

MEDICINA DE ANFIBIOS

Generalidades de los Anfibios

La Clase Amphibia, con más de 4000 especies descritas, representa una contribución significativa a la diversidad de los Vertebrados que viven en la Tierra. Los anfibios ocupan un importante nicho ecológico en el que la energía se transfiere desde sus presas principales, los invertebrados, a sus más directos depredadores, principalmente reptiles y peces.

Los primeros fósiles de anfibios se remontan a unos 350 millones de años. Las evidencias actuales indican que son descendientes de un grupo de peces similares a los celacantos (*Latimeria chalumnae*). Estos peces tenían pulmones funcionales y aletas óseas y lobuladas que servían de apoyo al cuerpo. Otras mejoras en las características de los anfibios permitieron que fuesen el primer grupo de vertebrados en asumir una existencia terrestre. El nombre de la clase Amphibia (derivado del griego "amphi", ambas y "bios", vida), hace referencia a las dos etapas que tienen en su vida, acuática y terrestre.

Hay numerosas características que demuestran que los anfibios son un paso evolutivo entre los peces y los reptiles: por ejemplo, el corazón con tres cámaras, que representa un paso intermedio entre el corazón de dos cámaras de los peces y el corazón más avanzado de tres cámaras de los reptiles.

Esa tendencia hacia la vida terrestre se hace también evidente en lo que se refiere al sistema respiratorio. La mayoría de las especies pasan por fases larvarias acuáticas en las que se produce el intercambio gaseoso en branquias externas. La metamorfosis a adultos, por lo general de forma terrestre, da lugar al desarrollo de los pulmones. Estos pulmones primitivos son relativamente ineficaces en comparación con los de otros vertebrados terrestres, de manera que la respiración se complementa con el intercambio de gases que se produce a través de la piel. La piel tiene una gran cantidad de glándulas que segregan una serie de productos que ayudan a mantener una superficie de intercambio suficientemente húmeda; sin embargo, los anfibios han restringido su hábitat a zonas húmedas.

La mayoría de los anfibios son ovíparos, de forma similar a los peces y a la mayoría de los reptiles. Sin embargo, no pueden situar sus huevos en medios completamente acuáticos, ya que carecen de la membrana o cáscara impermeable de los reptiles y de las aves, de ahí que deban ser depositados en lugares muy húmedos para evitar la desecación.

Las fases larvarias dependen de las aletas para desplazarse por el medio acuático, de manera semejante a como lo haría un pez. La metamorfosis conlleva el desarrollo de extremidades para la locomoción terrestre. El ciclo vital doble se hace patente cuando las extremidades de

muchos anfibios conservan sus adaptaciones al movimiento en un entorno acuático, como la presencia de membranas interdigitales.

TAXONOMÍA:

Los Anfibios se clasifican en tres órdenes:

- 1.-Anura (*Salientia*): ranas y sapos.
- 2.-Caudata (Urodelos): salamandras, tritones y sirenas.
- 3.-Gymnophiona (Apoda): cecílicos.

a.-Anura:

Los Anuros representan, con bastante diferencia, el grupo con mayor diversidad de todos los Anfibios, con más de 3.500 especies agrupadas en 21 Familias. Anuro proviene del griego y significa "sin cola"; a excepción de las ranas con cola (*Leiopelmatidae*), el resto de los Anuros tienen una cola muy poco desarrollada o carecen por completo de ella. Las larvas se diferencian bien de los adultos y carecen de dientes. No presentan neotenia, condición por la cual los animales se pueden reproducir aunque su desarrollo se haya detenido en la fase larvaria. En la siguiente tabla se enumeran las distintas familias de los Anuros y las especies más representativas:

<u>Familia</u>	<u>Especies representativas</u>
<i>Brachycephalidae</i>	Sapos dorados
<i>Bufo</i>	Sapos típicos
<i>Centrolenidae</i>	Ranas de cristal
<i>Dendrobatidae</i>	Ranas flecha
<i>Discoglossidae</i>	Sapos parteros
<i>Heleophrynidae</i>	Ranas fantasma
<i>Hylidae</i>	Ranitas de San Antonio
<i>Hyperoliidae</i>	Ranas de cañaveral
<i>Leiopelmatidae</i>	Ranas neozelandesas
<i>Leptodactylidae</i>	Ranas de lluvia
<i>Microhylidae</i>	Ranas de boca estrecha
<i>Myobatrachidae</i>	Ranitas australianas
<i>Pelobatidae</i>	Sapos de espuelas
<i>Pelodytidae</i>	Sapillos perejil
<i>Pipidae</i>	Ranas sin lengua
<i>Pseudidae</i>	Ranas arlequín
<i>Ranidae</i>	Ranas típicas
<i>Rhacophoridae</i>	Ranas arborícolas del viejo mundo
<i>Rhinodermatidae</i>	Ranas de Darwin
<i>Rhinophrynidae</i>	Sapos cavadores mejicanos
<i>Sooglossidae</i>	Ranas de Seychelles

b.-Caudata:

Este Orden comprende nueve familias, con alrededor de 375 especies descritas. Los Urodelos tienen una larga cola y sus formas larvianas con dientes suelen tener un aspecto similar al de los adultos. La neotenia es común en las familias de las salamandras, como el ajolote mejicano (*Ambystoma mexicanum*), el ejemplo más común.

<u>Familia</u>	<u>Especies representativas</u>
<i>Ambystomatidae</i>	Salamandras topo
<i>Amphiumidae</i>	Anfiumas
<i>Cryptobranchidae</i>	Salamandras gigantes
<i>Dicamptodontidae</i>	Salamandras americanas
<i>Hynobiidae</i>	Salamandras asiáticas
<i>Plethodontidae</i>	Salamandras apulmonadas
<i>Proteidae</i>	Salamandras neoténicas
<i>Salamandridae</i>	Salamandras y tritones
<i>Sirenidae</i>	Sirenas

c.-Gymnophiona:

Aunque hay aproximadamente unas 160 especies de cecílicos conocidos, clasificadas en seis familias, es muy poco probable que visiten alguna clínica veterinaria. Carecen de extremidades, tienen el cuerpo alargado parecido al de un gusano y la cola es corta o ausente.

<u>Familia</u>	<u>Especies representativas</u>
<i>Caeciliidae</i>	Cecílicos comunes
<i>Ichthyophiidae</i>	Cecílicos pez
<i>Rhinatreumatidae</i>	Cecílicos sudamericanos
<i>Scolecophoridae</i>	Cecílicos tropicales
<i>Typhlonectidae</i>	Cecílicos acuáticos
<i>Uraeotyphlidae</i>	Cecílicos indios

METABOLISMO:

Basándonos en la teoría de la escala metabólica, en general, los anfibios de mayor tamaño requieren proporcionalmente menos calorías que los animales más pequeños. Los requerimientos metabólicos también varían según la temperatura ambiental y el grado de actividad. Las especies más activas que buscan su comida, como las ranas *Dendrobates*, necesitan más energía que las especies que cazan por sorpresa, como los

escuerzos o ranas cornudas (*Ceratophrys spp.*). La tasa metabólica se incrementará 1,5- 2 veces en caso de enfermedad o después de una cirugía, y hasta 9 veces si se desarrolla una actividad intensa.

HOMEOSTASIS TERMORREGULADORA E HÍDRICA:

Los anfibios son poiquiloterms (ectotérmicos), es decir, dependen de la combinación del calor del medio ambiente y las adaptaciones de su comportamiento para mantener una temperatura corporal idónea. Esta temperatura dependerá de una serie de factores, incluyendo la especie, la edad y la estación del año, y es esencial para un óptimo metabolismo. Sin embargo, la temperatura ideal del cuerpo también viene marcada por procesos metabólicos específicos; por ejemplo, es probable que la temperatura corporal necesaria para una digestión óptima sea distinta de la requerida para la formación de gametos.

Los Anfibios presentan distintas adaptaciones fisiológicas y de comportamiento que les permiten controlar su temperatura corporal.

Las más evidentes son el control de la postura y la locomoción, que permite que el anfibio busque o se aleje de forma activa de las fuentes de calor. Otro método importante en la termorregulación es la vasodilatación y la vasoconstricción periférica para regular la temperatura corporal, a menudo combinado con secreciones glandulares para regular el enfriamiento por evaporación en algunas especies. Otra adaptación importante es el cambio en el color de la piel para modular la absorción de la energía solar, que se ha estudiado en los anuros terrestres. Los melanóforos (células pigmentarias ricas en melanina) de la piel de los anfibios pueden controlar la agregación o dispersión de la melanina, con lo que pueden hacer que la coloración de la piel se vuelva más clara, potenciando así la reflexión de las radiaciones y disminuyendo la absorción de calor durante el día. Además, algunos anuros tienen una piel extraordinariamente alta en reflectividad para el espectro cercano al infrarrojo (700-900 nm), debido a sus iridóforos (células pigmentarias de color), lo que reduce significativamente la acumulación del calor solar.

Por último, se han observado adaptaciones fisiológicas importantes en anuros salvajes y urodelos silvestres de climas templados para sobrevivir durante el invierno. Por ejemplo, adaptaciones proteicas (aumento del fibrinógeno, las proteínas del shock y las proteínas transportadoras de glucosa, así como la aparición de proteínas nucleantes del hielo en la sangre, que regulan la formación de cristales de hielo), la acumulación de hidratos de carbono de bajo peso molecular (glicerol o glucosa) en la sangre y en los tejidos, el aumento de la osmolaridad del plasma mediante deshidratación.

Estas adaptaciones sirven para disminuir el punto de congelación de los tejidos (superenfriamiento) y promover la formación de hielo en los compartimentos extracelulares. Los anfibios que son tolerantes a la congelación también suelen tener una buena tolerancia a la anoxia en los tejidos durante la isquemia inducida por congelación.

La fisiología, el comportamiento y las patologías y tratamientos están influenciados por la temperatura, por lo que es importante que el clínico sepa que los anfibios deben mantenerse en ambientes que les permitan estar en su zona de temperatura óptima preferida para una adecuada homeostasis metabólica. Es igualmente importante que no se expongan a variaciones bruscas de la temperatura, porque podrían producirse fenómenos de shock térmico.

Los recintos que posean diferentes zonas térmicas son ideales para que los anfibios puedan regular su temperatura de forma normal.

Debido a la permeabilidad de la piel de la mayoría de los anfibios, la desecación es siempre una amenaza para su supervivencia, por lo que se hace necesario desarrollar adaptaciones fisiológicas y determinados comportamientos para asegurar la homeostasis hídrica tanto en ambientes acuáticos como terrestres. Las actividades y la tasa de actividad de los anfibios son limitadas, debido a que la pérdida de agua por evaporación es mayor que la de otros vertebrados terrestres. Algunas especies de anfibios, como los ajolotes y los necturos moteados (*Necturus maculosus*), dependen totalmente de un medio ambiente acuático e incluso la mayoría de los anfibios terrestres debe permanecer húmedos para que el intercambio de gases pueda ser eficaz. Para la mayoría de las especies de anfibios en cautividad, una humedad relativa superior al 70% es la adecuada, porque proporciona un gradiente de humedad y los animales pueden seleccionar el nivel que es conveniente para ellos. El clínico debe tener en cuenta siempre la importancia de examinar a los pacientes anfibios en instalaciones con un ambiente lo suficientemente húmedo.

Los diferentes comportamientos para reducir al mínimo las pérdidas de agua incluyen cambios posturales y la limitación de las actividades a los períodos de elevada humedad. En las ranas mono (*Phyllomedusa spp.*), se describe habitualmente su adaptación fisiológica para evitar la pérdida de agua, que es probable que exista en otras especies de ranas; consiste en segregar una sustancia impermeable al agua a partir de las glándulas sebáceas de la piel. Esta secreción ceruminosa se extiende sobre la superficie de la rana mediante movimientos estereotipados de las extremidades, garantizando así una resistencia a las pérdidas de agua por evaporación similar a la de muchos reptiles. Otros mecanismos fisiológicos descritos en los anfibios terrestres consisten en la concentración de iridóforos en la dermis y de moco seco sobre la epidermis. Es importante darse cuenta que estos mecanismos de protección a menudo están ausentes en la superficie ventral de los anfibios; esta zona es una ruta importante de absorción de agua del ambiente. Algunos anuros tienen incluso un área modificada en la parte ventral de la pelvis denominada "parche bebedor", responsable de la captación de hasta un 80% del agua.

Los anfibios acuáticos se enfrentan a un problema diferente, ya que están constantemente inmersos en un ambiente hipo-osmótico. La sobrehidratación es una amenaza constante, ya que la expansión del plasma

resulta en estrés cardíaco. Para combatirlo, se han desarrollado mecanismos fisiológicos para eliminar el exceso de agua conservando los solutos del plasma.

Anatomía y fisiología general de los Anfibios

Los tres órdenes de anfibios son muy diferentes en lo que respecta a su apariencia externa. Las salamandras y los tritones tienen forma de lagartija, están recubiertos de piel rica en glándulas, tienen cuatro extremidades (excepto las sirenas, que carecen de miembros posteriores) y carecen de uñas. Algunas especies presentan branquias externas. La cola suele ser aplanada lateralmente. Su longitud total varía desde los 4 cm hasta más de 1,5 metros.

Los anuros, es decir, las ranas y sapos, carecen de cola cuando son adultos. Las branquias externas están ausentes. Suelen tener las extremidades posteriores más largas que las anteriores y los pies y las manos están palmeados, pero sin uñas. La piel es rica en glándulas y puede ser lisa o granulosa. La longitud del cuerpo varía entre 1 y 30 cm.

Los cecilios no tienen extremidades y parecen serpientes o gusanos. Cuando tienen cola, es muy corta. En el surco nasolabial tienen pequeños tentáculos olfatorios y sensoriales que quedan por delante del ojo. Su longitud total es de unos 7,5-75 cm.

SISTEMA ESQUELÉTICO:

Hay una gran diversidad de elementos esqueléticos entre los anfibios. Los cecilios carecen de las cinturas torácica y pelviana, así como del sacro. La locomoción en este grupo se consigue principalmente a partir de contracciones de las distintas regiones del tronco, de forma parecida a como lo haría un gusano (movimiento vermiforme) o mediante ondulaciones laterales como las que desarrolla una anguila.

Las salamandras y los tritones suelen tener cuatro extremidades, aunque las posteriores están muy reducidas en las anfiumas (*Amphiuma spp.*) y no existen en las sirenas (*Siren spp.* y *Pseudobranchius spp.*) Por lo general, tienen cuatro dedos en las extremidades anteriores y cinco en las posteriores, aunque puede variar entre las distintas especies. Estos animales pueden ser capaces de regenerar los dedos y las extremidades amputadas. En la cola de muchas especies hay planos de corte o zonas preformadas de rotura para que la cola pueda soltarse del cuerpo cuando el animal se siente amenazado o se lesione dicho apéndice. Este fenómeno se denomina autotomía; la cola amputada se regenera.

Los Anuros presentan distintas adaptaciones para la locomoción a saltos. Tienen cuatro extremidades, siendo las posteriores más largas. Suelen tener cuatro dedos en las extremidades anteriores y cinco en las posteriores.

Las vértebras están fusionadas y la columna vertebral se divide en región presacra, sacra y postsacra. No existe un hueso sacro como tal y la cintura pelviana se encuentra fusionada. La extremidad anterior está compuesta por el húmero, un radiocúbito fusionado y huesos carpianos, metacarpianos y falanges; la extremidad posterior la forman el fémur, un tibioperoné fusionado y huesos tarsianos, metatarsianos y falanges. En lugar de vértebras caudales existe un hueso urostilo fusionado. Los renacuajos pueden regenerar sus extremidades, pero no así los anuros adultos en la mayoría de los casos.

SISTEMA CARDIOVASCULAR:

El sistema cardiovascular de los anfibios está compuesto de arterias, venas y de estructuras linfáticas bien desarrolladas. El corazón de los anfibios tiene tres cámaras: dos aurículas y un ventrículo. El tabique interauricular se encuentra abierto en los cecilios y en la mayoría de las salamandras, pero es completo en los anuros, lo que permite que haya diversos grados de mezcla de sangre oxigenada y no oxigenada.

La linfa de los anfibios contiene todos los componentes de la sangre, a excepción de los eritrocitos. El sistema linfático tiene corazones linfáticos (también conocidos como sacos linfáticos o vesículas linfáticas) que laten de forma independiente al corazón con una frecuencia de 50-60 pulsaciones por minuto. Estas estructuras garantizan el flujo unidireccional de la linfa de regreso al corazón.

La elección de los lugares de punción venosa dependerá del tamaño y de la especie. En los anuros, los sitios potenciales son:

- Corazón (cardiocentesis).
- Vena abdominal ventral (a menudo visible a través de la piel en ranas de gran tamaño).
- Vena femoral.
- Vena lingual.

En las salamandras y los tritones es más fácil el acceso a la vena cóxigea ventral.

SISTEMA INMUNITARIO:

La composición celular de la sangre de los anfibios está formada por eritrocitos ovalados y nucleados, trombocitos, células monocíticas (linfocitos y monocitos) y células granulocíticas escasamente descritas que no son análogas a los granulocitos de los mamíferos, pero con similares características de tinción.

Algunos anfibios terrestres tienen médula ósea, aunque no funciona de la misma forma que en los vertebrados superiores.

Los Cecilios carecen de médula ósea funcional, al igual que las salamandras acuáticas, que dependen de centros equivalentes en el hígado y en los riñones. Las salamandras terrestres tienen centros de

linfomiocitopoyesis en la médula ósea, mientras que en los anuros, la médula ósea se dedica exclusivamente a la linfocitopoyesis y a la mielotrombocitopoyesis.

El bazo de los anfibios contiene un mosaico de pulpas blanca y roja que sirven de centro de mielopoyesis y eritropoyesis, respectivamente. Todos los anfibios poseen timo, que es una de las fuentes de producción de linfocitos T, y se mantiene funcional a lo largo de la vida del animal. El tamaño del bazo y del timo puede verse afectado por las variaciones estacionales. Otros factores, como la desnutrición y el estrés crónico, pueden llevar a la involución del timo. Los Anfibios no tienen ganglios linfáticos, sin embargo, el tracto intestinal contiene agregados dispersos de tejido linfoide conocido como tejido linfoide asociado al intestino.

SISTEMA RESPIRATORIO:

En los anfibios, el intercambio de gases se produce siempre a través de una superficie húmeda. Aunque la respiración cutánea es importante tanto en las larvas como en los adultos, en general, las larvas de los anfibios utilizan las estructuras branquiales para la respiración, mientras que los adultos utilizan los pulmones, aunque hay muchas excepciones. Existen tres modos de respiración en los Cecilios y los anuros adultos: pulmonar, cutánea y bucofaringea. Los urodelos presentan un cuarto modo, la respiración branquial a partir de las estructuras branquiales observadas en las especies neoténicas como las sirenas, los necturos, los ajolotes y las salamandras ciegas de Texas.

En la mayoría de los anfibios, la estructura de las branquias muestra cierta variabilidad dependiendo de la especie y su entorno. Las branquias de las larvas de anuros suelen ser más pequeñas y más simples que las de las larvas de salamandras y tritones. Mientras que los arcos branquiales de los renacuajos están cubiertos por un opérculo, en muchas especies de salamandras y tritones, principalmente en las especies neoténicas, las branquias son externas. Las branquias de la mayoría de los cecilios se reabsorben antes del nacimiento o la eclosión, mientras que las branquias de los anuros se reabsorben durante la metamorfosis. La mayor parte de las especies terrestres de salamandra pierden las branquias y desarrollan pulmones como los anuros; sin embargo, muchas de las especies neoténicas conservan sus branquias además de desarrollar pulmones normales. Algunas familias de salamandra, en particular *Plethodontidae* e *Hynobiidae*, carecen de pulmones o tienen pulmones de tamaño reducido.

Los pulmones de los anfibios son estructuras simples en forma de saco, sin alveolos verdaderos. Como resultado, la mayoría de los pulmones se dividen en su interior por delicados pliegues reticulados de tejido pulmonar que aumentan significativamente la superficie de intercambio de gases. La tráquea presenta anillos cartilaginosos completos y tiene una longitud variable, dependiendo de la especie, aunque generalmente es corta y se bifurca rápidamente dando lugar a los bronquios primarios.

Los anfibios carecen de diafragma, de modo que se basan en la coordinación de movimientos de sus músculos axiales y apendiculares para el intercambio de gases en los pulmones. El intercambio bucofaringeo de gases se produce durante la acción de bombeo de la laringe en la inspiración y la espiración. Durante los períodos de baja disponibilidad de oxígeno (por ejemplo, en la hibernación), los anfibios pueden emplear la respiración cutánea. Como la respiración cutánea no es tan eficiente como la respiración pulmonar, muchos anfibios han desarrollado estructuras tegumentarias especializadas, tales como los pliegues laterales, los surcos costales o los "pelos" cutáneos, como se observa en las ranas peludas africanas (*Trichobatrachus spp.*).

SISTEMA DIGESTIVO:

Aunque muchas larvas de anfibios son herbívoras, los adultos son exclusivamente carnívoros y gran parte de su dieta está formada por una gran variedad de invertebrados. Los Cecilios utilizan fundamentalmente el olfato para localizar a sus presas, mientras que los urodelos y los anuros emplean la vista como principal sentido para la búsqueda de su alimento.

La respuesta de caza viene desencadenada por el movimiento de la presa. Los anuros, por ejemplo, se alimentan vorazmente y tienden a comer cualquier cosa que les quepa en su boca. Por ello, la sobrecarga del estómago, las impactaciones, así como la ingestión de objetos no alimenticios como la gravilla o el musgo, suelen ser habituales.

Todos los órdenes de anfibios tienen dientes pedunculados articulados. La corona está poco unida a la base o pedúnculo del diente que, a su vez, está unido a la mandíbula. Las coronas suelen estar curvadas en dirección a la faringe y su función es sujetar la presa, más que masticar. Los dientes se caen y se reponen durante toda la vida del animal. Los cecilios, las salamandras y los tritones, así como algunos anuros tienen una o dos filas de dientes maxilares y mandibulares. Los ránidos carecen de dientes mandibulares y los sapos del género *Bufo* no tienen dientes de ningún tipo. Muchas especies también tienen dientes vomerianos y palatinos en el techo de la boca.

La lengua de la mayoría de los anuros y salamandras se proyecta fuera de la boca para capturar el alimento (los cecilios tienen una lengua fija y las ranas de la familia *Pipidae* carecen de lengua). En algunas especies, la lengua puede ser proyectada hasta el 80% de la longitud total del animal. La lengua se extiende y se proyecta hacia el exterior (de modo que la cara caudodorsal de la lengua doblada se convierte en cara rostroventral), de manera que la superficie de la lengua se adhiere a la presa, para retraerse a continuación de nuevo hacia la boca. Toda esta acción puede producirse en escasamente unos 50 milisegundos. Una vez retraída la lengua, se eleva el

suelo de la boca y se cierran los párpados, forzando ventralmente a los globos oculares. Esto hace que el alimento se desplace caudalmente hacia la faringe.

El tubo digestivo es relativamente corto y similar al de otros vertebrados. Las heces se dirigen hacia la cloaca, una abertura común para los sistemas digestivo, urinario y reproductor.

El hígado de los anfibios se encuentra posterior y ventral al corazón. Su anatomía es variable en función del grupo taxonómico, pero en general se ajusta a la forma del cuerpo de los anfibios. Los anuros tienen un hígado bilobulado, mientras que los anfibios con cola tienen un hígado ligeramente alargado y de bordes marcados; los cecilios tienen un hígado con bordes ligeramente marcados y es bastante alargado. La vesícula biliar de todos los grupos está íntimamente asociada con el hígado y presenta un conducto biliar que conecta con el duodeno. En algunas especies se une con el conducto pancreático antes de desembocar en el tracto intestinal.

Desde las primeras etapas embrionarias hasta la etapa adulta, el hígado actúa como un importante centro de hematopoyesis en los anfibios. Además, durante las fases metamórficas hay un aumento en la producción de leucocitos a nivel hepático y desempeña un papel importante en la función inmunitaria, con una población relativamente importante de melanomacrófagos pigmentados y células de Kúpfer no pigmentadas. El número de melanomacrófagos del hígado de algunas especies de anfibios está determinado por variaciones estacionales y aumenta con la edad y con la estimulación antigénica en todas las especies. Es frecuente encontrar melanomacrófagos en aspirados celómicos en anfibios con celomitis o ascitis.

Al igual que ocurre en los vertebrados superiores, el hígado de los anfibios también juega un papel importante en la síntesis de compuestos nitrogenados, en las reacciones antioxidantes, en el metabolismo de varias sustancias endógenas y exógenas, en el metabolismo de la glucosa, en la síntesis de proteínas y en el metabolismo de los lípidos y del hierro.

SISTEMA URINARIO:

Los anfibios tienen riñones mesonéfricos que no son capaces de concentrar la orina por encima de la concentración de solutos del plasma. La vejiga urinaria, que es bilobulada en muchos cecilios, se forma en el embrión como una evaginación de la cloaca. La orina pasa de los túbulos renales a los tubos colectores, después a la cloaca y, por último, a la vejiga. Por todo ello, no se espera que la orina sea estéril.

Los anfibios excretan una gran variedad de desechos nitrogenados en función del hábitat y de la necesidad de preservar el agua. Las larvas y la mayoría de los adultos acuáticos excretan amoníaco a través de los riñones, la piel o las branquias. Las especies terrestres convierten en el hígado el amoníaco tóxico en urea, algo menos tóxico. La urea puede ser

almacenada en la vejiga urinaria y se elimina cuando el agua está fácilmente disponible. Algunos anuros muy especializados, como la rana mono encerada (*Phyllomedusa sauvagii*), son uricotélicos, lo que significa que conservan más agua mediante la conversión de los desechos de nitrógeno en ácido úrico. La rana africana de uñas (*Xenopus laevis*) puede pasar de la producción de amoníaco a la de urea en función de la disponibilidad de agua en el entorno.

SISTEMA REPRODUCTOR:

Los anfibios tienen dos ovarios o dos testículos, según sean hembras o machos. En el macho, el esperma viaja desde los testículos hasta la cloaca a través del conducto de Wolff. En la hembra, los folículos formados en el ovario y, después de su ruptura, liberan ovocitos hacia el infundíbulo y luego hacia el oviducto. Una característica anatómica destacable del género *Bufo* es el órgano de Bidder. Esta estructura es un resto de tejido ovárico localizado en los testículos; en él pueden verse ovocitos inmaduros en un corte histológico. Esta peculiaridad no debe interpretarse como hermafroditismo, en modo alguno.

Algunos anfibios presentan dimorfismo sexual. En la práctica, en las especies que suelen verse con mayor frecuencia como mascotas pueden seguirse las siguientes pautas:

-En la rana toro (*Rana catesbeiana*), los machos tienen las membranas timpánicas de mayor tamaño que las hembras.

-En la rana arborícola de Indonesia (*Pelodytes caerulea*), los machos desarrollan almohadillas nupciales en la época de reproducción, mientras que las hembras carecen de ellas.

-En la rana flecha tintorera (*Dendrobates tinctorius*), el macho tiene unos dedos grandes y triangulares, mientras que la hembra tiene la punta de los dedos más redondeada y son de menor tamaño.

-Los machos adultos de la rana de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*) son más pequeños que las hembras.

El tamaño y la actividad de las gónadas van a variar según el estado reproductivo. En función de la especie, la época de reproducción puede verse influida por la temperatura, la lluvia o los cambios en la duración de los días. La vocalización de otros individuos también puede contribuir a la sincronización reproductora entre los anuros.

Los cecilios tienen cópulas y la fertilización es interna. La cloaca evertida del macho forma el falodeo, que deposita esperma en la cloaca de la hembra. Un 75% de los cecilios, aproximadamente, son vivíparos; los jóvenes que están desarrollándose pueden utilizar el recubrimiento del oviducto como fuente del alimento.

La mayor parte de las salamandras y tritones tienen fertilización interna. Los machos carecen de órgano "copulador", de manera que depositan paquetes de esperma, denominados espermatóforos, sobre el sustrato. La hembra recoge estos espermatóforos mediante su abertura

cloacal y los almacena en la cloaca hasta que pone los huevos. Las salamandras terrestres asiáticas (*Hynobiidae*) y las salamandras gigantes (*Cryptobranchidae*) son la excepción, ya que los machos liberan esperma sobre las masas de huevos que han sido depositadas en el exterior.

El número y tamaño de los huevos varía mucho en las distintas especies. Los huevos suelen estar rodeados por una envoltura traslúcida gelatinosa y se depositan en grupos en el agua dulce o en hábitats terrestres húmedos. Se cree que la pigmentación melánica de los huevos los protege de la radiación ultravioleta y ayuda a concentrar el calor para calentarlos. La incubación se prolonga por espacio de horas (unas 24 horas en los sapitos arlequines, *Atelopus spp.*) o durante varios meses. En el momento de la eclosión, las glándulas del hocico de las larvas producen enzimas que disuelven la cápsula del huevo. La duración de la etapa larvaria depende de la especie y de la temperatura.

SISTEMA ENDOCRINO:

El sistema endocrino de los anfibios ha sido estudiado como modelo representativo para el resto de los vertebrados, debido a la gran similitud de sus órganos con los de los reptiles, las aves y los mamíferos. Sin embargo, mientras que la función de varios de los órganos endocrinos es similar en otros vertebrados, los productos de secreción presentan, a menudo, diferencias estructurales significativas con los análogos de otros vertebrados.

Las glándulas adrenales de los anfibios se encuentran en estrecha relación con los riñones, aunque su ubicación exacta varía enormemente según la especie. Al igual que los reptiles y las aves, la glándula adrenal presenta homogeneidad en la superficie de corte e histológicamente está formada por una corteza entremezclada con elementos medulares, en lugar de tener una clara delimitación entre la corteza y la médula, como ocurre en los mamíferos. La glándula adrenal produce corticoides, adrenalina (epinefrina) y noradrenalina (norepinefrina).

La glándula tiroidea es el principal responsable del control de la metamorfosis en las larvas de anfibios y, al igual que en otros vertebrados, produce triyodotironina (T_3) y tetrayodotironina (T_4). La glándula tiroidea es también responsable del control de la muda o ecdisis. El hipotálamo es el responsable de controlar la secreción de hormona estimulante de la tiroidea (TSH) a partir de la hipófisis que, a su vez, controla la producción de T_3 y T_4 . La neotenia se produce por la incapacidad del hipotálamo para producir factores de liberación que estimulen la producción de TSH en la hipófisis y su posterior liberación. En las especies neoténicas facultativas, como la salamandra tigre (*Ambystoma tigrinum*), el deterioro de las condiciones ambientales desencadenará la metamorfosis al estimular el hipotálamo para que se comience a producir la hormona liberadora. Sin embargo, en las especies neoténicas obligadas, que nunca sufren metamorfosis en condiciones

naturales, como el ajolote mejicano, (*Ambystoma mexicanum*), sólo la administración de tiroxina provocará la finalización de la metamorfosis.

La glándula pituitaria es también responsable de la producción de hormona adrenocorticotropa (ACTH), hormona antidiurética (ADH), arginina vasotocina (similar a la vasopresina de los mamíferos), hormona estimulante de los folículos (FSH), hormona luteinizante (LH), hormona estimulante de los melanóforos (MSH), oxitocina y prolactina. Los otros órganos endocrinos (y sus productos de secreción asociados) son las gónadas (estrógenos, progesterona, testosterona), el páncreas (insulina), las glándulas paratiroides (calcitonina, hormona paratiroidea), la glándula pineal (melatonina), los cuerpos ultimobranquiales (calcitonina) y el timo (timosina).

SISTEMA NERVIOSO:

El sistema nervioso de anfibios ha sido objeto de estudio durante décadas en los laboratorios. Al igual que ocurre en todos los vertebrados, existe un sistema nervioso central y un sistema nervioso periférico. El cerebro está ligeramente más desarrollado que en los peces, aunque tienen una capacidad de integración modesta, en comparación con la de las aves o los mamíferos. El bulbo raquídeo controla la mayor parte de las actividades corporales, mientras que el cerebelo es el responsable del control del equilibrio, más que de la coordinación motora fina, como ocurre en las clases de tetrápodos más desarrolladas. La mayor parte del cerebro se dedica a las funciones básicas, como la visión, el oído y el olfato.

Existe cierta controversia sobre si existen 10 ó 12 pares de nervios craneales; los que proponen 10 pares clasifican al nervio accesorio (par craneal XI) y al nervio hipogloso (par craneal XII) como nervios espinales. La médula espinal de los cecilios y los urodelos llega hasta la punta de la cola, mientras que en los anuros termina en la región lumbar, de modo que hay un paquete de nervios espinales que discurren por el canal medular y forman la "cola de caballo" (cauda equina). Al igual que sucede en los vertebrados superiores, los anfibios con extremidades bien desarrolladas presentan dos ensanchamientos de la médula espinal en las regiones cervical caudal y lumbar que controlan el movimiento de las extremidades y forman los plexos braquial y pélvico, respectivamente.

Las etapas larvares y las formas adultas acuáticas de los anfibios poseen el sistema de línea lateral, ausente en anfibios terrestres. Los nervios de la línea lateral, derivados de los nervios craneales, inervan a los receptores sensibles a la presión situados en la cabeza y a lo largo de los flancos del cuerpo. La línea lateral es responsable de la percepción de vibraciones de baja frecuencia y sirve para detectar objetos fijos o móviles mediante reflexión de las ondas.

SENTIDO DEL OIDO:

Las estructuras encargadas de la audición varían mucho entre los distintos anfibios; por ejemplo, los anuros, en particular, tienen muy bien desarrollado el oído. Carecen de oído externo u orejas y la membrana timpánica es la responsable de la transmisión de los sonidos de alta frecuencia a la columela del oído medio, que luego los transfiere a las áreas sensoriales del laberinto membranoso en el oído interno. En muchas especies de anfibios, los sonidos de baja frecuencia son transmitidos al oído interno a través de un hueso opercular que recibe las vibraciones de las extremidades anteriores.

SENTIDO DE LA VISIÓN:

Las estructuras oculares están bien desarrolladas en los anfibios, a excepción de los cecilios y varias salamandras cavernícolas; las especies terrestres han tenido un posterior desarrollo evolutivo de las glándulas lagrimales y de los párpados. El cristalino, en lugar de cambiar su forma para poder enfocar como harían los mamíferos, se desplaza hacia la córnea o se separa de ella. El diámetro de la pupila se adapta a los cambios en la iluminación ambiental, sin embargo, el iris está formado por músculo estriado controlado de forma voluntaria, lo que dificulta la evaluación de las respuestas de la pupila a la luz por parte del clínico. La retina de la mayoría de los anfibios terrestres es compleja, pero la visión en casi todos ellos se basa más en el reconocimiento de formas en el campo visual que en la agudeza visual propiamente dicha. Distintos tipos de células ganglionares de la retina responden a características distintas del campo visual, lo que permite que un anfibio construya una imagen tosca pero útil de su entorno. Aproximadamente un 90% de la información visual se procesa en la retina, mientras que sólo el 10% restante se transmite a los centros reflejos de los lóbulos ópticos. Se piensa que esta retina tan bien desarrollada sirva para compensar un cerebro relativamente simple.

SENTIDOS DEL GUSTO, TACTO Y OLFATO:

Estos sentidos están bien desarrollados en los anfibios. Existen papilas gustativas en la lengua, en el paladar y en las mucosas de la mandíbula y del maxilar. Los receptores táctiles se encuentran dispersos por toda la dermis. Además del epitelio olfativo especializado que recubre la cavidad nasal, los anfibios también poseen un órgano sensorial llamado órgano de Jacobson. Se compone de un par de sacos ciegos revestidos de epitelio, que están conectados a la cavidad nasal por conductos e inervados por una rama del nervio olfativo. Este órgano es responsable de la detección de productos químicos en el aire, tales como las feromonas, y se cree que es más importante en la regulación del comportamiento que en la simple detección del alimento.

TEGUMENTO O PIEL:

El tegumento de los anfibios es sin duda uno de los sistemas orgánicos más importantes. Las funciones de la piel no sólo son de protección, sino que también es un órgano sensorial y juega un papel fundamental en la homeostasis hídrica y termorreguladora, en el reconocimiento entre sexos y en la reproducción.

Al igual que en el resto de vertebrados, la piel de los anfibios consta de una capa epidérmica y de una capa dérmica. Aunque la epidermis consta de varias capas de células, es considerablemente más delgada que en el resto de los tetrápodos; el estrato córneo de casi todas las especies sólo suele estar formado por una capa simple de células queratinizadas. De hecho, algunas salamandras acuáticas carecen por completo de este estrato córneo queratinizado. El estrato córneo se muda regularmente; la mayoría de los anfibios se comen la piel que han mudado. El epitelio basal contiene entre cuatro y ocho capas de células, es el lugar desde donde parte la regeneración de la epidermis. Aunque la epidermis proporciona una cierta protección frente a los sustratos abrasivos, puede dañarse fácilmente si se maneja a un anfibio de forma inadecuada o está en contacto con sustratos inapropiados. Las lesiones resultantes de daños aparentemente pequeños pueden tener graves consecuencias porque dejan la piel a merced de los microorganismos oportunistas.

La dermis, muy vascularizada, consta de una capa externa esponjosa (estrato esponjoso) y una capa interna más compacta (estrato compacto). En la dermis abundan los capilares, los nervios y las fibras musculares lisas. Algunos cecilios poseen unas escamas dérmicas finas que no se encuentran en los otros dos órdenes. El estrato esponjoso contiene tres tipos de cromatóforos, responsables de la coloración de la piel, además de glándulas especializadas. El estrato compacto de salamandras, tritones y cecilios contiene fibras de colágeno que lo adhieren fuertemente al tejido conjuntivo, los músculos y los huesos subyacentes, mientras que el de los anuros no está tan adherido, lo que deja un espacio subcutáneo potencial apto para la administración de líquidos. Esta unión laxa puede hacer que los anuros parezcan edematosos, ya sea por el almacenamiento normal de agua o por procesos patológicos.

En la dermis y en la epidermis se encuentran varias glándulas especializadas. Algunas producen sustancias mucosas o ceruminosas para reducir la pérdida de agua por evaporación, como se ha descrito anteriormente. La dermis también contiene varias glándulas que producen sustancias tóxicas o irritantes que sirven de mecanismo protector. Gran parte de las secreciones glandulares de los cecilios, las salamandras y tritones, así como de los anuros, pueden ser irritantes para las mucosas de los seres humanos, mientras que otros anfibios, como las ranas flecha (*Dendrobates spp.* y *Phyllobates spp.*) producen toxinas alcalinas esteroideas potencialmente letales para las personas. De hecho, algunas especies, como la salamandra

común (*Salamandra salamandra*), pueden rociarnos con el veneno de sus glándulas dorsales, mientras que otras, como el sapo gigante (*Bufo marinus*), tienen unas grandes glándulas parótidas en la zona dorsal del cuello que pueden arrojar un chorro de líquido ponzoñoso a varios metros de distancia cuando se aplica presión.

Los anfibios carecen de escamas y uñas verdaderas, aunque algunas especies tienen estructuras epidérmicas cornificadas parecidas a uñas, como las de la rana sudafricana (*Xenopus laevis*) y algunas salamandras del género *Onychodactylus*. Otros anfibios tienen diversas modificaciones, como las áreas cornificadas en los pies de los sapos de espuelas (*Scaphiopus spp.* y *Pelobates spp.*).

Alojamiento

Los anfibios pueden ser acuáticos, semiterrestres, fosoriales, terrestres o arbóreos, por lo que es importante conocer los requerimientos específicos de cada uno de estos grupos.

ENTORNO ACUÁTICO:

Los animales que viven en las charcas y los arroyos tienen diferentes niveles de tolerancia en cuanto a la calidad del agua. Los que habitan en arroyos tienen, en general, unas mayores necesidades de oxígeno disuelto y una mayor calidad de agua. La calidad del agua se debería mantener de la misma manera que en el mantenimiento de peces. En la tabla siguiente se recogen los parámetros más importantes a controlar en la mayoría de los anfibios:

Parámetro	Normal	Subletal	Letal
Oxígeno disuelto	≥5 mg/l	2-4 mg/l	<2 mg/l
Amonio (no ionizado)	<0.01 mg/l	0.5 mg/l	>1 mg/l
Nitritos	<0.1 mg/l	0.015-0.1 mg/l	>0.1 mg/l
Nitratos	0-5 mg/l	20-50 mg/l	Depende de la especie
pH	Específico en cada especie (6.5-8.5)	5.5-6.5; 8.6-9.5	5.5-6.5; 8.6-9.5
Presión de gas	28 mmHg	28-78 mmHg	>78 mmHg
Dureza	75-150 mg/l	>150-250 mg/l (puede haber lesiones de piel)	Desconocida
Alcalinidad	20-100 mg/l	>100 mg/l	Desconocida
Cloro (renacuajos)	0-2 ppm	2-4 ppm	>5 ppm

El oxígeno disuelto siempre debe ser superior al 80% (>5 mg/l) para mantener el filtro biológico (por ejemplo, ciclo aeróbico). La filtración del

agua (bacteriana y mecánica) debe asemejarse a la que emplearíamos con los peces. Los filtros de arena son aceptables si el sistema de tuberías no permite que los animales puedan pasar a su interior. Algunos anfibios no toleran bien las vibraciones, por lo tanto, debemos tener cuidado en situar los filtros a cierta distancia de la instalación, si es posible. Debemos realizar cambios de agua del 10% al 20% cada semana o cada dos semanas, con agua de clorada (por reposo o con sustancias anticloro). Para cecilios, la profundidad del agua debe ser lo suficientemente baja como para permitir a los animales obtener el aire sin mucho esfuerzo, especialmente en el caso de los animales recién nacidos. Para la mayoría de los anfibios, debe existir un área seca o dónde puedan "solearse" para que los animales puedan salir del agua.

ENTORNO SEMITERRESTRE (ANIMALES DE CAUCE DE RÍO):

Los animales semiacuáticos o semiterrestres necesitan zonas de aguas estancadas, así como áreas donde salir fuera del agua. Al proporcionar este medio es posible crear gradientes de humedad que permitan a los animales regular la suya propia. El acuario puede inclinarse o se pueden colocar accesorios que mantengan pequeños estancamientos de agua, con estratos superficiales más secos y bien drenados.

ENTORNO FOSORIAL Y TERRESTRE:

Los vivarios fosoriales y terrestres son similares en todos los aspectos, excepto que deben tener suelos de mayor profundidad para los animales fosoriales. Deben igualmente existir pequeñas colecciones de agua estancada, aunque el nivel del agua no debe ser más profundo que el animal de mayor tamaño. El gradiente de humedad en el suelo es muy importante para los animales fosoriales; puede lograrse fácilmente mediante la inclinación del acuario para mantener los diferentes niveles de humedad. Colocar hojarasca en la superficie permitirá a los animales alimentarse mientras se mantienen a cubierto. No se recomiendan plantas vivas para las especies fosoriales, ya que estas plantas pueden ser arrancadas cuando los animales comen.

ENTORNO ARBORÍCOLA:

El recinto debe ser alto, con plantas y ramas igualmente altas. Es importante proporcionar un número adecuado de plantas para proporcionar amplios lugares para la intimidad de estos animales.

CREACIÓN DE UN VIVARIO:

Los acuarios de cristal se utilizan habitualmente para mantener anfibios en las casas. En general, son muy útiles, ya que permiten una excelente visualización de los anfibios, son relativamente baratos y pueden mantener correctamente la humedad. El principal inconveniente que tienen es que no mantienen una buena ventilación. Una forma de mejorar esta condición es tener un cerramiento superior seguro a la vez que bien ventilado. Este cerramiento debe, por supuesto, ayudar a prevenir el escape de los animales. Los tanques de material plástico también pueden ser apropiados para fabricar vivarios y suelen ser más flexibles a la hora de posibles modificaciones, aunque los arañazos pueden provocar que disminuya la visualización directa del animal. Si existen puertas con bisagra, se permite acceder a una parte del vivario, mientras que el resto de zonas se mantienen a cubierto. Cuando debe mantenerse un gradiente elevado de humedad, debemos considerar el emplazamiento de puertas o tapas de plástico sólido o de vidrio, para evitar las pérdidas de humedad a su través; sin embargo, es importante crear una serie de orificios para la ventilación, de manera que se evite el estancamiento del flujo del aire.

Los compuestos orgánicos volátiles, como los que se encuentran en los pegamentos o siliconas, deben ser retirados convenientemente (bajo las estrictas recomendaciones del fabricante) antes de ser introducidos los anfibios; de lo contrario, los vapores pueden mantenerse en el entorno y pueden ser irritantes para la piel y para el epitelio respiratorio.

El agua desionizada no se debe utilizar en un vivario para anfibios, ya que puede alterar la osmolaridad. Tampoco se recomienda el agua de red clorada. La ideal es el agua destilada o de ósmosis inversa.

a.-Dimensiones del recinto:

El tamaño de un vivario es muy variable y, en gran medida, estará marcado por la recreación de entorno que se quiera realizar. A las especies arborícolas se les debe proporcionar un recinto vertical, en el caso de animales acuáticos y fosoriales debe ser siempre un recinto con una gran área de superficie (largo x ancho).

b.-Temperatura:

Todos los anfibios son poiquilotermos, es decir, dependen totalmente de su entorno para regular la temperatura corporal y la actividad metabólica. Muchos anfibios pueden morir en cautividad porque tienen unos requerimientos en temperatura determinados y no se les proporciona. El rango de temperaturas ambientales que debe proporcionarse a un anfibio debe basarse en su hábitat natural, siempre debe haber un gradiente con un rango de 5 a 8° C. Cuando hagamos cambios de agua, debemos asegurarnos de que su temperatura coincide con la existente en el recinto. Las zonas donde "tomar el sol" son necesarias; las lámparas de

cerámica (que no producen luz) o las lámparas de alumbrado general pueden proporcionar la suficiente y necesaria temperatura. Debemos tener mucho cuidado en proporcionar la adecuada potencia y distancia para evitar accidentes. En general, son mejores los puntos de calor situados en el exterior del vivario para evitar posibles traumatismos por quemadura térmicas. Nunca deben utilizarse las rocas térmicas o calefactadas para los anfibios.

Los calentadores de acuarios para peces pueden causar quemaduras térmicas en cecilios, si se sitúan alrededor de estos dispositivos. Para evitar estas situaciones, podemos envolverlos con un mallazo fino o con tubos de PVC para evitar el contacto. Lo ideal sería la utilización de termómetros que midan las temperaturas de las zonas más cálidas y de las más frías; los dispositivos de termografía más avanzados permiten detectar los gradientes de temperatura. La hibernación es importante en algunas especies para estimular la cría, pero se desconocen sus efectos en la salud a largo plazo y su posible éxito en cautividad. Muchas especies de salamandras prefieren temperaturas frías, de manera que algunos vivarios pueden requerir refrigeración.

c.-Humedad:

Debemos rociar el terrario con una fina niebla varias veces al día (manualmente o mediante sistemas de nebulización). Para ello, debemos emplear agua destilada o agua de cloro por reposo. Podemos igualmente utilizar un difusor de aire situado en algún recipiente con agua o plantas vivas para ayudar a mantener el entorno con una correcta humedad. Una humedad relativa del ambiente superior al 70% se adapta a la mayoría de los anfibios. Las ranas arborícolas tienen un comportamiento natural de aducción de sus cabezas y de presionarlas contra las superficies para retener el agua; si se observa este comportamiento significa que la humedad ambiental no es adecuada. Por el contrario, las ranas arborícolas de cera pueden desarrollar dermatitis cuando existe una humedad ambiental excesiva.

d.-Iluminación:

En general, para los anfibios se recomienda un espectro total de luz, pero en la mayoría de los casos las lámparas comerciales existentes no proporcionan radiación en longitudes de onda que favorezcan la síntesis de vitamina D₃. La radiación ultravioleta B (UVB, 290-320 nm) puede ser importante para el metabolismo de la vitamina D₃ en los anfibios, aunque el papel de la radiación UVB no ha sido completamente estudiado. Quizá por ello sea mejor ser conservador y recomendar el uso de luces de espectro total. Se recomienda sustituir las lámparas al menos cada 9 meses para asegurar que se emite la longitud de onda correcta. Los rayos UVB no se transmiten a través del cristal o del plástico y la profundidad a la que se transmite, por lo general, no es mayor de 23-46 centímetros de distancia desde la fuente. Debemos tener en cuenta que la luz no afecte negativamente a los animales.

Bajos niveles de iluminación nocturna (simulación de luz de luna) pueden ser útiles para especies nocturnas, de manera que nos aseguremos de no sorprender a los animales cuando se encienden o apagan las luces. Lo ideal sería el oscurecimiento progresivo de la luz.

Los anfibios deben contar con un fotoperiodo natural de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. En el caso de que se quiera propiciar la reproducción, puede que se tenga que modificar el ciclo de luz en el sentido de imitar la época de reproducción normal en los animales.

e.-Sustrato:

La selección de un sustrato correcto es uno de los factores más importantes para un vivario. Al considerar diferentes tipos de sustrato, es importante tratar de imitar el hábitat natural del anfibio. Las piedras lisas pequeñas o la gravilla pueden ser utilizadas como sustrato, aunque puede considerarse como un cuerpo extraño a nivel gastrointestinal si se ingiere. Esta circunstancia se puede prevenir mediante el uso de grava de mayor tamaño (que no puedan entrar en la cavidad bucal) o alimentando a los animales lejos de dichos sustratos. Los sustratos para el suelo deben ser ricos en materia orgánica y con un pH equilibrado (neutro). Para los cecilios excavadores, la profundidad del suelo debe ser de 3-10 cm. Para las especies fosoriales, debe existir un gradiente de humedad y el suelo debe ser lo suficientemente blando como para permitir la formación de túneles. Se debe sustituir el sustrato al menos cada 2-3 meses. Los sustratos necesitan ser esterilizados mediante horno; tanto los sustratos para el suelo como la hojarasca deben ser esterilizados para prevenir la infestación por artrópodos y helmintos. Para esterilizar el sustrato puede hornearse a 95°C en capas finas (<2 cm) o en zonas con luz directa del sol durante varias horas. En general, los sustratos para el suelo son muy difíciles de mantener. Si se utiliza arena, se recomienda la que se emplea para horticultura. El musgo *Sphagnum* es un sustrato muy útil, ya que retiene bien la humedad, es suave, flexible y se puede retirar fácilmente, en caso necesario; debe cambiarse cada 2-4 semanas para evitar la compactación del sustrato y la aparición de organismos indeseables. El musgo vivo no suele tener éxito en los vivarios para anfibios, debido a que sus necesidades de agua son incompatibles con el mantenimiento de un entorno sano para los anfibios. Deben evitarse algunos sustratos: por ejemplo, la madera en estado de putrefacción puede ser un buen sustrato vivo, pero los riesgos de introducción de enfermedades pueden ser mayores que los beneficios; la vermiculita no se recomienda porque puede causar impactaciones a nivel gastrointestinal; la turba y el mantillo no son muy recomendables, debido a que son ácidos e irritantes para la piel; puede utilizarse el mulch, aunque debieran evitarse las maderas aromáticas (cedro, pino), ya que pueden ser tóxicas e irritantes.

f.-Accesorios:

Es muy importante pararse un poco a considerar cuáles son los accesorios necesarios para el vivario, ya que estos elementos van a ser utilizados para simular el hábitat natural de los animales y para reducir su estrés. Un exceso de plantas o de mobiliario en un vivario puede provocar dificultades en los anfibios para la captura de sus presas. Pueden emplearse plantas de plástico para crear el paisaje del vivario, que son fáciles de desinfectar. Las plantas vivas también pueden utilizarse, provocando un aumento en la humedad del entorno. Es importante utilizar sólo plantas vivas que sean conocidas por no ser tóxicas, tanto si son comidas por los animales como porque puedan transferir algún tipo de toxina a los anfibios. Si se opta por utilizar plantas vivas, debemos comprobar que no se hayan utilizado pesticidas o fertilizantes dañinos en ellas. Igualmente las plantas vivas pueden estar contaminadas con huevos de parásitos. Las plantas de reciente adquisición se deben limpiar y su suelo debe ser reemplazado para reducir la probabilidad de contaminación del vivario con patógenos no deseados. Las plantas acuáticas pueden albergar caracoles que, a su vez, pueden introducir parásitos al vivario, ya que se comportan como hospedadores intermedios de un cierto número de parásitos.

El mobiliario para un vivario puede incluir grandes piedras, ramas, refugios y cascadas. Pueden producirse lesiones traumáticas con esta serie de artículos si no está garantizada y probada su utilización. Por ello precisamente, todos los artículos que formen parte del mobiliario deben tener los bordes romos y lisos. Estos elementos también deben ser de fácil desinfección e incluso esterilización. Debemos tener en cuenta que los objetos porosos puede retener los desinfectantes, de ahí que un buen aclarado sea de vital importancia. El tipo de guarida necesario para los animales va a depender del camuflaje natural del anfibio. Este tipo de accesorio puede crearse fácilmente con diversos materiales.

Examen físico e inmovilización. Exploración física general. Administración de sustancias

Cuando se manejan anfibios, siempre debemos tener en cuenta la seguridad del personal que maneje a estos animales, así como la seguridad y la comodidad en el manejo de estos pacientes. Se sabe que la piel de muchas especies de anuros y de salamandras produce secreciones que potencialmente pueden ser tóxicas y que, a la vez, son el foco de estudio en muchas investigaciones; en el caso de las secreciones de la piel de los cecilios, existe poca o ninguna investigación. Muchos de los componentes aislados y descritos de la piel de los anfibios son tóxicos para el hombre y probablemente evolucionaron como defensa antidepredador, aunque se han citado otra serie de fines. La mayor parte de estas toxinas deben mantenerse en contacto directo con las mucosas para poder ser absorbidas por el cuerpo humano, aunque existen otras posibles vías de exposición, como la absorción a través de la piel, la inoculación a partir de abrasiones o laceraciones, la vía inhalatoria o la ingestión del componente.

Muchas especies de anfibios producen secreciones en la piel que originan desde leves a graves inflamaciones de las mucosas (por ejemplo, la rana arborícola cubana, *Osteopilus septentrionalis*, o la familia *Bufo*). La alvarobufotoxina y otras sustancias similares al digital se han aislado del sapo del desierto de Sonora o del río Colorado, *Bufo alvarius*. Si se ingieren, tanto las secreciones del sapo del desierto de Sonora o del río Colorado, *Bufo alvarius*, como las del sapo gigante, *Bufo marinus*, producen aumento en la salivación, regurgitación, disnea, convulsiones e, incluso, la muerte. Ambas especies son conocidas por la producción de sustancias alucinógenas similares a la bufotenina. El potencial empleo de sapos para estas cuestiones se ha venido acrecentando por las historias sin fundamento contadas en la prensa sobre personas que lamen la piel de los sapos para la ingestión de este tipo de sustancias. Este bombardeo mediático ha llegado a ocasionar legislaciones que prohíben la tenencia de este tipo de anfibios en determinadas áreas. Lo verdaderamente cierto de este asunto es que otros componentes tóxicos presentes en las secreciones de estos sapos pueden causar problemas y, posiblemente, la muerte de algún temerario que se dedique a "lamer sapos". También existen toxinas letales en la piel de muchas especies de ranas (por ejemplo, la rana dardo dorada, *Phylllobates terribilis*). Las toxinas de algunas especies pueden ser especialmente peligrosas; incluso con pequeñas cantidades de la secreción producida por la piel de algunas ranas dendrobates se puede causar la muerte de un hombre.

Algunos anfibios carecen de compuestos que sean ciertamente tóxicos para los humanos, pero sus secreciones de la piel siguen siendo un medio eficaz de defensa frente a la depredación por parte de otros animales: la salamandra viscosa, *Plethodon glutinosus*, produce secreciones mucilaginosas, al igual que la rana tomate, *Dyscophus guineti*. El promedio de resistencia a la tracción de la secreción de la rana tomate es cinco veces

superior a la de los pegamentos de PVC; debemos extremar el cuidado en el manejo porque nuestros dedos pueden verse pegados unos con otros. Estas secreciones pegajosas son difíciles de eliminar incluso con jabón y agua caliente, al igual que las secreciones de muchos otros anfibios (por ejemplo, la rana toro sudamericana, *Leptodactylus pentadactylus*, o la salamandra gigante japonesa, *Andrias japonicus*). Algunas personas pueden encontrar estos residuos algo irritantes, especialmente si contactan con alguna mucosa. Algunas especies producen secreciones de mal olor cuando se asustan (por ejemplo, la rana visón, *Rana septentrionalis*) y este mal olor puede permanecer en aquel que la manipule durante bastante tiempo, a pesar de realizar lavados a conciencia con jabón y agua caliente.

Recientes investigaciones sugieren que existen muchos compuestos farmacológicamente valiosos en las secreciones de la piel de algunos anfibios. Algunos anfibios, por ejemplo, producen compuestos antimicrobianos y analgésicos que están siendo investigados por las compañías farmacéuticas: por ejemplo, extractos de la rana arborícola magnífica, *Philodryas (Litoria) splendida*, mostraron actividad significativa contra dos gérmenes patógenos del hombre, *Staphylococcus aureus* y *Herpes simplex*. Este interés en la recolección de las secreciones de las ranas para las investigaciones farmacológicas ha llevado al desarrollo de un proceso de "ordeño" no letal para las ranas mediante sondas eléctricas que estimulan la liberación de material a partir de las glándulas.

La cantidad de toxina producida puede variar según el estado físico de los anfibios, un hecho que ha sido utilizado por los nativos americanos para fabricar cerbatanas para dardos inmovilizantes o sustancias alucinógenas empleadas en rituales tribales. Un anfibio molestado o agitado de alguna forma tenderá con mayor probabilidad a exudar sustancias tóxicas por su piel que un animal en situación de calma. En ciertos casos, las secreciones tóxicas puede ser expulsadas con una considerable fuerza: la salamandra europea (*Salamandra salamandra*) y varios tipos de sapos (*Bufo spp.*), son conocidos por la emisión a distancia de secreciones a partir de sus glándulas parótidas. La concentración de las toxinas presentes en las secreciones de un anfibio puede variar dependiendo del tiempo que haya pasado en cautividad; muchos ejemplares de *Dendrobates* mantenidas en cautividad durante un largo tiempo o ejemplares que han nacido en cautividad son menos tóxicos que los especímenes silvestres o que se han importado recientemente. La información sobre esa disminución de concentración de la toxina en otras familias de anfibios es escasa, por lo que debieran considerarse siempre como especies potencialmente peligrosas.

Cada vez que se maneje un anfibio debemos utilizar guantes de látex sin polvo de talco y humedecidos con agua, para minimizar el contacto con estas secreciones defensivas del animal. Debemos extraer el guante dándole la vuelta y hacerle un nudo, de manera que los posibles residuos queden encerrados, a fin de evitar la posibilidad de intoxicación de otros miembros del personal. En caso de duda, debe usar también gafas de

protección todo el personal que se encuentre en la habitación y nos informaremos sobre la capacidad de eyección a partir de las glándulas de la especie que estemos tratando. Para estas ocasiones siempre es recomendable que existan estaciones para el lavado de los ojos.

Si las secreciones de un anfibio llegan a contactar con nuestros ojos, debemos inmediatamente lavar los ojos y la cara con sustancias específicas de lavado de ojos o con agua dulce. Si se presentan síntomas de intoxicación (por ejemplo, epífora, eritema, edema, parálisis de los músculos oculares, náuseas, vómitos, disnea, alucinaciones, etc), deben ser evaluados por personal médico cualificado.

Los guantes de látex también son importantes para la protección de la piel del anfibio. Un anfibio va a intentar defenderse ante un manejo o inmovilización manual, de manera que su fina epidermis puede lesionarse por las manos del operario. La mano cubierta por látex humedecido o por vinilo suave disminuirá el daño a los anfibios como resultado del manejo. Los guantes deberían lavarse previamente con agua destilada antes de tocar al anfibio, para eliminar la posibilidad de polvo de talco u otros posibles lubricantes. El clínico debe ser consciente de que cualquier manejo en los anfibios puede dañar su epidermis. Las células dañadas durante estos procedimientos de manejo son probablemente fagocitadas por los macrófagos del anfibio. Si la lesión es importante, es probable que el recuento de monocitos en un hemograma pueda estar disminuido, ya que pueden verse secuestrados en el tejido, o bien, elevado, si todavía se mantienen en circulación.

Siempre que manejemos anfibios debemos disponer de un recipiente poco profundo con agua libre de toxinas y bien oxigenada, a temperatura ambiente, o bien, con parte del agua del recinto del propio animal, si se ha evaluado y se considera apropiada.

Los anfibios pueden tener problemas durante la captura y el manejo. Mientras que algunos se resignan a ese manejo y dejan de forcejear, otros especímenes pueden presentar diferentes comportamientos frente a un posible depredador: pueden fingir la muerte, como en el caso de la rana arborícola de los bosques de ojos grandes (*Leptopelis macrotis*), de manera que un operario podría confiarse ante esta actitud. Los anfibios pueden mostrar un comportamiento de actividad intensa, intentando zafarse del manejo a cualquier precio, saltando o mordiendo. Este comportamiento se debe diferenciar de los signos de estrés verdadero, algo que puede ser difícil de apreciar en especies poco conocidas. El operario debe mantenerse alerta para evitar que el animal se escape. Debemos proceder con precaución si cualquier anfibio parece excesivamente estresado durante el manejo. Otras posibles reacciones defensivas incluyen el inflarse de aire (*Ceratophrys spp.*), expulsar orina (*Bufo spp.*), morder (*Ceratophrys spp.*, *Amphiumas*), emisión de sonidos (diferentes anuros), retorcerse (salamandras y caecilians), rodar (salamandras) y autotomía de la cola (salamandras y salamandras apulmonadas).

El examen clínico de los pequeños anfibios se puede facilitar por el uso de algún tipo de frasco de vidrio transparente, incluso con tapa también transparente, o bien, recipientes de plástico transparente. Mediante este apoyo pueden realizarse observaciones detalladas. Se debe prestar especial atención al vientre del animal. El enrojecimiento capilar (eritema cutáneo) puede ser indicativo de alguna enfermedad subyacente grave o, simplemente, puede reflejar la agitación del paciente. El eritema es más fácil de apreciar en pieles claras, como en la superficie ventral de las ranas. Este eritema ventral debido a excitación usualmente se disipan por sí solo mientras no se vuelva a tocar al paciente y se mantenga en una habitación tranquila, con poca luz, durante varios minutos, mientras que el eritema debido a enfermedad no desaparecerá. Algunas especies (por ejemplo, las ranas de cristal, *Centrolenidae*) tienen la piel del abdomen transparente, de manera que es posible evaluar sus órganos internos cuando se mantienen sobre una superficie transparente. El examen visual se puede mejorar mediante transiluminación: pueden apreciarse normalmente y con cierta facilidad estructuras como el corazón, los pulmones, el hígado, la vena de la línea media abdominal, el intestino y los ovarios. Por el contrario, la transiluminación puede pasar por alto determinados detalles, como parásitos o masas en los músculos y el parénquima de los órganos. Debemos emplear siempre una fuente de luz fría para prevenir quemaduras en el paciente. Se obtienen mejores resultados con la transiluminación cuando la fuente de luz está en contacto directo con el cuerpo del anfibio. Podemos obtener Información adicional si conseguimos realizar una transiluminación interna: la punta de la fuente de luz debe pasar al estómago del anfibio para poner de relieve algunos de los órganos internos más fuertes. La transiluminación interna también pueden ayudar a definir la ubicación del corazón ante una eventual cardiocentesis. Puede llegar a ser necesaria inmovilización química para realizar una transiluminación interna, por lo que debemos tenerlo en cuenta, ya que puede ser simplemente una parte de un seguimiento en el animal.

Los grandes anuros y las salamandras pueden manejarse manualmente sin mucha dificultad. Los anuros deben ser sujetados por la zona inmediatamente anterior a las patas traseras, con una segunda sujeción de seguridad alrededor de las patas delanteras. Debido al cuerpo flexible que tienen las salamandras, se deben sujetar sin extremar el control sobre su cabeza. Debemos pasar una mano inmediatamente por detrás de las patas delanteras y luego asegurar la inmovilización pasando la otra mano por delante de las patas traseras. En el caso de grandes ejemplares, pueden ser necesarios dos operarios (por ejemplo, la salamandra gigante de Asia, *Andrias spp.*). Debemos evitar siempre agarrar la cola de muchas especies de salamandras, ya que la pueden romper de forma defensiva, característica conocida como autotomía de la cola.

Los anuros y salamandras de tamaño mediano pueden manejarse de la forma descrita anteriormente, o bien, pueden ser apresados por una mano, con lo que tenemos acceso a la cavidad oral y a la cloaca.

Los anfibios de pequeño tamaño pueden sujetarse de manera suave, aunque suele recomendarse la inmovilización química, de cara a reducir al mínimo el riesgo de lesiones traumáticas. Algunas especies reaccionan muy mal a la contención manual; por ejemplo, se sabe que la rana venenosa de patas manchadas (*Epipedobates pictus*), suele morir después de tan solo unos minutos de manejo. Un anuro pequeño puede tener sus patas traseras aseguradas entre los dedos pulgar e índice, de manera que el cuerpo reposa sobre la palma de la mano y hacia el dedo meñique del operario. Esta técnica funciona bien para el manejo de anuros con tendencia a trepar o caminar, pero no para los saltadores (por ejemplo, muchas ranas arborícolas). Esta técnica no es recomendable para las ranas de la familia Ranidae, ya que podemos dañar sus extremidades posteriores al intentar saltar sin la sujeción adecuada del operario.

Los cecillos, las sirenas (*Siren spp.*), las sirenas enanas (*Pseudobranchius spp.*) y las amphiumas (*Amphiuma spp.*), pueden ser difíciles de manejar sin realizar sedación química. Puede utilizarse un tubo de plástico transparente del mismo tipo que los utilizados para el manejo de serpientes venenosas, con el que podremos realizar un examen visual de estos pacientes. Los ejemplares más pequeños de estos anfibios pueden ser presionados entre dos trozos de goma espuma, utilizando pequeñas porciones de esta goma espuma para acceder a distintas porciones del cuerpo de estos animales. Este tipo de manejo se puede emplear con ciertas salamandras (por ejemplo, *Necturus maculosus* o *Cryptobranchius alleganiensis*). Los grandes especímenes de anfibios pueden requerir una jaula o caja de inmovilización con goma espuma húmeda para presionar al animal hasta que se pueda manejar. La exposición permitida por estas cajas de presión es mínima, pero nos puede permitir una sujeción suficiente como para poder realizar inyecciones, por ejemplo. Se recomienda contención química si el examen se va a prolongar o la toma de muestras para el diagnóstico es amplia.

Los grandes anfibios pueden morder cuando se les provoca. Las sirenas y las amphiumas pueden provocar laceraciones profundas que sangran copiosamente. Los sapos cornudos (*Ceratophrys spp.*) también pueden producir mordeduras graves. Otras especies de anfibios de los que se sabe que han causado heridas dolorosas por mordedura son: la rana toro africana (*Pyxicephalus adspersus*), la salamandra *Cryptobranchius alleganiensis*, las salamandras gigantes asiáticas (*Andrias spp.*) y los necturos (*Necturus spp.*) Si la mordedura atraviesa el guante de látex y llega a producir herida en el operario, debe lavarse y enjuagarse con detergentes bactericidas. Dada la prevalencia de las bacterias Gram negativas en la orofaringe de los anfibios, debe consultarse a un médico si en el plazo de 48 horas aparecen líneas rojas alrededor de la herida, lo que podría ser indicativo de infección grave.

Las larvas de anfibios deben ser manejadas con mucho cuidado, mostrando especial atención al mantenimiento de su piel húmeda. Si la piel sufre cambios en su textura y se arruga, o si la punta de la cola comienza a

curvarse, la larva está demasiado seca y debe humedecerse, o bien, debe ser devuelta inmediatamente a su ambiente acuático.

Nutrición

Los Anuros antes de la metamorfosis suelen ser herbívoros, aunque pueden existir algunos carnívoros obligados (por ejemplo, las ranas flecha) y oportunistas. Una vez que la metamorfosis es completa, los anfibios se vuelven carnívoros. Aunque los Anuros son principalmente insectívoros, algunos pueden también consumir peces, otros anfibios, reptiles, roedores y aves. En los caudados y los cecilios, tanto las larvas como los adultos son carnívoros.

Los animales recién importados pueden tener dificultades para cambiar su dieta de presas vivas por presas ya muertas, de hecho, algunos animales no llegan a ser capaces de cambiarla. El peso de los animales y la evaluación de su condición corporal es útil para evaluar si un animal está comiendo o no. Cuando se ofrece presa viva, debe ser retirada completamente cuando el animal ha dejado de alimentarse, ya que las presas podrían atacar al anfibio o incluso alimentarse de él.

Las larvas de los anuros se alimentan mediante filtración. El agua es bombeada a la boca, de manera que pueden extraer las algas planctónicas que se quedan atrapadas en una cubierta de moco a modo de filtro a nivel de la faringe para luego dirigirse hacia el esófago. Los anfibios terrestres adultos utilizan sus lenguas para capturar a sus presas. Estos animales tienen una serie de glándulas en la lengua que producen una sustancia pegajosa que colabora en la captura de la presa para colocarla adecuadamente en la boca. Algunos anuros tienen una lengua en forma de tubo, debido a su dieta a base de hormigas, termitas y gusanos. Las salamandras acuáticas capturan su presa directamente con la boca, creando un flujo de agua hacia el interior de la cavidad oral. El sapo de Surinam (*Pipa pipa*) absorben agua y alimentos directamente hacia la boca mediante movimientos de bombeo de las branquias. Algunos anfibios acuáticos utilizan sus largos dedos para dirigir la comida hacia su cavidad oral.

En los anfibios puede observarse obesidad. En cautividad, hay una cierta tendencia a sobrealimentar a los animales, ya sea por ofrecer demasiada comida o porque la oferta de alimentos se realiza con demasiada frecuencia. Según los animales crecen, la frecuencia con la que se ofrece la comida puede ir disminuyendo (por ejemplo, a los depredadores que comen "al acecho" se les debe ofrecer alimento cada 2 semanas, aproximadamente). Los estadios larvarios y las ranas pequeñas deben ser alimentados todos los días. Los animales nocturnos se alimentarán por la noche o al final del día; los animales diurnos se deben alimentar una vez al día o, en algunas ocasiones, dos veces al día, dependiendo de la especie.

La lista de invertebrados posibles para ofrecer a los anfibios como comida es, en principio, bastante extensa. En general, los alimentos más comunes que se ofrecen a los anfibios terrestres incluyen las lombrices, los gusanos rojos para pesca, las larvas del gusano de la harina, larvas de *Galleria* o gusano de la cera, grillos, mosca de la fruta, otras larvas, en ocasiones pequeños reptiles (por ejemplo, *Anolis*) y huevos o larvas de otros anfibios. Para las especies acuáticas, pueden ofrecerse estos mismos alimentos, aunque podemos recurrir también a larvas de mosquito, gusano negro (*Lumbriculus variegatus*) y crustáceos, como cangrejos de río o camarones en salmuera. Algunos animales tienen una dieta muy específica, como los cecilios que se alimentan de termitas (*Boulengerula spp.*), por lo que podemos tener dificultades para mantenerlas en cautividad. Debemos evitar los insectos de colores brillantes, ya que pueden tener toxinas naturales. Por último, aunque los invertebrados silvestres pueden proporcionar enriquecimiento y equilibrio a un anfibio, debemos tener cuidado de no alimentar a los anfibios con invertebrados que puedan haber tenido acceso a pesticidas u otras toxinas similares.

Una alimentación a base de piensos destinados a peces o a reptiles no es apropiada para los anfibios, ya que estas dietas suelen estar formuladas para animales herbívoros y omnívoros, con lo que generalmente no contienen el porcentaje adecuado de grasa, proteína y vitaminas para los anfibios. Pueden ofrecerse de vez en cuando roedores, aunque sus niveles de vitamina A suelen ser demasiado elevados y se corre el riesgo de ocasionar hiperparatiroidismo nutricional secundario si no suplementamos con vitamina D₃. Por otro lado, un exceso de suplemento con vitamina D₃ puede provocar mineralización de los órganos. Lamentablemente, el conocimiento sobre el metabolismo de la vitamina D₃ en los anfibios es limitado.

El suplementar las dietas de los anfibios con vitaminas y minerales puede ser una práctica cuestionable, pero puede hacerse necesaria. Con una dieta realmente equilibrada, los suplementos serían innecesarios e incluso podrían llegar a causar problemas (por ejemplo, hipervitaminosis A y D). Por desgracia, con el número limitado de alimentos que tenemos disponibles en el mercado, proporcionar una dieta correctamente equilibrada para los anfibios es muy difícil. Atendiendo a estas limitaciones, lo mejor es ofrecer la mayor variedad posible de alimentos para proporcionar la mejor nutrición posible (por ejemplo, presas diferentes). El objetivo de los suplementos de calcio y vitamina D₃ es mantener una correcta relación Ca: P (1,5:1 ó 2:1). Contrariamente a este objetivo, la mayoría de los invertebrados, a excepción de las lombrices de tierra, tienen una relación inversa en el equilibrio Ca: P. Por lo tanto, los invertebrados deben "cargar" su intestino con vitaminas y minerales, alimentándolos con dietas ricas en calcio y bajas en P (disponibles comercialmente) durante las 24 horas anteriores a ofrecerlos como presa a los anfibios. Algunas de estas dietas podrían provocar la muerte de estos invertebrados si se alimentan con ellas durante más de 24 horas. Por otro lado, estas dietas no son equilibradas para los invertebrados, por lo que no deben

utilizarse a largo plazo. Otra forma posible para aumentar el valor nutricional de los invertebrados consiste en "enharinarlos" con algún suplemento: si situamos, por ejemplo, el suplemento y los invertebrados en una bolsa de papel y agitamos suavemente la bolsa se traducirá en que los invertebrados se cubren con el suplemento. Esta práctica puede realizarse con pequeños invertebrados en los que la carga intestinal de suplemento no es suficiente o es letal para ellos y siempre debemos realizarla inmediatamente antes de ofrecerlos como presas. En cambio, con invertebrados de mayor tamaño puede que no alcancemos los niveles óptimos de calcio mediante esta técnica y sí mediante la ingestión con su dieta. Cuando utilizemos pescado congelado como dieta, es necesario complementar la dieta con tiamina, ya que el pescado produce de forma natural tiaminasas que destruyen la tiamina de los tejidos.