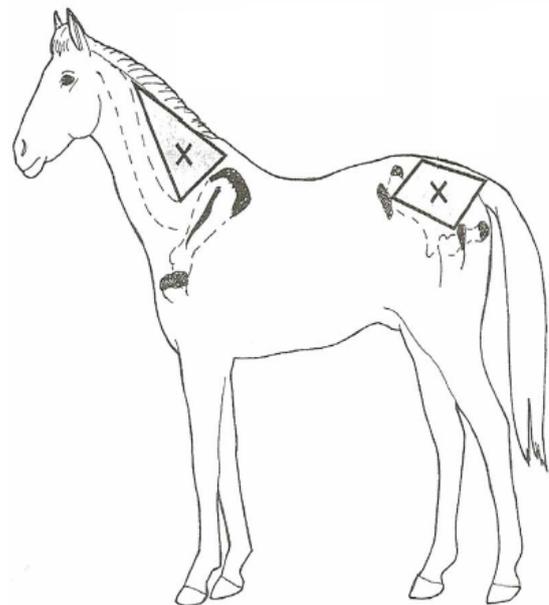


Fig. 11- Áreas de inmunización recomendadas en caballos

La trazabilidad del proceso de inmunización es crucial para el control de calidad el antiveneno producido. Los detalles a ser registrados son la data de inmunización, los lotes de veneno usados con su número de referencia, el

adyuvante usado, el nombre del veterinario y del personal al cargo del proceso y reacciones o enfermedades puntuales.

El título de antiveneno en los animales inmunizados debe ser seguido durante el proceso ya sea in vitro, usando EIA, en la fase de inmunización, o in vivo, mediante ensayos de la potencia de neutralización de la letalidad antes de la recolección de sangre.

* Puntos clave:

- Las soluciones de veneno deben ser preparadas de modo que se minimice la digestión proteolítica y desnaturalización de las proteínas, y en condiciones asépticas para evitar la infección en los puntos de inyección.
- El tipo de adyuvante usado se basa en criterios de efectividad, efectos secundarios, facilidad de preparación y coste.
- La inmunización debe ser realizada subcutáneamente con inyecciones de pequeños volúmenes en puntos cerca del sistema linfático del animal.
- Todos los pasos de la inmunización así como la recolección de sangre deben ser trazables.
- Después de la recolección de sangre para producir antiveneno, los animales deben descansar un periodo de 3 a 8 semanas antes de una nueva ronda de inmunización.

Recolección y control del plasma animal para el fraccionamiento

El plasma como materia prima está mucho más indicado que el suero porque los eritrocitos pueden ser devueltos, por lo tanto se previene la anemia y hipovolemia en el animal donante y permite sangrados más frecuentes. También hace posible una mayor recuperación de anticuerpos por donación y está menos contaminado con hemoglobina. La separación del plasma de la sangre no-coagulada es mucho más rápida que el proceso de separar del suero de la sangre coagulada.

Cuando un animal ha sido inmunizado, desarrollando el título de antiveneno esperado, y es declarado sano tras una revisión veterinaria, puede ser sangrado. Durante el sangrado, los animales tienen que estar lo más seguros y confortables posible, en un ambiente tranquilo, para minimizar las posibilidades de lesión en el animal o el

personal. Se deben dar las circunstancias para disminuir el potencial de estrés al mínimo. La operación se realiza mediante venopunción de la vena yugular externa. El área circundante al punto de punción debe ser afeitada y exhaustivamente lavada y desinfectada. Si durante el proceso un animal muestra signos de angustia o dolor, se debe terminar de inmediato. Además, los animales deben permanecer en observación como mínimo una hora después del sangrado para detectar cualquier signo de alteraciones físicas. La identidad de los animales debe ser registrada inmediatamente antes de la venopunción, y todas las botellas o bolsas de sangre o plasma tienen que estar etiquetadas con la siguiente información: número de referencia del animal, especificidad del antiveneno, número de unidad de plasma y data de recolección.

Recolecta y almacenamiento de sangre entera

El volumen de sangre obtenido depende del tamaño de las especies usadas, pero se recomiendan alrededor de 13-15ml/kg de sangre por sesión de sangrado. En la oveja, la producción típica es de 0.5l de sangre, mientras en el caso del caballo oscila entre 3 y 6l. La sangre se recolecta, idealmente, en bolsas de plástico que contienen anticoagulante citrato. Normalmente, la proporción de volumen entre anticoagulante y sangre es de 1:9. Durante el sangrado, se debe garantizar un flujo constante de sangre, y ésta debe ser mezclada continuamente con la solución anticoagulante para evitar el riesgo de activación de la cascada de coagulación y, por lo tanto, evitar la formación de coágulos. La duración de una sesión de sangrado oscila entre los 30 y 45 minutos.

Las bolsas o botellas donde se recolecta la sangre deben ser limpiadas externamente y almacenadas en una sala refrigerada (2-8°C) para el proceso de separación del plasma y las células sanguíneas. No deben ser almacenadas más de 24 horas antes de la reinfusión de los glóbulos rojos. El plasma hiperinmune es separado de las células sanguíneas bajo condiciones asépticas y se transfiere a contenedores estériles (bolsas de plástico, botellas o contenedores de acero inoxidable).

Después de la recolección de sangre se recomienda la reinfusión de los eritrocitos durante las primeras 24 horas y tras ser suspendida en una solución salina estéril a 32-37°C antes de la infusión. Este procedimiento, donde la sangre entera se recolecta y los eritrocitos son reinfundidos en el animal se define comúnmente como “aféresis manual”

Recolección del plasma mediante aféresis automática y almacenamiento

El uso de máquinas de plasmaféresis garantiza que el animal no sufra hipovolemia y reduce el riesgo de errores humanos por mala manipulación, en particular durante la reinfusión de los eritrocitos al donante. También tiende a existir menos contaminación por células sanguíneas. Durante el proceso se recolecta la sangre entera del animal, se mezcla con el anticoagulante y se pasa a través de un separador de células automático. El plasma se separa de los componentes celulares de la sangre, que son retornados al animal, completando unos ciclos de recolección-separación y retorno. El plasma se separa de las células rojas de la sangre mediante centrifugación o filtración, o una combinación de ambas. Para caballos, la media de volumen obtenido está alrededor de los 6 litros por sesión y el proceso dura de 1 a 4 horas. Las bolsas de plasma deben ser almacenadas en una sala refrigerada (2-8°C) en oscuridad hasta que empiece el proceso de fraccionamiento.

Control del plasma antes del fraccionamiento

Antes del fraccionamiento, los pools de plasma deben ser revisados en busca de precipitados, hemólisis y contaminación bacteriana. La capacidad neutralizante tiene que ser garantizada para que el antiveneno resultante esté dentro de los valores de potencia esperados. Los pools deben ser descartados si la carga biológica excede los límites establecidos en el dossier de comercialización o si la potencia neutralizante está por debajo del límite establecido por el productor. Finalmente, un plasma claramente hemolizado tampoco debe ser usado en el fraccionamiento.

* Puntos clave:

- Cuando los animales han desarrollado una respuesta adecuada contra los venenos, y si tienen una buena salud, pueden ser sangrados para la producción de antiveneno.
- El plasma es preferible al suero como materia prima.
- Se recomienda realizar una plasmaféresis, ya sea manual o automática.
- Se debe garantizar la trazabilidad entre el animal donante y el pool de plasma.
- El plasma debe ser revisado antes del fraccionamiento para corroborar que cumple los requisitos establecidos, en particular la potencia de neutralización.
- Deben existir certificados veterinarios declarando que los animales donantes son revisados periódicamente para garantizar que están en buena salud.

Purificación de las inmunoglobulinas y fragmentos de inmunoglobulinas en la producción de antiveneno

La purificación de las inmunoglobulinas y fragmentos de inmunoglobulinas para la producción de antiveneno debe tener como objetivo productos de una calidad, seguridad y efectividad consistentes. De particular relevancia es el control de los riesgos microbiológicos, contaminaciones con partículas y pirógenos, y la existencia de un sistema de documentación que garantice la trazabilidad de todos los pasos de la producción.

Purificación de la sustancia activa

Los antivenenos pueden ser preparados a partir del pool de plasma inicial usando diferentes métodos para obtener una de las siguientes sustancias activas:

- a) moléculas IgG enteras
- b) fragmentos F(ab')₂
- c) fragmentos Fab

a) Purificación de antivenenos con IgG enteras.

Un posible protocolo se basa en la precipitación con sulfato de amonio, que lleva a una recuperación de anticuerpos de entre el 40 y 50% y a la formación de agregados proteínicos. El producto final acostumbra a contener relativamente una proporción alta de proteínas contaminantes, como la albúmina. Esto compromete la seguridad del producto, dado que una alta incidencia de reacciones adversas se han descrito como respuesta al uso de antivenenos de IgG enteras.

Otra alternativa es la precipitación con ácido caprílico, que permite la producción de antivenenos de una pureza relativamente alta y con un bajo contenido de agregación proteínica, debido a que las inmunoglobulinas no precipitan. La producción puede alcanzar hasta un 60-75% de la actividad en el plasma inicial. La eficacia y seguridad del antiveneno producido a partir de este proceso han estado demostradas en ensayos clínicos.

b) Purificación de antivenenos con $F(ab')_2$

Este proceso se basa en el método de la digestión del plasma de caballo con la pepsina, llevando a una degradación de muchas proteínas que no son IgG, y a una escisión de las IgG en fragmentos $F(ab')_2$ mediante la eliminación y digestión del fragmento Fc en pequeños péptidos. Una vez digerido con la pepsina, el proceso se completa con la precipitación mediante sulfato de amonio o ácido caprílico. Actualmente el método más usado por los fabricantes de fragmentos de $F(ab')_2$ comprende la digestión con pepsina, la precipitación con sulfato de amonio y la diafiltración tangencial. La producción de este protocolo de fraccionamiento oscila normalmente entre el 30 y 40%. El proceso completado mediante precipitación con ácido caprílico solo se ha mostrado a nivel experimental, y nunca a gran escala.

c) Purificación de antivenenos con Fab

En esta operación se acostumbra a usar plasma hiperinmunizado de oveja. Se usa la papaína para llevar a cabo la digestión enzimática, y en el proceso de preparación del fragmento se puede usar sulfato de amonio, sulfato de sodio o ácido caprílico.

En cualquier de los tres casos anteriores, los fabricantes pueden incluir pasos adicionales para mejorar la pureza del producto. Por ejemplo, la cromatografía de intercambio de iones puede usarse con éxito para la purificación del antiveneno basándose en la diferencia de carga con los contaminantes. La cromatografía por afinidad puede ser diseñada para ligar las inmunoglobulinas o sus fragmentos, aunque el proceso de afinidad puede afectar en la recuperación y los anticuerpos de alta afinidad pueden perderse o ser desnaturalizados debido a las duras condiciones de elución necesarias para eluirlos del material cromatográfico.

Debido a las diferencias en el peso molecular, la farmacocinética de las moléculas IgG enteras (aproximadamente 150kDa), los fragmentos $F(ab')_2$ (aproximadamente 100kDa) y los fragmentos Fab (aproximadamente 50kDa) es muy distinta. En los pacientes envenenados, los fragmentos Fab tienen un mayor volumen de distribución y alcanzan rápidamente los compartimentos extravasculares, aunque son eliminados mayormente por vía renal, por lo que tienen una vida media de eliminación corta (de 4 a 24 horas). Por otro lado, los fragmentos $F(ab')_2$ y las moléculas IgG enteras no se eliminan por vía renal, gozando así de una vida media de eliminación prolongada (entre 2 y 4 días).

Idealmente, el volumen de distribución de un antiveneno debe ser lo más similar posible al volumen de distribución de las toxinas principales del veneno en particular. En venenos compuestos por toxinas de bajo peso molecular, como el de algunos elápidos, éstas son rápidamente absorbidas hacia el corriente sanguíneo y distribuidas al espacio extravascular, donde están localizados los objetivos de las toxinas. En este caso, es ideal el uso de un antiveneno de alto volumen de distribución y que alcance rápidamente el espacio extravascular, como es el caso de los antivenenos con Fab.

Si el veneno en cuestión contiene toxinas de alto peso molecular, como el de algunas víboras, muchos tienen acción intravascular provocando hemorragias y coagulopatías. Ahora la situación es diferente, porque el tiempo requerido por las toxinas para distribuirse es más largo y los objetivos se encuentran en el compartimiento intravascular. En este caso, un antiveneno elaborado mediante Fab neutralizará las toxinas que ya han alcanzado la circulación pero, después de cierto tiempo, los fragmentos serán eliminados y las toxinas aún no neutralizadas alcanzarán la circulación, dando lugar al conocido fenómeno del envenenamiento recurrente. Para evitar esto, es necesaria una administración repetida de antiveneno para mantener los niveles terapéuticos de Fab en la circulación o, preferiblemente, usar los antivenenos elaborados a partir de IgG enteras o $F(ab')_2$ por su mayor vida media de eliminación.

Durante la formulación de los antivenenos después de la diafiltración se debe considerar la opción de añadir sales para ajustar la osmolalidad, la adición de conservantes u otros excipientes si son necesarios para la estabilidad de las proteínas o el ajuste del pH. En general, los antivenenos están formulados a pH neutral ($\text{pH } 7.5 \pm 0.5$). La formulación a pH superiores a 7.5 no está recomendada porque en situaciones de alcalinidad la estabilidad de las inmunoglobulinas y sus fragmentos puede ser muy pobre y favorecer la formación de agregados.

El producto final debe ser analizado para demostrar su pureza y potencia, esterilidad, formulación, límite de pirógenos y/o de contenido endotoxinas bacterianas y que cumpla las especificaciones de contenido agregado. Una vez comprobado todo esto el producto es embotellado en contenedores de cristal (ampollas o viales) que deben ser adecuadamente identificados y almacenados en un área de cuarentena. Muestras de los antivenenos deben ser enviadas al laboratorio de control de calidad para ser analizadas.

Cuando un antiveneno cumple con todos los controles de calidad establecidos, debe ser correctamente identificado y etiquetado. En el vial o ampolla deben estar indicados:

- nombre del producto y del productor
- especies animales usadas para producir el antiveneno
- número de lote
- presentación farmacológica (líquida o liofilizada)
- volumen contenido
- vía de administración
- especificidad y potencia de neutralización
- condiciones de almacenamiento
- fecha de caducidad

Los paquetes, en los cuales se empaquetan los viales y ampollas, deben incluir además información referente al producto como:

- especificidad y potencia de neutralización
- dosis recomendada
- procedimiento de reconstitución si está liofilizado
- modo y frecuencia de administración
- detalles de los síntomas de los efectos adversos
- condiciones de almacenamiento
- indicación de que se trata de un producto de uso único.

El uso de conservantes debe ser considerado en el producto final, sobre todo en los antivenenos en forma líquida. Agentes antimicrobianos como el fenol (a concentraciones de 2.5g/l) o el cresol (<3.5g/l) son actualmente usados. Por otro lado, está contraindicado usar conservantes que contengan mercurio, porque el volumen de antiveneno requerido para el tratamiento de un envenenamiento (por encima de 50ml) puede llevar a exposiciones al mercurio superiores a la recomendada, siendo de especial importancia en niños pequeños.

Los antivenenos están disponibles en forma líquida o liofilizada. En el segundo caso, pueden estar almacenados a temperaturas que no excedan los 25°C son generalmente

distribuidos en establecimientos donde la cadena de frío no puede ser garantizada, como en muchas regiones tropicales del mundo.

Todos los viales o ampollas de cada lote de antiveneno líquido deben ser inspeccionados, ya sea visualmente o mediante técnicas mecánicas. En caso de turbidez, coloración anormal, presencia de partículas o defectos en el vial, tapón o cápsula el antiveneno debe ser descartado.

* Puntos clave:

- Los antivenenos deben ser elaborados usando procedimientos de fraccionamiento que estén bien establecidos, validados y mostrados para obtener un producto con una seguridad y eficacia garantizada.
- Los antivenenos se pueden obtener de moléculas IgG enteras, fragmentos $F(ab')_2$ o fragmentos Fab.
- Las preparaciones son formuladas, esterilizadas por filtración y dispensadas en los contenedores finales. La formulación debe puede contener agentes conservantes.
- Los antivenenos pueden presentarse en forma líquida o liofilizada.
- Los fragmentos Fab tienen un mayora volumen de distribución y una vida media de eliminación mucho más corta que las moléculas IgG y los fragmentos Fab.

Control del riesgo de infección

Hay diferentes enfoques reconocidos a la hora de reducir el riesgo de infección en los productos biológicos:

- minimizar el contenido de virus inicial mediante la implantación de un sistema de calidad para la producción de primeras materias.
- contribuir en los procesos de inactivación y/o eliminación de virus residuales durante la fabricación del producto.
- responder adecuadamente y a tiempo ante cualquier infección durante el uso clínico del producto.

Existen informaciones sobre virus que afectan a caballos (e.g. virus arteritis equina o herpesvirus equino), cabras y ovejas (e.g. adenovirus, virus de la legua azul o rotavirus). Son virus con genoma DNA o RNA, con o sin envoltura lipídica, y con

tamaños de una amplia variedad (de 22 a 300 nm). Algunos de estos virus son considerados patogénicos para los humanos, por lo que se debe prestar especial atención.

Basándonos en la experiencia con productos con plasma humano, un proceso de fabricación de antiveneno que incluye dos pasos para la reducción viral (como mínimo un paso de inactivación viral) debería proporcionar un nivel de seguridad satisfactorio.

Para lograr esta seguridad respecto al riesgo de infección por virus son necesarios estudios de validación de virus. Para ello, los estudios de validación deben ser realizados usando como mínimo tres virus que muestren características estructurales diferentes. El fabricante de antiveneno debe identificar primero aquellos pasos que probablemente eliminen o inactiven virus y, luego, proporcionar evidencias de la disminución de la extensión del virus en el proceso específicamente evaluado.

La infectividad viral, determinada normalmente mediante cultivos celulares, debe ser cuantificada antes e inmediatamente después del paso evaluado para determinar la eliminación de virus lograda. Los resultados se expresan convencionalmente como logaritmos (log) de la reducción de la infectividad observada. La infectividad total o carga viral se calcula multiplicando el título infeccioso (unidades infecciosas por ml) por el volumen. Típicamente, una reducción viral de 4 logs o más representa un paso fiable de seguridad viral. Entre los diferentes pasos del proceso de la producción de antiveneno, los tratamientos con ácido caprílico y un pH bajo son conocidos por contribuir a la seguridad ante virus de envoltura lipídica. El uso de agentes antibacterianos como el cresol, el fenol y mas raramente el formaldehído, añadidos al plasma inicial o a las muestras finales de antiveneno líquidas a una concentración máxima de un 0.25-0.35% también se cree que puede tener una posible contribución en la seguridad viral de los antivenenos.

Los virus elegidos para realizar los estudios de validación deben parecerse lo máximo posible a aquellos que pueden ser presentes en la material plasmático inicial. El virus de la estomatitis vesicular (VSV) o el virus del Oeste del Nilo (WNV) son ejemplos de virus de transmisión plasmática y envoltura lipídica relevantes en los caballos.

En el caso de las Encefalopatías Espongiformes Transmisibles (TSE), no ha sido identificadas en ninguna especie equina, ni tampoco ha habido ningún caso relacionado con antivenenos o cualquier otro derivado de sangre equina. De especial preocupación es el hecho que las TSE incluyen el Scrapie en las ovejas y cabras, que aunque en menor frecuencia que el caballo, son usadas para la elaboración de antivenenos. Así pues, la sangre de pequeños rumiantes debe ser evitada para la elaboración de productos biológicos o ser seleccionada muy cuidadosamente de fuentes conocidamente libres de TSE.

*** Puntos clave:**

- El proceso de elaboración debe contener como mínimo uno, y, preferiblemente, dos pasos designados a la reducción viral.
- Los manipuladores deben ser alentados a evaluar y validar la capacidad de inactivar o eliminar virus de sus procesos de elaboración (en particular la digestión a bajo pH y el tratamiento con ácido caprílico)
- Cuando se usan ovejas para la producción de plasma, los animales se deben obtener de fuentes evaluadas con un insignificante riesgo de tener Scrapie.

Control de calidad de los antivenenos

El control de calidad del producto final es un elemento clave en la garantía de los antivenenos. Las pruebas del control de calidad deben ser realizadas por el fabricante o bajo su responsabilidad antes de que el producto sea comercializado. Los resultados obtenidos deben cumplir las especificaciones aprobadas para cada producto o sus intermediarios, y son parte del registro del lote. Las pruebas incluidas en el control de calidad del producto final son las descritas a continuación.

Aspecto: el aspecto del producto (e.g. color del líquido, aspecto del polvo) debe cumplir la descripción presente en el dossier de comercialización.

Solubilidad: el tiempo desde la adición de disolvente hasta la disolución completa de un antiveneno liofilizado debe ser de 10 minutos o menor a temperatura ambiente. La solución no debe ser turbia.

Volumen extraíble: el volumen extraíble del contenedor debe estar en conformidad con el volumen establecido en la etiqueta.

Prueba de potencia de neutralización de veneno: determina la efectividad del antiveneno para neutralizar la actividad tóxica del veneno de serpiente contra el cual ha sido diseñado para actuar. El primer paso es determinar la actividad letal del veneno y se basa en buscar la dosis letal media (DL_{50}) usando ratones de un intervalo de peso concreto:

- Determinación del intervalo de DL_{50} → se inyectan dosis precisas (0.2-0.5ml) de veneno diluido en una solución salina a un ratón, vía intravenosa o intraperitoneal. Se registran las muertes a las 24h (vía i.v) o 48h (vía i.p). En base a esto, se elabora un intervalo de dosis causantes una mortalidad de 0-100% y por tanto se reduce el intervalo de dosis de veneno necesarias para estimar formalmente la actividad tóxica del veneno.
- Dosis letal media (DL_{50}) → Un mínimo de 5 ratones (para obtener resultados significativos) son inyectados intravenosamente con un volumen preciso (0.2-0.5ml) de diferentes dosis de veneno diluidas en solución salina estéril. Las muertes se registran a las 24h y se calcula la DL_{50} mediante el método de Probit, Spearman-Kärber o procedimientos alternativos (como métodos no paramétricos) La DL_{50} de un veneno se define como la mínima cantidad de veneno que cause la muerte en el 50% de los ratones inyectados

La prueba para evaluar la potencia de neutralización de un antiveneno se llama dosis media efectiva (DE_{50}):

- Determinación del intervalo de DE_{50} → Múltiples de la LD_{50} del veneno son mezclados con diferentes dosis de antiveneno e incubados a 37°C durante 30 minutos y cada mezcla se inyecta a un ratón. Ahora se puede establecer un intervalo de volumen de antiveneno que se traduce en un 100% de supervivencia o un 100% de mortalidad en los ratones inyectados.
- Dosis media efectiva (DE_{50}) → Se incuban a 37°C durante 30 minutos mezclas de una cantidad fija de veneno con varios volúmenes de antiveneno. Alícuotas de un volumen preciso (0.2-0.5ml) de cada mezcla se inyecta intravenosamente en un grupo de generalmente 5 o 6 ratones. Un grupo de ratones control es inyectado con una mezcla de veneno con solución salina (sin antiveneno) para confirmar que la dosis de veneno usada induce un 100% de mortalidad. Se registran las muertes a las 24 horas y se analizan los resultados del mismo modo que con la DL_{50} . La DE_{50} se define como el volumen de antiveneno que protege el 50% de los ratones inyectados. Puede ser expresada de distintas formas:

- mg de veneno neutralizados por ml de antiveneno.
- μl de antiveneno requerido para neutralizar un mg de veneno.
- número de DL_{50} de veneno neutralizadas por ml de antiveneno.

Osmolaridad: determina la tonicidad de la solución antiveneno y se recomienda que sea al menos de 240 mosmol/kg.

Identificación: cuando distintos tipos de antivenenos son producidos por un mismo laboratorio, la identificación de cada lote debe ser comprobada. Puede incluir evaluaciones biológicas así como pruebas fisicoquímicas y inmunológicas.

Concentración de proteínas: calculada mediante la determinación del nitrógeno de Kjeldahl. Preferiblemente no debe exceder los 10 g/dl.

Pureza: la sustancia activa debe constituir la gran mayoría de la preparación, idealmente más de un 90%. Se determina mediante métodos electroforéticos.

Distribución del tamaño molecular: la presencia de agregados y otros componentes en los antivenenos se puede evaluar mediante una cromatografía líquida de exclusión de tamaño.

Pirógenos: los antivenenos debe cumplir con la prueba de los pirógenos en el conejo. En esta prueba, se inyecta el antiveneno en la oreja del conejo y se mide la temperatura rectal en intervalos de tiempo diferentes después de la inyección.

Esterilidad: los antivenenos deben ser libres de bacterias u hongos y eso se demuestra mediante cultivos. Como pueden llevar conservantes en su formulación, estos deben ser neutralizados antes de que las muestras sean cultivadas para la determinación.

Concentración de conservantes: la concentración de fenoles no puede exceder los 2.5g/l y la de los crisoles los 3.5g/l.

Humedad residual: en los antivenenos liofilizados se puede determinar mediante métodos gravimétricos (evaluando la pérdida de peso por calor), el método Kart-Fischer o métodos termogravimétricos.

Determinación de la concentración de cloruro sódico y del pH mediante indicadores automáticos

* Puntos clave:

- El control de calidad de los antivenenos, tanto para el producto final como los intermedios, debe ser realizado por los fabricantes.
- Hay una serie de pruebas establecidas para garantizar la calidad del producto (e.g. concentración de proteínas, potencia de neutralización o prueba de esterilidad)
- Agencias de reglamentación nacional revisarán las pruebas realizadas caso por caso y seleccionarán que productos desarrollar.

Estabilidad, almacenamiento y distribución de los antivenenos

Los estudios de estabilidad son cruciales para definir la vida útil del producto y están destinados a demostrar que los antivenenos permanecen estables y eficaces hasta la fecha de caducidad. Se considera que las preparaciones líquidas tienen una vida útil de más de 3 años a 2-8°C, y las preparaciones liofilizadas de más de 5 años cuando se mantienen a temperatura ambiente y en la oscuridad. Aun así, es recomendable realizar pruebas de estabilidad teniendo en cuenta las condiciones de almacenamiento del destino del producto y, preferiblemente, estas pruebas se deben realizar bajo las peores condiciones de almacenamiento posibles.

Los antivenenos deben almacenarse a una temperatura que se mantenga dentro del intervalo establecido en las pruebas de estabilidad. Así pues, desviaciones fuera del intervalo de temperatura, debidas a interrupciones de la cadena de frío durante el transporte o almacenamiento, pueden resultar probablemente en un deterioro del producto. Para evitar esto, se deben diseñar programas adecuados de cadena de frío, como parte del sistema de seguridad sanitaria en cada país.

Ya que la mayoría de los antivenenos disponibles están en forma líquida, el mantenimiento de la cadena de frío durante el transporte debe ser garantizado, a pesar de las dificultades encontradas en zonas rurales de algunos países en desarrollo. Las autoridades nacionales y regionales deben diseñar estrategias de distribución para garantizar que los antivenenos están localizados en las áreas donde son necesarios o usar los canales de distribución en lugar de otros programas de atención primaria nacionales. Deben considerarse la especificidad del antiveneno y la cantidad de viales o ampollas necesarias en un área determinada, sobretodo en países que usen antivenenos

monoespecíficos. Los inventarios deben estar en exceso respecto al número estimado de casos para permitir sobrecargas impredecibles en la demanda local.

* Puntos clave:

- En general, los productos líquidos requieren la cadena de frío, sin embargo los liofilizados no.
- Los fabricantes deben estudiar la estabilidad de los antivenenos con la temperatura ambiente de las áreas donde se usará el producto.
- La distribución de antivenenos debe basarse en la evaluación epidemiológica de los envenenamientos por mordedura de serpiente y en el conocimiento de la distribución geográfica de las especies venenosas más relevantes.

Evaluación preclínica de los antivenenos

Un requerimiento ético y fundamental de todos los nuevos agentes terapéuticos para el uso humano es que su seguridad y efectividad debe ser establecida, inicialmente mediante ensayos preclínicos *in vitro* e *in vivo*, y si el resultado es satisfactorio, mediante ensayos clínicos con pacientes humanos. Además de los nuevos antivenenos, una evaluación preclínica también es necesaria si un antiveneno será introducido en un nuevo país o una nueva zona geográfica.

Es importante diferenciar los ensayos preclínicos “esenciales” de los “recomendados”. Los ensayos “esenciales” consisten en el conjunto de la evaluación de la actividad tóxica de los venenos de serpiente (DL_{50}) y la correspondiente eficacia neutralizante del antiveneno (ED_{50}). Estos ensayos se requieren:

- para el control rutinario de calidad de la potencia del antiveneno.
- para probar la capacidad de un nuevo antiveneno para neutralizar los venenos de serpientes del país o región en el que será introducido.
- Para mostrar la eficacia neutralizante de un antiveneno existente contra especies médicamente relevantes de una nueva región geográfica o país.

Resumiendo, antes de ser usado terapéuticamente en un humano en una región o país determinado, un antiveneno debe haber sido evaluado usando el ensayo “esencial” contra los venenos de serpientes relevantes.

Por otro lado, es necesario evaluar si el antiveneno es efectivo en la neutralización de los efectos fisiológicos más relevantes del veneno en particular. Aquí entra en juego el concepto de los ensayos “recomendados”. Algunos ejemplos de estos ensayos “recomendados” son la capacidad de neutralización contra venenos de actividad hemorrágica, necrotizante, miotóxica, procoagulante o neurotóxica.

Los ensayos in vivo causan un considerable sufrimiento a los roedores, por lo que ha habido llamamientos para el desarrollo de alternativas para sustituir las pruebas de DL_{50} y DE_{50} . La controversia reside en el balance entre los beneficios clínicos para los humanos y el coste de los roedores experimentales (dolor, sufrimiento y angustia). Existen pruebas alternativas que usan sistemas no sensibles o sistemas in vitro, pero desgraciadamente actualmente no pueden sustituir las pruebas de toxicidad con roedores. Se debe fomentar el establecimiento de criterios de valoración humana para reducir el sufrimiento y limitar la duración de los ensayos, teniendo en cuenta no invalidar los objetivos de los mismos alterando procesos fisiológicos importantes.

Estos ensayos preclínicos tienen ciertas limitaciones, como por ejemplo que los protocolos de inyección del veneno no representan la situación natural y las respuestas fisiológicas de los roedores al envenenamiento y tratamiento puede diferir de las de los humanos. Es necesario entonces evitar las extrapolaciones simples del ensayo a la situación clínica.

* Puntos clave:

- Las agencias reguladoras de medicamentos deben exigir ensayos preclínicos de los antivenenos para determinar la pureza de la preparación y su capacidad de neutralización en modelos animales.
- Los cálculos estimados de la LD_{50} y la DE_{50} son las evaluaciones preclínicas más relevantes y deben ser realizadas en todos los antivenenos.
- Todos los antivenenos deben ser evaluados ante las patologías específicas causadas por los venenos de las serpientes ante los que han sido diseñados.
- Las pruebas preclínicas se basan en el uso de roedores de laboratorio e implica un alto grado de sufrimiento. Se debe trabajar siempre que sea posible bajo anestesia/anestesia y se debe fomentar la búsqueda de procedimientos alternativos in vitro, o de procedimientos menos agresivos o que exijan un menor número de animales.

Evaluación clínica de los antivenenos

Los antivenenos son inusuales entre los agentes farmacéuticos dado que han sido usados durante mas de cien años prestando muy poca atención a los ensayos clínicos referentes a su eficacia y seguridad, pero a partir del 1970 se ha demostrado claramente que se pueden llevar a cabo ensayos para encontrar la dosis en humanos víctimas de envenenamiento por mordedura de serpiente.

El camino estándar para la evaluación de un nuevo producto terapéutico es:

- Fase1: estudios con voluntarios sanos (detección de efectos adversos imprevistos).
- Fase2: estudios de la eficacia y seguridad límite (para buscar la dosis).
- Fase3: evaluación clínica a gran escala (ensayos de control aleatorios).
- Fase4: vigilancia post-comercialización.

Los estudios de la fase1, con voluntarios sanos, no es apropiado debido al riesgo de anafilaxis y otras reacciones en los voluntarios. Los estudios de la fase2 están normalmente dirigidos a optimizar las dosis, establecer la seguridad del producto y otorga una indicación de eficacia. En la fase3 se establece la eficacia del producto, normalmente en comparación con un producto ya existente, u ocasionalmente un placebo. La fase4 o vigilancia post-comercialización puede ser la el único modo de estudiar la seguridad y eficacia del antiveneno en un gran número de pacientes, debido a la dificultad de realizar ensayos clínicos con antivenenos en algunos sitios.

En el caso de los antivenenos, los ensayos clínicos están dirigidos a tres cuestiones importantes:

- evaluar la dosis inicial óptima de antiveneno
- evaluar la eficacia del antiveneno
- evaluar la seguridad de un antiveneno, particularmente la incidencia y severidad de las reacciones tempranas y tardías.

La dosis terapéutica de antiveneno administrada por vía intravenosa depende de:

- la cantidad de veneno inyectado
- la potencia neutralizadora del veneno
- el régimen de dosis

La dosis se calcula para neutralizar cierta dosis de veneno y no varía entre adultos y niños. Como parte del diseño del estudio, es importante determinar el número mínimo de pacientes requeridos para establecer resultados significativos usando cálculos del tamaño de la muestra. La dosis mínima aparentemente efectiva puede ser evaluada en ensayos más grandes de la fase2 o comparada con otro antiveneno o una dosis diferente en los ensayos controlados aleatorios de la fase3.

Los ensayos controlados aleatorios pueden demandar de un gran número de pacientes dada la considerable variación individual en la manifestación clínica del envenenamiento. El nuevo antiveneno se compara con el tratamiento estándar existente o, si no existe ninguno, se pueden comparar dos dosis diferentes del antiveneno evaluado. Para evitar el sesgo, los pacientes deben ser alojados aleatoriamente en los grupos y el estudio debe ser blindado, como mínimo a aquel personal de investigación que está evaluando la respuesta clínica e idealmente a los investigadores y participantes.

Los criterios de evaluación usados en los estudios de antivenenos deben ser predefinidos y objetivos. Los criterios más comunes incluyen la mortalidad, el tiempo necesario restaurar la coagulabilidad de la sangre, otros parámetros laboratoriales como el tiempo de la protrombina o mejoría clínica de la neurotoxicidad. Los pacientes deben ser observados cuidadosamente durante el tiempo suficiente para revelar muestras de envenenamiento recurrente.

Debido a que los antivenenos tienen como componentes proteínas extrañas, los efectos adversos son un riesgo inevitable en la terapia. Las tasas de reacción están correlacionadas con la pureza del antiveneno y la cantidad de proteína infundida. Una observación clínica continuada durante varias horas es necesaria después del tratamiento para detectar reacciones agudas (urticaria, fiebre, hipotensión o broncoespasmos). Reacciones adversas tardías (fiebre, linfadenopatías, proteinuria o neuropatías) pueden ocurrir semanas después.

Los estudios de la fase4 pueden ser de mucha mayor importancia en los antivenenos que en el caso de otros productos. Aunque tradicionalmente se enfocan en la seguridad, con los antivenenos es crucial examinar también la eficacia así como la frecuencia de aparición de efectos secundarios. Para ello, los países que usan antivenenos deben

animar a los clínicos y al personal de centros sanitarios a informar activamente a las autoridades nacionales y fabricantes de cualquier falta de eficacia clínica o de la aparición de reacciones adversas. Las autoridades y el fabricante deben evaluar estos informes y, consultando entre ellas mismas y con especialistas en el campo, intentar valorar su significado. En algunos casos, como puede ser el uso de un antiveneno en una nueva región geográfica, está indicado instalar estudios observacionales para garantizar una seguridad y efectividad adecuadas.

Unos estudios post-comercialización de alta calidad permitirán a los clínicos, salud pública y fabricantes identificar antivenenos con baja efectividad, instancias de usos y dosis incorrectas y problemas de seguridad derivados del uso de antivenenos.

* Puntos clave:

- Los ensayos preclínicos y clínicos de antivenenos han sido muy descuidados en el pasado pero actualmente se ha demostrado que son factibles y útiles.
- Realizar estudios prospectivos observacionales es fundamental para garantizar la eficacia y seguridad de un antiveneno usado por primera vez en una nueva región geográfica.
- La vigilancia post-comercialización debe jugar un papel importante en la evaluación de la eficacia i seguridad de los antivenenos.

4.5. Papel de las autoridades nacionales de reglamentación

Las autoridades nacionales de reglamentación deben asegurar que los productos biológicos distribuidos en sus territorios, importados o elaborados localmente, son de buena calidad, seguros y eficaces. Las responsabilidades incluyen la aplicación y implementación de regulaciones nacionales efectivas, y la configuración de estándares y medidas de control adecuadas. En el procedimiento de conceder una licencia de comercialización para un antiveneno, información sobre las materias primas, el plasma derivado de los animales hiperinmunizados, los procesos de producción y los métodos para caracterizar los lotes de producto debe estar documentada como parte del dossier.

La garantía de calidad, seguridad y efectividad en los antivenenos de serpiente implica la evaluación de información con respecto a:

- la preparación de los lotes de veneno representativos de los animales venenosos y de la zona geográfica donde se distribuirá el antiveneno.
- el control y trazabilidad de los animales inmunizados y del proceso de inmunización.
- la recolecta, almacenaje y transporte del plasma hiperinmune.
- el fraccionamiento del plasma para la producción de antiveneno.
- los métodos usados para controlar los lotes de producto.
- la información preclínica referente a la eficacia esperada de los productos para tratar los envenenamientos locales.
- la eficacia clínica de antivenenos localmente elaborados o importados ante las especies de serpientes encontradas en el país, a través de vigilancia activa de la comercialización.

En muchos países, las autoridades nacionales de reglamentación han implantado un sistema de control basado en conceder licencias a los establecimientos, inspeccionarlos regularmente, y aplicando la implementaron de los requerimientos legales. Esto se debe aplicar a la producción de plasma animal hiperinmune para fraccionamiento, y el proceso de elaboración de antiveneno. Para obtener la licencia, los establecimientos deben mostrar que sus operaciones garantizan el cumplimiento de una serie de requerimientos de seguridad, calidad y eficacia de los antivenenos.

Las inspecciones deben seguir siempre los procedimientos establecidos, incluyendo una reunión de apertura, la inspección de las áreas y actividades principales para ver si se cumplen las buenas prácticas de la elaboración, una reunión de clausura, preparación de un informe de inspección y un seguimiento de cualquier deficiencia observada. Una inspección también incluye la observación del personal durante las operaciones y la comparación con los procedimientos estándares. El informe escrito se envía al fabricante, al que se le exige notificar a las autoridades sobre los pasos específicos que se están tomando o planeando para corregir los errores y prevenir su recurrencia.

Las autoridades nacionales de reglamentación tienen la autoridad para retirar la licencia a un establecimiento si una inspección revela el incumplimiento de los requerimientos o de las especificaciones del producto.

4.6. Trabajo de campo sección usos científicos de las serpientes venenosas

David Bitis es el nombre de pila de un cuidador y especialista en extracción de veneno en serpientes de Valencia. Conocido por sus apariciones en televisión y por encargarse de la extracción de veneno en el parque temático de Terra Natura (Benidorm).

1. ¿Qué significan para usted las serpientes venenosas?

Para mi son seres muy respetados y auténticas bellezas, muy ágiles, curiosas, con mimetismo y mucho dimorfismo, con tácticas particulares y peculiares, colorido, de las cuales se puede aprender mucho.

2. ¿Cuáles cree que son las condiciones básicas que debe tener una persona a la hora de iniciarse con este tipo de serpientes?

Conocimiento y estudio extensivo en ofidismo y en especies venenosas y/o herpetología. Buenas prácticas realizadas antes con serpientes no venenosas, seguidas de serpientes opistoglifas. A continuación, responsabilidad civil, acceso a un banco de suero antitoxina, protocolos de seguridad, y un gran etcétera.

3. ¿Cuál es la mejor manera de empezar con ellas en cuanto al manejo?

Por supuesto antes hay que practicar con serpientes no venenosas y al cabo de algún tiempo seguir con especies NO venenosas pero que sean ágiles, escurridizas, rápidas y con mal carácter.

4. ¿Qué instrumental aconseja utilizar a la hora de manejarlas?

Dos ganchos o uno, dependiendo de la longitud y el grosor de la serpiente, tubos acrílicos, y las pinzas mecánicas pero sólo como último recurso, ya que estresan mucho al animal. También guantes de seguridad, cubos, protectores/escudo en caso necesario.

5. ¿Cuáles son las normas básicas a la hora de hacerlo?

Son muchísimas pero resumiré las básicas:

No perder de vista al animal

Siempre guantes

Presencia 2 personas mínimo

Concentración en lo que se está haciendo

Utilizar escudo si precisa

No prestar atención a cosas ajenas a lo que se esta haciendo

Tener en cuenta la distancia del animal

Si es posible no realizar movimientos en ellas más tarde de las 18:00h por si hay que acceder a antídotos.

Mantener cerca el extractor de veneno y la pinza mecánica por si hay que recurrir a ellas.

Etc.

6. En cuanto al mantenimiento y terrario, ¿nos podría explicar los elementos más importantes que deben colocarse, tanto en relación con el animal como con la seguridad?

Cerradura, si es posible un divisor en el terrario que se pueda colocar desde fuera para dividir en terrario en dos, y un cobijo para el animal.

Otro elemento importante para nuestra integridad es que podamos encerrar al animal con seguridad con el mismo gancho accediendo a la “puerta guillotina”, que el cristal sea de 5mm, si es posible sólo los frontales, el resto del terrario compacto con PVC grueso y/o aluminio, con buenos remaches (no usar silicona).

7. ¿Cuáles son los errores básicos y más comunes que se cometen (en cuanto a mantenimiento o manejo)?

Los errores más comunes que se cometen son el exceso de confianza, no usar el escudo en algunas especies, estar pendiente de cosas ajenas a lo que se esta haciendo, confiar en las correderas de cristal frontal y abrir el terrario sin tener localizada antes a la serpiente.

8. ¿Qué especies (o géneros) se suelen usar más comúnmente para la extracción de veneno orientada a la producción de sueros antitoxina?

Las especies más utilizadas son *Naja sp*, *Trimeresurus sp*, *Agkistrodon*, *Crotalus sp*, *Bothriechis sp.*, *Bothrops sp*, *Dendroaspis sp.* y alguna más.

9. En cuanto a su reproducción, existen límites en cuanto a número de ejemplares criados, etc.?

No, no existen.

10. ¿Qué opina sobre la legislación española específica para este tipo de animales respecto a otros estados como por ejemplo USA? ¿Cree que es suficiente esta legislación?

La legislación española para este tipo de animales me parece excesiva y tajante. No es que no sea suficiente, más bien carente de fundamentos y aplicadas sin conocimiento. Se debería elaborar una legislación por parte de especialistas, desde el conocimiento de estas especies, es decir, organizarlas y no recurrir a la estricta prohibición así sin más.

11. ¿Cree que es positivo que cada comunidad autónoma legisle sus propias leyes en cuanto a esta materia?

Si, ya que lo podrían controlar mejor ellas mismas si es más reducido el terreno al que controlar, pero sin recurrir a la prohibición así porque sí.

12. Para acabar, algún consejo para aquellos que empiezan en este mundillo...

Primero: tener en cuenta la distancia de alcance del animal y siempre quedarse más lejos de dicha distancia

Segundo: nunca perder la calma ni la entereza

Tercero y lo más importante: ¡nunca se sabe bastante!

5. VENENOS Y MORDEDURAS

5.1. Características anatómicas a considerar

Las serpientes venenosas en su mayoría tienen cabeza triangular excepto *Lachesis muta* y *Crotalus durissus* en las que tiende a ser ovoide, carecen de párpado y una escama cubre el ojo que cambia con la ecdisis, en cuanto al movimiento de los ojos la *Bothrops* puede hacer un discreto movimiento ocular anteroposterior. El campo visual les permite ver objetos o animales que se mueven pero no el detalle.

El olfato está bien desarrollado, la lengua y el órgano de Jacobson son las estructuras que recogen y capturan las partículas olfatorias dispersas en la atmósfera; el órgano de Jacobson es una formación sacular, par, situado en la bóveda palatina, tapizada por un epitelio sensorial y comunicado con la boca por medio de un conducto. Cuando ambas ramas de la lengua penetran en dicha cavidad, ponen en contacto del epitelio las partículas químicas que estimulan las terminaciones del nervio encargado de transmitir dichos estímulos al cerebro, esto permite el reconocimiento de su presa, enemigos naturales y sexo contrario.

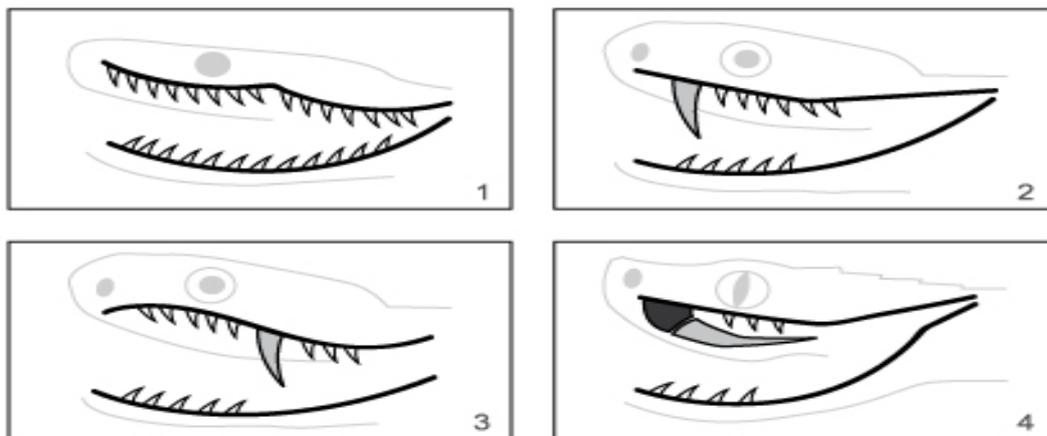
Las serpientes se consideran sordas ya que de los huesecillos solo poseen la *columella auris* que se encarga de conducir las vibraciones al oído interno, por ello perciben las ondas vibratorias del piso, pero no las sonoras, excepto cuando tienen una frecuencia aproximada de 500 ciclos o menos. También poseen un órgano sensorial; la Fosa termorreceptora alojada en una cavidad situada entre el orificio nasal y el ojo, se encuentra exclusivamente en las serpientes venenosas de las subfamilia Crotalina, con un radio aproximado de 14 pulgadas, este órgano capta las radiaciones infrarrojas del calor emitido por animales homeotermos, permite reconocer y localizar el sitio exacto donde se encuentra la víctima y posiblemente contribuye a regular la cantidad de veneno que debe inyectarle; además sirve como rasgo anatómico diferencial con respecto a serpientes inofensivas. El aparato venenoso es un mecanismo formado por la glándula venenosa, el colmillo inyector y los músculos que rodean la glándula y accionan todo el conjunto.

La glándula venenosa es una glándula salivar modificada. Es de forma ovoide, se halla situada a ambos lados de la cabeza, desde la parte posterior del maxilar superior hasta la comisura labial, en *Bothrops* esta glándula se adelgaza en su porción anterior para convertirse en conducto primario, después de un corto trayecto, este conducto sufre una dilatación y cambios en su estructura histológica que lo transforman en glándula

accesoria; esta glándula es más pequeña que la glándula principal, se considera esfínter y reservorio que controla el flujo de veneno, produce ciertos principios tóxicos, diferentes tipos de mucopolisacáridos y diluyentes del veneno. Sigue luego un conducto que vierte el producto de secreción en el colmillo inyector, llamado conducto secundario. De acuerdo con la forma y movilidad del maxilar superior, la distribución de la dentadura y la presencia del aparato venenoso existen variaciones estructurales; las proteroglifas tienen un maxilar superior alargado y en su extremo anterior tienen un colmillo pequeño de 2 a 3 mm de longitud, curvo, dirigido hacia atrás, perforado interiormente y comunicado con la glándula productora de veneno; estas características permiten suponer que el veneno al ser inoculado queda superficialmente en los tejidos y que mediante una succión rápida podría removerse una cantidad apreciable de dicho veneno, a este grupo pertenecen las corales, serpientes marinas y cobras de Asia y África.

Las solenoglifas presentan una disposición más dinámica; el maxilar superior es corto y voluminoso, se une un colmillo largo, perforado interiormente a manera de aguja hipodérmica, ligeramente curvo hacia atrás y comunicado con una glándula muy bien desarrollada, estos colmillos se mudan periódicamente y son reemplazados por los de reserva que van colocándose en su lugar cuando el colmillo funcional es eliminado, a veces es posible encontrar dos colmillos debido a que el nuevo se coloca antes de que el viejo haya sido eliminado. En víboras americanas como *Bothrops atrox* la longitud del colmillo puede alcanzar una longitud de 2cm.

Aquí tenemos un ejemplo de la disposición de los colmillos y dientes en las distintas dentaduras de las serpientes:



1) Aglifos

2) Proteroglifos

3) Opisthoglifos

4) Selenoglifos

5.2. Venenos

Los venenos de las serpientes son una saliva especializada que varía su composición de acuerdo con la especie; están compuestos principalmente por proteínas tóxicas y no tóxicas, y algunas con actividad enzimática que constituyen entre el 90 al 95% del peso seco y en muy bajo porcentaje por compuestos no proteicos como carbohidratos, nucleótidos, lípidos, iones como Na, K, Zn, Ca, Mg, Co, detritus celulares y bacterias.

Según los componentes del veneno se pueden clasificar en venenos neurotóxicos o venenos hemolíticos.

En los **venenos neurotóxicos** encontramos, por una parte, las alfa neurotoxinas en serpientes de la familia Elapidae, las cuales bloquean la transmisión neuromuscular a nivel postsináptico, impidiendo la unión de la acetilcolina y su receptor muscular, y parálisis del sistema nervioso periférico.

Por otra parte, las beta neurotoxinas encontradas en serpientes de la familia Elapidae y Viperidae bloquean la transmisión del impulso nervioso a nivel presináptico y paralizan la víctima.

Las cardiotoxinas bloquean la transmisión neuromuscular y la conducción axonal, despolarizan membranas, tienen acción anticolinesterasa, hemolítica, acción tisular local, acción citotóxica, contractura de músculo esquelético, contractura de músculo liso y arresto cardíaco.

Proteínas con actividad enzimática, como la hialuronidasa y la fosfolipasa A2 son comunes en la mayoría de los venenos o la acetilcolinesterasa y la fosfatasa ácida y alcalina encontradas en el veneno de los elápidos.

La hialuronidasa hidroliza el gel del ácido hialurónico del espacio intersticial, permitiendo una penetración más fácil del veneno a los tejidos, la fosfolipasa A2 y la lecitinasa A o hemolisina son responsables de acciones hemolíticas, neurotóxicas y liberadoras de histamina y de sustancias de reacción lenta; la acción hemolítica puede ser por hidrólisis de los fosfolípidos de la membrana celular del eritrocito, mediante la transformación de la lecitina del plasma en lisolecitina o la transformación de cefalina en lisocefalina.

En los **venenos hemolíticos** se encuentran sustancias que causan trastornos sanguíneos como trombocitopenia y/o hemorragia debido a principios activadores de plaquetas que incluyen proteínas, péptidos y glicoproteínas que inhiben o estimulan la acción plaquetaria.

Los venenos coagulantes pueden actuar por activación del factor X, por conversión de protrombina en trombina o por conversión directa de fibrinógeno en fibrina.

| Venenos neurotóxicos | Venenos hemolíticos |
|---|--|
| <p>-Por lo general, las serpientes suelen morder en los dedos y se quedan adheridas por unos segundos.</p> <p>-El veneno generalmente se inocula en tejido subcutáneo.</p> <p>-Dolor leve a moderado en el sitio de la mordedura y ligero edema.</p> <p>-Sin hemorragia, necrosis, ni cuadro inflamatorio. Pueden presentarse parestesias.</p> <p>-Neurotoxicidad: salivación, disartria, diplopía, ptosis palpebral, parálisis respiratoria, fasciculaciones, disnea, dificultad de deglución</p> <p>-El veneno se distribuye por vía linfática y hemática. Llega a las uniones neuromusculares, donde produce un bloqueo sináptico que acarrea el cuadro neurotóxico.</p> | <p>-Cualquier sitio anatómico.</p> <p>-Los venenos tienen composición muy compleja: diversas toxinas y enzimas que afectan múltiples procesos fisiológicos de la víctima.</p> <p>-Dolor severo, edema, sangrado local, equimosis, bulas y necrosis.</p> <p>-Efectos locales inmediatos y alteraciones sistémicas y en los casos moderados y severos.</p> <p>-Alteraciones sistémicas: náuseas, vómitos, hipotensión arterial, sudoración, fiebre, oliguria, sangrado sistémico.</p> <p>-La severidad del envenenamiento depende de la cantidad de veneno inoculado. Sitio: en la cabeza y tronco son más severas que en las extremidades. Peso y talla del sujeto (a menor volumen mayor rapidez de distribución a nivel sistémico, por eso, en niños el riesgo es mayor).</p> |

5.3. Actuación en caso de mordedura

Primeros Auxilios:

- Vendaje compresivo ligero de la zona de la mordedura, con una venda blanda y siguiendo las directrices clásicas de los vendajes. Es lo que se conoce como “Técnica Australiana”. Se fundamenta en el hecho de impedir la absorción del veneno por la vía linfática. Esta medida se recomienda ante la mordedura de cualquier especie de ofidio venenoso y en detrimento de otras técnicas antiguamente empleadas (torniquetes, corte y succión del veneno, amputación o cauterización de la zona).
- Traslado urgente del paciente al hospital de referencia.
- Control riguroso de la progresión del envenenamiento e inicio, si fuese necesario, de las medidas para mantener al paciente estable.
- Colocar vía venosa con sueroterapia de mantenimiento. Siempre en una extremidad contraria a la de la lesión y habiendo retirado joyas y objetos que puedan comprimir.
- Identificar la especie exótica causante del cuadro para la elección del antídoto a emplear.

Tratamiento hospitalario:

1. Ingreso en una unidad de vigilancia intensiva.
2. Búsqueda de signos de cardiotoxicidad, hemotoxicidad, neurotoxicidad, citotoxicidad y fallos sistémicos progresivos. Especial precaución con las alteraciones hemáticas tardías (tras 24-48h) y aún a pesar del tratamiento correcto y de una buena evolución inicial.
3. Administración del suero antiofídico pertinente y bajo las pautas recomendadas por los respectivos laboratorios farmacéuticos.
4. Previamente a la administración del suero, es obligatoria la realización de una prueba de hipersensibilidad al mismo, intentando evitar el desarrollo de una reacción de Tipo I durante la administración del antídoto.
5. Se aconseja la administración de corticoides intravenosos y antihistamínicos antes del suero y después de la prueba de hipersensibilidad. Los corticoides se mantendrán en pauta descendente intentando evitar el desarrollo de reacciones de Tipo III.
6. Revisión de la profilaxis antitetánica, profilaxis antibiótica y pauta analgésica a demanda, evitando el empleo de ácido acetilsalicílico. Limpieza y desinfección de la herida. Control de las necrosis perilesionales y del desarrollo de mionecrosis extensas y/o síndromes compartimentales. No realizar nunca fasciotomías profilácticas.

6. CONCLUSIONES

Las serpientes venenosas son un grupo de reptiles emergentes en nuestra sociedad, dónde no hay que olvidar que la mayoría de aficionados y especialistas que se dedican a ellas –con las instalaciones y requisitos correctamente- y que tanto han aportado en la difusión de información sobre estas especies lo han estado haciendo desde la sombra, debido a las múltiples trabas legales con las que se han encontrado.

Pero, ¿por qué ocurre esto? El hecho se encuentra en que tal y como se ha ido demostrando a lo largo del presente trabajo, la legislación actual sobre serpientes venenosas es pobre y sin fundamento, debido a que estas leyes no han sido elaboradas desde la experiencia y el conocimiento de estas especies. Sin ir más lejos, en Madrid legislaron sobre estos animales y aplicaron la misma regulación que se usa para perros englobando todo dentro de animales “potencialmente peligrosos”, poniendo al mismo nivel todos los reptiles de más de 2kg, anfibios, artrópodos venenosos, etc. Realmente se cometió un grave error, ya que el trato que debe recibir una serpiente de más de 2kg no es el mismo que el que debería recibir ni un perro, ni cualquier otro animal englobado como “potencialmente peligroso”.

Por eso, tal y como se ha demostrado, desde la ignorancia no se pueden elaborar este tipo de leyes. Sería fundamental que en la redacción de estas intervinieran especialistas y herpetólogos, por tal de regular mejor la vigilancia y el control de este campo.

El problema básico en España es que al encontrarnos con una pobre y carente legislación en este sentido, se prohíbe sin más.

Otros países como USA, donde la legislación es mucho más rica y avanzada, es más permisiva en este sentido, ya que facilita a aquellos que se dedican a este tipo de serpientes mantenerlas de forma legal tras pasar los controles específicos, verificar que las instalaciones son correctas en cuanto a seguridad y bienestar animal, y tener un buen seguro que cubra posibles daños.

En conclusión, el futuro de estos animales en cautividad se ha de regular de forma clara y coherente, además de realizar controles más exhaustivos. En este sentido, es lamentable que cualquier persona pueda adquirir animales de un extremado riesgo a través de foros u otros anuncios con esta facilidad, sin imposición alguna. Pero igual de lamentable es que un especialista u otro aficionado experto en el tema no puedan trabajar en este campo debido a las continuas prohibiciones. Para ello, todos deberíamos remar en una misma dirección.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson NL, Wack RF. (2000). Basic husbandry and medicine of pet reptiles. En: Birchard SJ, Sherding RG, (ed). Saunders Manual of Small Animal Practice. Philadelphia: WB Saunders. 1915-1919
2. Donoghue S. (1998). Nutrition of pet amphibians and reptiles. Seminars in Avian and Exotic Pet Med 7(3). 148-153
3. López RU (2009). Avances en ofidismo: atención de enfermería en casos de mordeduras de serpientes venenosas. Enfermería en Costa Rica, 29 (2). 17-22
4. Mitchell MA. (2004). Snake Care and Husbandry. Vet Clin Exot Anim, 7. 421-446
5. Rossi JV. (2006). General Husbandry and Management. En: Mader DR (ed). Reptile Medicine and Surgery. St Louis. WB Saunders, 25-41
6. Schmidt D (2000). Serpientes: mantenimiento y reproducción en cautividad. España. Hispano Europea.
7. Schwartz M, Wozniak EJ, Wisser J, (2006). Venomous Adversaries: A Reference to Snake Identification, Field Safety, and Bite-Victim First Aid for Disaster-Response Personnel Deploying Into the Hurricane-Prone Regions of North America. Wilderness and Environmental Medicine 17, 246-266
8. Lock B. (2008). Venomous Snake Restraint and Handling. J Exot Pet Med 17 (4), 273-284
9. WHO Guidelines for the Production Control and Regulation of Snake Antivenom Immunoglobulins.