



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**MANUAL DE MANTENIMIENTO EN CAUTIVERIO Y MEDICINA
VETERINARIA APLICADA A LAS RANAS DARDO DE LA
SUBFAMILIA *Dendrobatinae* EN LA CIUDAD DE MÉXICO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA

DIANA CRISTINA RANGEL RAMOS

ASESOR: MVZ. ANGEL GARCÍA HERNÁNDEZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
ÍNDICE DE FIGURAS	2
ÍNDICE DE CUADROS	3
INTRODUCCIÓN	4
MATERIAL Y MÉTODOS	7
ANIMALIA DEI	7
CAPÍTULO 1. BIOLOGÍA DE LAS RANAS DARDO	12
1.1 Características generales de la especie.....	12
1.2 Subfamilia <i>Dendrobatinae</i>	14
1.3 Ciclo de vida.....	14
CAPÍTULO 2. ANATOMÍA DE LOS ANUROS	16
2.1 Larvas.....	16
2.2 Adultos.....	17
2.3 Sistema musculo esquelético.....	18

2.4 Sistema tegumentario.....	21
2.5 Sistema nervioso.....	23
2.6 Aparato cardiovascular.....	25
2.7 Aparato respiratorio.....	27
- Narinas.....	28
- Cavidad bucofaríngea.....	28
- Laringe.....	29
- Tráquea.....	29
- Pulmones.....	29
- Intercambio gaseoso.....	29
- Superficies respiratorias.....	30
- Sistema circulatorio.....	30
- Propiedades sanguíneas.....	31
2.8 Aparato urogenital.....	32
- Gónadas.....	32
- Conductos urogenitales.....	33
2.9 Aparato digestivo.....	34
2.10 Sistema hematolinfopoyético.....	35
2.11 Sistema endocrino.....	36
CAPÍTULO 3. GENERALIDADES.....	37
CAPÍTULO 4. PRODUCCIÓN DE VENENO.....	38

CAPÍTULO 5. GÉNEROS DE RANAS EN EL PIMVS	41
5.1 <i>Dendrobates auratus</i> spp.....	41
5.2 <i>Dendrobates tinctorious</i> spp.....	44
5.3 <i>Dendrobates leucomelas</i>	46
5.4 <i>Phyllobates</i> spp.....	49
5.5 <i>Ranitomeya</i> spp.....	50
CAPÍTULO 6. MANTENIMIENTO EN CAUTIVERIO	52
6.1 Acuaterrarios.....	53
6.2 Calidad del agua.....	55
6.3 Recomendaciones.....	56
- Temperatura del agua.....	56
- Oxígeno.....	56
- Dióxido de carbono.....	57
- pH.....	57
- Dureza.....	58
- Alcalinidad.....	58
- Total de amoníaco nitrogenado.....	59
CAPÍTULO 7. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN	60
CAPÍTULO 8. ENFERMEDADES	61

8.1 Enfermedad de la burbuja de aire.....	61
8.2 Desórdenes nutricionales.....	62
- Caquexia.....	62
- Excesos en la dieta.....	62
- Enfermedad ósea metabólica.....	63
- Escoliosis.....	64
- Síndrome de patas alargadas y delgadas.....	64
- Parálisis.....	65
- Hipovitaminosis A.....	65
- Hipervitaminosis A.....	66
- Hipovitaminosis D.....	66
8.3 Enfermedades bacterianas.....	66
- Heridas superficiales, úlceras y abscesos.....	66
- Dermatosepticemia bacteriana o Síndrome de patas rojas.....	67
8.4 Micosis.....	67
- Dermatitis micótica.....	67
8.5 Traumatismos.....	68
- Laceraciones.....	68
- Fracturas.....	68
- Hipotermia.....	69
- Ahogamiento.....	69
8.6 Enfermedades parasitarias.....	70
CAPÍTULO 9. REPRODUCCIÓN.....	72

9.1 Cortejo y desove.....	74
- Ubicación del sitio de crianza.....	75
- Señales auditivas.....	75
- Señales olfatorias.....	75
- Señales visuales.....	75
- Otros factores.....	76
- Cuidados parentales.....	78
CAPÍTULO 10. CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN.....	80
CAPÍTULO 11. CONCLUSIÓN Y PROPUESTA.....	81
REFERENCIAS.....	82

RESUMEN:

El presente manual constituye una compilación sobre los aspectos más importantes del mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada a las ranas dardo de la subfamilia *Dendrobatinae* en la Ciudad de México. Esta información, proporciona las bases para el adecuado cuidado de las ranas en condiciones de cautiverio, con el objeto de apoyar la investigación y conservación de la subfamilia *Dendrobatinae*. Entre los puntos más importantes del manual se incluye una revisión de la biología de la especie: taxonomía, ciclo de vida, hábitat, importancia cultural, así como su anatomía y fisiología. Además contiene las bases para su mantenimiento en cautiverio, entre otros, en donde se describen principios de identificación, registros, contención física y química; con especial énfasis se detallan las características reproductivas y los cuidados en los primeros estadios de vida, así como la alimentación adecuada para ranas adultas y crías. Para el tema de medicina veterinaria aplicada a la especie, se hizo una revisión extensa con el objeto de asentar las bases para su aplicación, ya que este tema es poco tratado en la literatura actual. Por último se presentan diversos puntos sobre la conservación de las ranas de la subfamilia *Dendrobatinae*, al igual que se hacen proovoposiciones para impulsar el estudio de estos anfibios en cautiverio.

ÍNDICE DE FIGURAS:

	Página
Figura 1. Esfagno.....	9
Figura 2. Agua negra o extracto de turba.....	11
Figura 3. Sujeción de <i>Dendrobates auratus</i>	11
Figura 4. Ciclo de vida de la rana dardo.....	16
Figura 5. Renacuajos de <i>Dendrobates spp</i>	17
Figura 6. Dimorfismo de ranas dardo.....	18
Figura 7. Sistema muscular de la rana.....	20
Figura 8. Sistema esquelético de la rana.....	20
Figura 9. Representación diagramática de la unidad cromatófora dérmica.....	22
Figura 10. Corte tisular de epidermis, en donde se aprecian melanóforos, xantóforos e iridóforos.....	23
Figura 11. Sistema nervioso de la rana.....	25
Figura 12. Vista ventral del corazón de un anuro.....	27
Figura 13. Aparato respiratorio de la rana.....	32
Figura 14. Aparato urogenital de las ranas.....	34

Figura 15. Aparato digestivo de la rana.....	35
Figura 16. Estructura química de la Batracotoxina.....	40
Figura 17. <i>Dendrobates auratus</i> spp.....	44
Figura 18. <i>Dendrobates tinctorius</i> spp.....	46
Figura 19. <i>Dendrobates leucomelas</i>	48
Figura 20. <i>Phyllobates</i> spp.....	50
Figura 21. <i>Ranitomeya</i> spp.....	52
Figura 22. Decoración de un acuaterrario.....	54
Figura 23. Decoración de un acuaterrario.....	55
Figura 24. Variedad de protozoarios y metazoarios que infectan dendrobátidos adultos....	70

ÍNDICE DE CUADROS:

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la subfamilia <i>Dendrobatinae</i>	13
Cuadro 2. Información nutricional de presas vivas para alimentar dendrobátidos.....	61
Cuadro.3: Compuestos desparasitantes para anfibios.....	71
Cuadro.4: Compuestos desparasitantes para anfibios.....	72
Cuadro 5. Situación de las ranas dardo <i>Dendrobatinae</i> en la lista roja de la IUCN.....	80

INTRODUCCIÓN:

La subfamilia *Dendrobatinae*, dentro de los anuros, abarca a “las verdaderas ranas venenosas”; las cuales han sido criadas en cautiverio durante varias generaciones y esta actividad se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Son muy populares debido en gran parte a sus patrones de colores brillantes, tamaño pequeño y hábitos diurnos. Así mismo en vida libre se caracterizan por secretar veneno altamente tóxico a través de su piel mediante las glándulas distribuidas a lo largo de su cuerpo; éste posee alcaloides que producen efectos psicoactivos y no es de producción endógena sino que es adquirido a través de la dieta, basada normalmente en hormigas y otros pequeños insectos (Cope, 1865; Daly et al., 1987; Wright y Whitaker, 2001; O Malley, 2005; Schmidt y Henkel, 2005; Field, 2011)

El sentido de la vista es el principal medio para orientarse en su entorno, identificar compañeros de la misma especie y especialmente para la búsqueda de alimento, ya que sólo reaccionan ante presas vivas si éstas están en movimiento (Schmidt y Henkel, 2005).

Otra característica de los dendrobátidos es el especial cuidado de sus renacuajos; algunas ranas cargan a toda su progenie en la espalda, mientras que otras desplazan a sus crías de manera individual; ambos métodos tienen como finalidad llevar a los renacuajos a una fuente segura de agua, en donde permanecerán hasta completar su desarrollo al de una rana joven (Schmidt y Henkel, 2005).

Las ranas dardo se distribuyen a lo largo de las regiones tropicales de Centroamérica y Sudamérica en concreto en Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam, Guyana Francesa, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia y Paraguay; desde el nivel del mar hasta más de 1000m en algunas zonas montañosas de Perú (Gabandé, 2008).

Algunas especies se encuentran en categoría de amenaza debido a la modificación y perturbación de su hábitat y a la captura de adultos para convertirlos en mascotas; por ello el PIMVS Animalia Dei busca la conservación de dendrobátidos mediante el aporte de material genético al establecer colonias reproductivas en cautiverio que permitan desarrollar un programa de recuperación de *Dendrobates* spp, además de proyectos de investigación y actividades educativas; sin embargo la información disponible es escasa, por lo que se hace necesario elaborar un manual de manejo que apoye el mantenimiento de las ranas dardo *Dendrobatinae* en cautiverio (Schmidt y Henkel, 2005; Gabandé, 2008).

OBJETIVOS:

General:

Elaborar un manual que proporcione las herramientas necesarias para aplicar la medicina veterinaria y lograr el mantenimiento de las ranas dardo de la subfamilia *Dendrobatinae*, basado en la recopilación de la información y experiencia adquirida en el manejo de dichos anfibios en el PIMVS Animalia Dei.

Específicos:

- ✓ Describir las principales características biológicas de los géneros pertenecientes a la subfamilia *Dendrobatinae*.
- ✓ Describir el manejo y mantenimiento de las ranas dardo del PIMVS Animalia Dei.
- ✓ Realizar la revisión y estudio de la información referente a la biología, anatomía, producción de veneno, mantenimiento en cautiverio, acuaterrarios, calidad del agua, alimentación y nutrición, presencia de enfermedades, agentes etiológicos, signos, lesiones, tratamientos, prevención, cortejo, reproducción, desove, conservación y preservación descritos en la literatura para las especies presentes en el PIMVS Animalia Dei y observados en la práctica adecuada para las ranas dardo *Dendrobatinae*.

MATERIAL Y MÉTODOS:

Para la elaboración de este manual se realizaron diversas consultas, utilizando libros, tesis, páginas web y la comunicación directa con especialistas relacionados con la especie.

Se tomó como población de referencia a las ranas dardo del PIMVS Animalia Dei, ubicado al Sur de la Ciudad de México (Latitud: 19.303289547561747; Longitud: 99.10702209472043; Zona horaria: UT-6:00), en el cual se evaluó la aplicación de la medicina y la zootecnia en ranas de la subfamilia *Dendrobatinae*.

Asímismo en la práctica se adquirieron conocimientos con el manejo de las ranas del PIMVS Animalia Dei, y en conjunto con la información recopilada de la revisión bibliográfica, se elaboró el presente manual de mantenimiento y medicina aplicada a individuos en cautiverio de la subfamilia *Dendrobatinae*; el cual está encaminado a informar el manejo adecuado de las ranas dardo al mismo tiempo que apoya su preservación ayudando a combatir el mercado ilegal.

ANIMALIA DEI:

El predio o instalación que maneja vida silvestre (PIMVS) Animalia Dei es una organización dedicada a la crianza, mantenimiento y aprovechamiento de las ranas dardo en cautiverio. Se encuentra en la Ciudad de México en la Delegación Coyoacán; se registró ante la SEMARNAT en el año 2013 bajo los siguientes objetivos:

- ✓ Obtener la mayor cantidad de crías de los anfibios del PIMVS.
- ✓ Aplicar la zootecnia, perfeccionando los métodos de reproducción, higiene y alimentación en función económica, con lo que se espera obtener un pie de cría

saludable, el cual produzca una mayor cantidad de crías que lleguen al punto de venta.

- ✓ Combatir al mercado ilegal: ofertar animales demostrando su legal procedencia.
- ✓ Utilizar vivarios y/o acuarios que sirvan para la exhibición de los distintos ejemplares.
- ✓ Mantenimiento, resguardo y conservación de ranas dardo (*Dendrobates* spp.), así como de ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*).

Diariamente se realiza una revisión en la que se evalúa la cantidad de alimento que se proporciona y la que se consume, se efectúa un inventario de las ranas, renacuajos y ranas jóvenes y se verifica su estado de salud, integridad y desarrollo.

De manera preventiva se efectúa un proceso de desparasitación general cada seis meses, alternando los productos en cada nuevo procedimiento para evitar la aparición de cepas resistentes. En el PIMVS no existe la presencia de enfermedades parasitaria, sin embargo dos veces al año se realizan estudios coproparasitológicos para descartar infestaciones.

Para su identificación, cada acuaterrario es enumerado y marcado con las primeras dos letras del género y la especie respectivamente, de las ranas que lo habitan, por ejemplo: *Ranitomeya vanzolinii* se representa RAVA seguido del número de acuaterrario.

Para el mantenimiento de la humedad, cuyo rango oscila entre el 70% y 80%, se utiliza un sistema automático de aspersión, el cual bombea agua purificada a una temperatura de 27°C proporcionada por un calentador. En el periodo de lluvia en temporada de reproducción se ejecutan tres aspersiones por día con duración de un minuto y en temporada de mantenimiento éstas aumentan a cinco por día. Para evitar que los acuaterrarios se inunden, se coloca un falso fondo en el que se acumula el excedente de

agua para su posterior drenado. En el PIMVS no se realiza el análisis del agua, ya que se garantiza la inocuidad de la misma al ser purificada.

La zona de temperatura óptima preferida (POTZ por sus siglas en inglés) que es de 25°C a 30°C, se mantiene estable debido a la calefacción ubicada en el centro de la estancia y la colocación de un calentador con termostato debajo del falso fondo de cada pecera; la POTZ se mide por medio de termómetros electrónicos con los que se realizan dos mediciones de temperatura, la ambiental y la de los acuaterrarios; se colocan dos termómetros en puntos opuestos de la habitación para evaluar la temperatura ambiental y dos más en distintos acuaterrarios para medir la temperatura interna.

El acondicionamiento y decoración de los acuaterrarios se realiza mediante plantas típicas de las regiones tropicales y como sustrato se utiliza esfagno (Fig.1), que es musgo llamado comúnmente “musgo de turbera” y puede retener grandes cantidades de agua dentro de sus células, hasta más de 20 veces su peso seco en agua.



Fig.1: Esfagno (Todorquidea, 2016).

Las condiciones de iluminación se efectúan con lámparas led de luz blanca; éstas se colocan en el interior de las tapas de los acuaterrarios y proporcionan 12 horas luz al encenderse diariamente de manera automática a las 7 a.m y apagarse a las 7 p.m.

Se realizan acciones de mantenimiento una vez al mes, las cuales consisten en reponer el esfagno que se haya diluido, además de drenar el agua excedente acumulada debajo de los falsos fondos e igualmente se sustituyen las plantas que se encuentren en mal estado. Para la conservación de un ambiente confortable y saludable, no se recomienda lavar los acuaterrarios, esto con la finalidad de facilitar la producción de microflora en las paredes de los mismos.

Para la alimentación en ranas adultas, se espolvorea mosca *Drosophila melanogaster* una vez por semana, la cual se alimenta con el producto Repashy superfoods y se suplementa espolvoreándolas con un multivitamínico (vitaminas A, D3, E, B1 B2 B6) y Reocal (Vitamina D₃ y Calcio). Los renacuajos herbívoros son criados por los padres, mientras que los carnívoros son separados individualmente en botes etiquetados, con agua a 27°C; a ambos se les proporciona alimento para peces tropicales como el Wardley y se mantienen mediante la aplicación de “agua negra” (Fig.2), que está compuesta de extracto de turba el cual convierte el agua del acuaterrario en tropical cristalina gracias a sus ingredientes bioactivos tales como taninos, ácidos húmicos, macroelementos y oligoelementos. Los froglets, que por definición son ranas jóvenes o renacuajos que recientemente sufrieron el proceso de metamorfosis, son separados por especies en botes etiquetados y son alimentados con mosca y colémbolo, finalmente a los 2 meses de edad son puestos a la venta.



Cuando se introducen nuevos ejemplares éstos son desparasitados (Cuadro 3; Cuadro 4) y se someten a una cuarentena de 2 semanas en acuaterrarios específicos para dicho fin. Para el manejo de las ranas se realiza contención física; el operario se protege las manos utilizando guantes de látex sin talco y posteriormente se sujetan ambos miembros pélvicos para examinar al ejemplar (Fig.3).



Fig.3: Sujeción de *Dendrobates auratus* (Henry, 2011).

CAPÍTULO 1. BIOLOGÍA DE LAS RANAS DARDO SUBFAMILIA *Dendrobatinae*:

1.1 Características generales de la especie.

Las ranas dardo pertenecen a la clase *Amphibia*, la cual, con más de 6, 633 especies en el mundo contribuye a la diversidad de los vertebrados y ocupa un nicho indicador de un ecosistema sano en el que la energía se transfiere desde sus principales presas, los invertebrados, a sus depredadores que son sobre todo los reptiles y los peces (O Malley, 2005; Frost, 2014; Parra et al., 2014).

El nombre de la clase *Amphibia* (proveniente de las raíces griegas *amphi*, que significa “ambos”, y *bios*, que significa “vida”) hace referencia a las dos etapas de su ciclo de vida: acuática y terrestre (O Malley, 2005).

Los anfibios aparecieron en la tierra hace 400 millones de años, son un grupo taxonómico importante relacionado íntimamente con la evolución, presentan características fisiológicas particularmente interesantes: en la piel poseen numerosas glándulas pluricelulares productoras de veneno o de moco, carecen de uñas verdaderas, sin embargo algunas especies presentan estructuras epidérmicas córneas en la punta de los dedos de la extremidad posterior. El corazón es tricavitario, el cráneo es aplanado y se articula a la columna vertebral por medio de dos cóndilos occipitales (Servín, 2011).

Todos los anfibios son ectotérmicos, esto es, que utilizan la temperatura ambiental para regular la temperatura de su cuerpo. En cuanto a hábitos alimenticios todos son carnívoros estrictos en su fase adulta (Wright y Whitaker, 2001).

Los anfibios se clasifican en tres órdenes: (Wright y Whitaker, 2001; O Malley, 2005; Frost, 2014).

- ✓ *Anura* (sin cola en fase adulta): ranas y sapos.
- ✓ *Caudata* (con cola en fase adulta): salamandras, tritones y sirenas.
- ✓ *Gymnophiona* (sin patas): cecilias.

Los anuros tienen mayor diversidad entre los anfibios, con más de 6,431 especies vivas agrupadas en 54 familias. La palabra anuro “falto de cola”, proviene de las raíces griegas *an* que significa “sin” y *oura*, que significa “cola”. La mayoría se encuentra en regiones tropicales como es el caso de las ranas dardo que tienen como principal característica que las larvas son distintas a los adultos, ya que carecen de dientes, se desarrollan en el agua y no presentan neotenia, esto significa mantener el estadio juvenil en el organismo adulto debido a un retraso del ritmo de desarrollo corporal en comparación con el desarrollo de las células germinales y los órganos reproductores (Wright y Whitaker, 2001; O Malley, 2005; Frost, 2014).

De acuerdo con el criterio de Cope (1865) la clasificación taxonómica de las ranas dardos es la siguiente:

Superreino: <i>Eukaryota</i> .	Clase: <i>Amphibia</i> .	Familia: <i>Dendrobatidae</i> .
Reino: <i>Animalia</i> .	Infraclase: <i>Batrachia</i> .	Subfamilia: <i>Dendrobatinae</i> .
Filo: <i>Chordata</i> .	Orden: <i>Anura</i> .	Género: (8 géneros).
Subfilo: <i>Vertebrata</i> .	Suborden: <i>Neobatrachia</i> .	Especie: (56 spp).
Superclase: <i>Tetrápoda</i> .	Superfamilia: <i>Dendrobatoidea</i> .	Nombre común: Rana dardo, rana flecha

Cuadro.1: Clasificación taxonómica de la subfamilia *Dendrobatinae* (Cope, 1865).

1.2 SUBFAMILIA *DENDROBATINAE*:

Esta subfamilia abarca a “las verdaderas ranas venenosas”, agrupa ocho géneros (*Adelphobates*, *Andinobates*, *Dendrobates*, *Excidobates*, *Minyobates*, *Oophaga*, *Phyllobates* y *Ranitomeya*) y 56 especies. Estas ranas de Centro y Sudamérica han sido criadas en cautiverio durante varias generaciones incrementándose esta actividad en los últimos años. Son muy populares debido en gran parte a sus patrones de colores brillantes, tamaño pequeño y hábitos diurnos. En vida libre se caracterizan por secretar veneno altamente tóxico a través de su piel mediante sus glándulas distribuidas a lo largo de su cuerpo; además de que posee gran diversidad de componentes, principalmente alcaloides que producen efectos psicoactivos (Cope, 1865; Daly et al., 1987; Wright y Whitaker, 2001; O Malley, 2005; Schmidt y Henkel, 2005; Field, 2011).

Al ser ectotermos estas ranas sólo viven en las zonas tropicales donde el clima es húmedo y cálido con escasas fluctuaciones térmicas, tanto anuales como diarias. La única especie que vive fuera de ésta región es *Dendrobates azureus*, que fue introducida en Hawai hace más de 60 años y ha llegado a formar poblaciones estables (Schmidt y Henkel, 2005).

1.3 Ciclo de vida:

Se realiza un proceso de metamorfosis, en donde el organismo se adecúa de una etapa acuática a una terrestre (Marent, 2008; Servín, 2011).

Pocas horas después de la fecundación ya se puede observar el inicio del desarrollo embrionario, el cual dura entre catorce y dieciocho días dependiendo de la especie. En este proceso el núcleo se estrangula por la mitad dando lugar a dos células semiesféricas; éstas se siguen dividiendo y la fase continúa hasta que al cabo de unos días el embrión empieza a

tomar forma de larva; en esta etapa se alimenta del vitelo que la cubre y al principio respira mediante penachos de branquias externas situadas a ambos lados de la cabeza que posteriormente se transforman en internas antes de eclosionar al medio acuático como renacuajo; de cuatro a ocho semanas más tarde, de acuerdo al género y la temperatura del agua, el renacuajo se habrá desarrollado considerablemente y las extremidades traseras empezarán a formarse a ambos lados de la base de la cola; finalmente de dos a seis semanas más tarde dependiendo de la especie, surgen las extremidades torácicas rompiendo la piel que las cubría y entonces la rana en etapa juvenil está lista para abandonar el agua (Schmidt y Henkel, 2005).

Durante la metamorfosis, el sistema digestivo de la rana se adapta a su futura alimentación, su piel se hace más gruesa, las branquias desaparecen y los pulmones se vuelven funcionales (Schmidt y Henkel, 2005).

Hacia el final de la metamorfosis, las larvas dejan de alimentarse del vitelo y consumen nutrientes procedentes de la absorción de su cola; las crías de *Oophaga* spp. también se alimentan de huevos infértiles proporcionados por la progenitora. Cuando las ranas salen por primera vez a tierra firme, aún poseen un vestigio de cola, pero éste desaparece en aproximadamente dos a tres días (Schmidt y Henkel, 2005). (Fig.4).

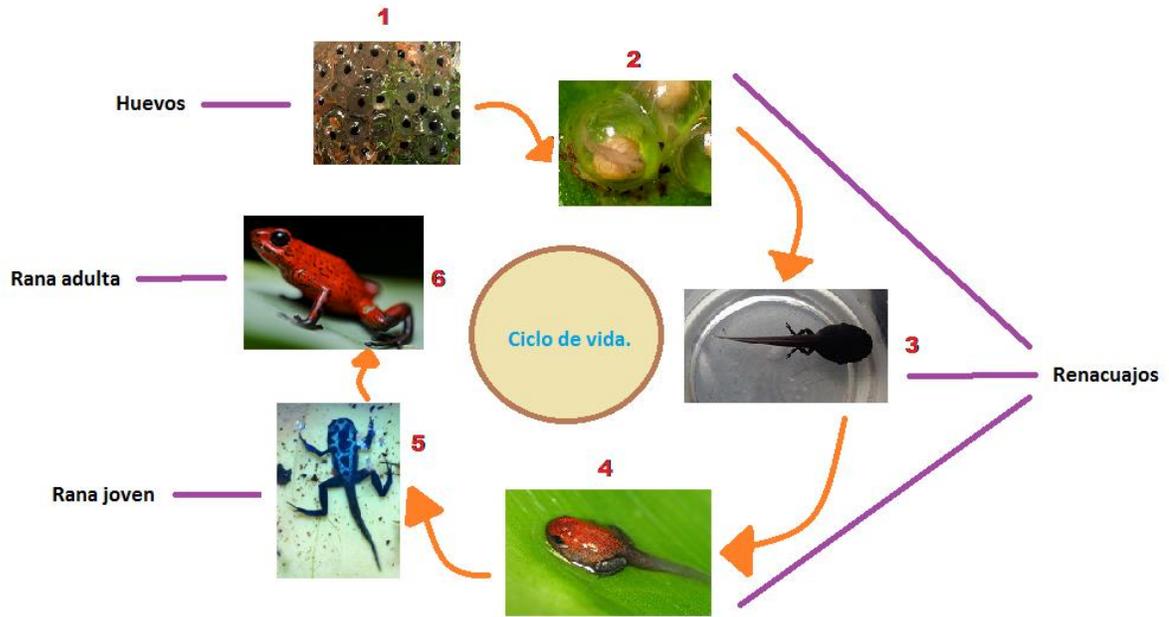


Fig.4: Ciclo de vida de la rana dardo. (1) Huevos de *Dendrobates* sp (Valero, 2009); (2) Renacuajos de *Dendrobates* sp. (Glogster, 2012); (3) Renacuajo de *Dendrobates* sp. (PIMVS Animalia Dei, 2013); (4) Renacuajo de *Oophaga pumilio* (Gray, 2014); (5) Rana joven (PIMVS Animalia Dei, 2013); (6) *Oophaga pumilio* adulta (Paul, 2013).

CAPÍTULO 2. ANATOMÍA DE LOS ANUROS:

2.1 Larvas:

La metamorfosis es un proceso complejo y metabólicamente demandante. Las larvas son denominadas renacuajos y poseen un característico cuerpo circular u ovalado con una cola lateralmente comprimida (Fig.5). La estructura del renacuajo cambia dramáticamente a lo largo de su desarrollo y las crías pueden variar morfológicamente entre especies. El tracto digestivo es típicamente largo y enroscado en renacuajos herbívoros y en renacuajos carnívoros es mucho más corto. Existe la presencia de un par de narinas externas, las branquias son visibles tras la eclosión pero eventualmente son cubiertas por un opérculo

hasta que se hace presente un par de espiráculos branquiales. La ubicación de la cloaca se encuentra cercana hacia la base de la cola. No existe ningún reporte de anuros neoténicos (Goin, C y Goin, O. 1962; Wright y Whitaker, 2001; Schmidt y Henkel, 2005).



Fig.5: Renacuajos de *Dendrobates spp.* (Poison dart frog breeding, 2013).

2.2 Adultos:

Poseen cuatro miembros de los cuales depende la locomoción; los miembros pélvicos son mucho más largos y más musculosos que los miembros torácicos en organismos saltadores, mientras que en los anuros que tienden a caminar en lugar de saltar, como los dendrobátidos, las proporciones de los brazos y piernas no difieren demasiado. Cinco dedos están presentes en los miembros pélvicos y cuatro o cinco en los miembros torácicos. En época de apareamiento los machos desarrollan almohadillas nupciales en los miembros torácicos.

Existe la presencia de un par de narinas externas y un par de ojos ovales. Las membranas timpánicas están presentes exceptuando algunas especies. No hay presencia de branquias. La cloaca se encuentra en la punta del urostilo y puede estar orientada ligeramente hacia el

área dorsal. En los machos de *Dendrobates* spp. pueden ser visibles unas rendijas vocales en las proximidades de la bisagra maxilar conteniendo los sacos vocales (Wright y Whitaker, 2001; Schmidt y Henkel, 2005).

Algunas de las características que pueden ser dimórficas en anuros adultos incluyen la coloración de la piel, el tamaño de la membrana timpánica, presencia o ausencia de almohadillas nupciales, sacos vocales o cola, la forma y número de dedos y el tamaño del cuerpo adulto (Wright y Whitaker, 2001) (Fig.6).

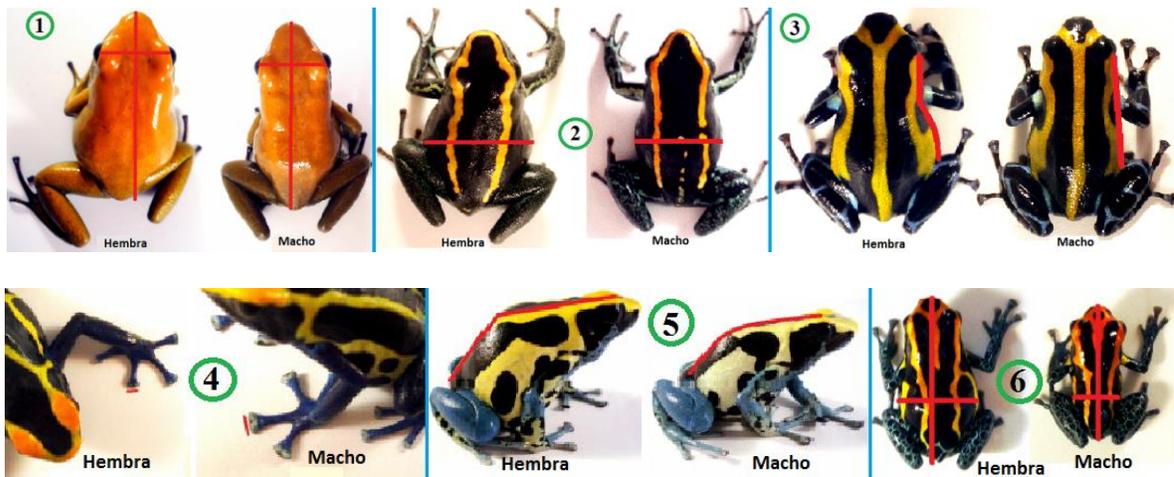


Fig.6: Dimorfismo de ranas dardo. (1) *Phyllobates bicolor* "gold", tamaño; (2) *Phyllobates vittatus*, circunferencia; (3) *Ranitomeya lamasi*, longitud; (4) *Dendrobates tinctorius* "Cobalt", almohadillas digitales; (5) *Dendrobates tinctorius* "Patricia", arco de la espalda; (6) *Ranitomeya ventrimaculata* "Amazonicus", tamaño. (Zach, 2013).

2.3 SISTEMA MUSCULO ESQUELÉTICO:

El cráneo y el aparato hiobranquial son complejos y diversos en los anfibios. Como en todos los vertebrados, es el asiento central del sistema nervioso y de los órganos de los sentidos primarios de la vista, el olfato, audición y equilibrio. En los anuros, los cartílagos laríngicos derivados del aparato hiobranquial larval, permiten la vocalización. En el piso de

la boca yace el aparato hiobranquial, que es la base para la fijación de los músculos mandibulares, branquiales y la lengua; ésta unidad musculoesquelética es el sistema mecánico utilizado para la ventilación, así como para asegurar, manipular e ingerir alimentos. El cráneo está compuesto por huesos endocondriales y membranosos o dérmicos. Los anuros, a diferencia de otros anfibios, tienen menos huesos craneales y un aparato hiobranquial simplificado (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994) (Fig.7; Fig.8).

El cráneo de los anuros es amplio y fenestrado, lleva dos grandes órbitas sin separaciones óseas entre el globo ocular y la orofarínge, el paladar está poco desarrollado con ausencia de dentición, asociada a procesos heterocrónicos que implican una baja de desarrollo concomitante con la reducción del tamaño y la interrupción de los últimos pasos en la diferenciación de huesos craneales de origen dérmico (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Fabrezi, 2001) (Fig.8).

Las vértebras están fusionadas y se describen tres regiones de la columna vertebral: la presacral, la sacra y la postsacral. El sacro es pequeño y la faja pélvica está altamente modificada al igual que los miembros. En los anuros los huesos distales se ven fusionados en una radioulna para los miembros torácicos y un tibiotarso para los miembros pélvicos.

La faja pectoral varía entre las distintas especies de anuros y hace las veces de elementos óseos y cartilagosos que conforman la caja torácica. La faja pélvica está fusionada y estrechada con la última vértebra presacral. En la mayoría de los anuros el cóxis y el urostilo es un solo elemento fusionado y forma un punto arriba del aspecto dorsocaudal de la faja pélvica. En varias especies el hueso del hioides está adaptado para proyectar la lengua y así capturar a sus presas (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001) (Fig.7; Fig.8).

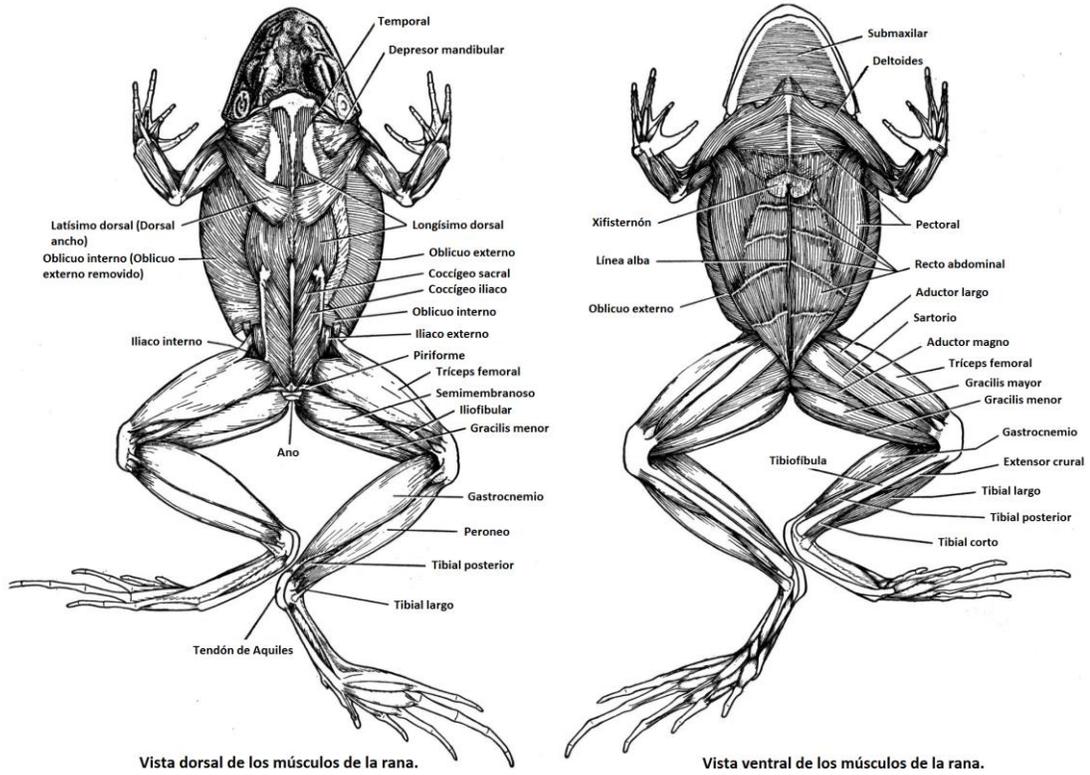


Fig.7: Sistema muscular de la rana. (Animal corner, 2003).

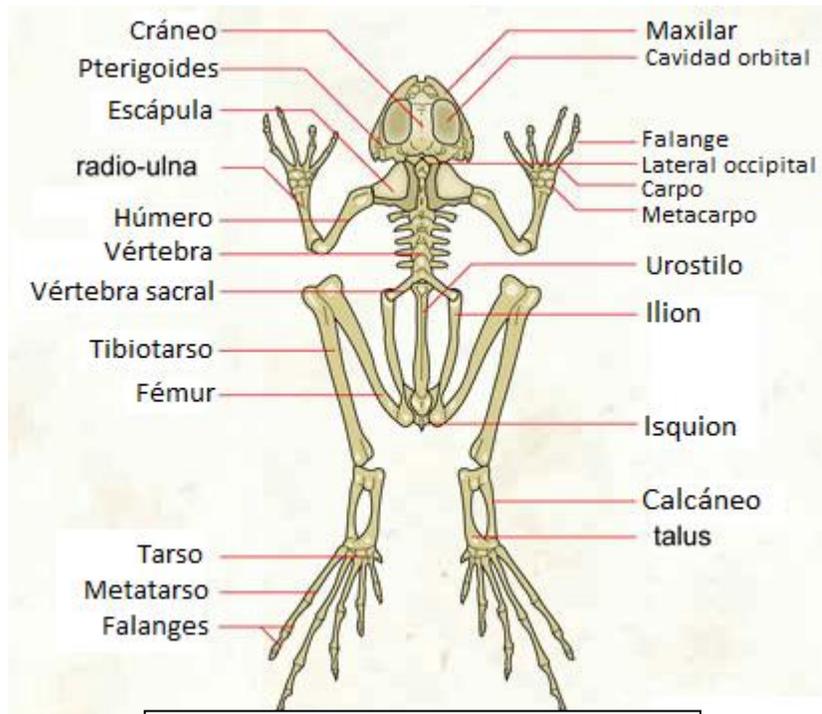


Fig.8: Sistema esquelético de la rana. (Biología blog, 2012).

2.4 SISTEMA TEGUMENTARIO:

La piel de las ranas consta de dos capas, el corium (inferior) y la epidermis (superior); es suave, húmeda y carente de escamas, plumas o pelo. No está tan estrechamente adherida a las estructuras subyacentes, tal como en las salamandras y cecilias, y este espacio subcutáneo se puede llenar con fluidos. Así los anuros pueden parecer edematosos; la acumulación de fluido subcutáneo puede ser normal, funcionando como una reserva de agua, o puede ser el resultado de un proceso patológico. Además de servir para la hidratación, la piel es un órgano importante en la respiración, osmorregulación y termorregulación. Similar a otros anfibios, en los dendrobátidos la muda del estrato córneo ocurre regularmente en las mañanas con un promedio de una a dos veces por semana (Goin, C y Goin, O. 1962; Wright y Whitaker, 2001; Vitt, L y Caldwell, J. 2014).

Las ranas dardo se caracterizan por poseer una coloración brillante y llamativa. La pigmentación y los patrones son determinados por cromatóforos que se encuentran ya sea en la dermis o en la epidermis. Los melanóforos son el tipo predominante de cromatóforos aunque se han observado eritróforos en la epidermis de algunos anfibios (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001) (Fig.10).

Los melanóforos epidermales son característicos de las larvas, después de la metamorfosis éstos pueden perderse o verse reducidos mientras la piel ha comenzado a engrosarse y los cromatóforos dérmicos son desarrollados. Los melanóforos epidermales al igual que los dérmicos, producen pigmentos conocidos como eumelaninas y son depositados en organelos conocidos como melanosomas. En la dermis se encuentran comúnmente tres tipos de cromatóforos que están dispuestos en lo que ha sido denominada una unidad cromatófora dérmica, la cual actúa como receptora para melanina. En esta unidad los xantóforos o eritóforos son las células más superficiales e imparten los colores amarillo,

anaranjado y rojo. Los iridóforos también llamados guanóforos se encuentran debajo de los xantóforos; en apariencia son blancos o plateados y poseen la capacidad de reflejar la luz a través de los eritóforos suprayacentes. Los xantóforos y los iridóforos interactúan conjuntamente para producir colores brillantes. A menudo la capa de iridóforos en los anfibios es del grosor de sólo una capa de células; una excepción ocurre en las ranas con pigmentación azul, en las que los xantóforos faltan y los guanóforos están apilados en capas sobre los melanóforos subyacentes; en este caso los iridóforos reflejan luz azul que en ausencia de pigmentos rojos o amarillos, imparten un color azul a la piel. Cuando hay pigmentos amarillos presentes en la capa de eritroforos, éstos actúan como filtros para que la luz azul reflejada por los guanóforos subyacentes y que pasa a través de la capa amarilla pueda emerger verde (Duellman y Trueb, 1994) (Fig.9; Fig.10).

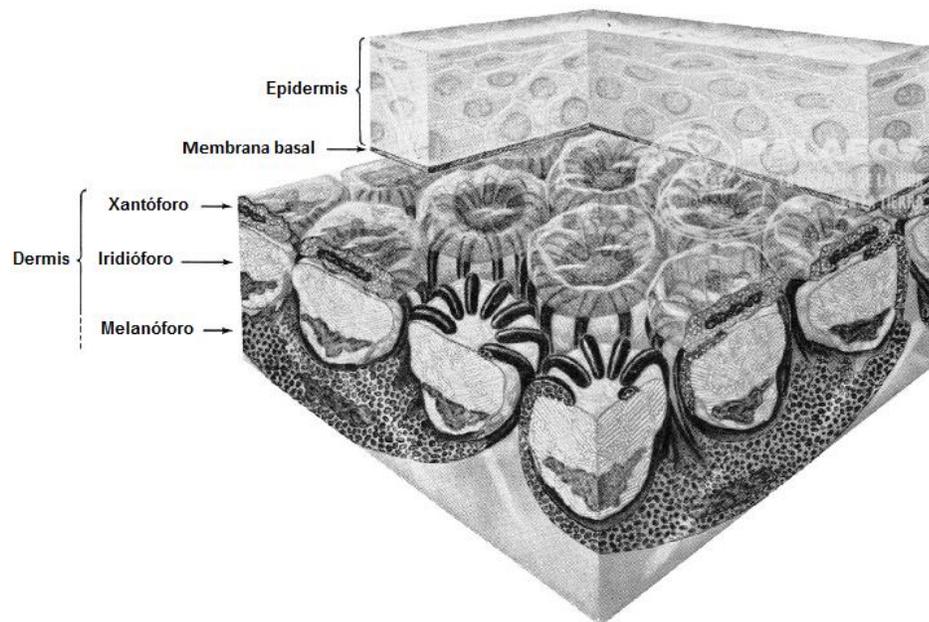


Fig.9: Representación diagramática de la unidad cromatófora dérmica. (Duellman y Trueb, 1994).

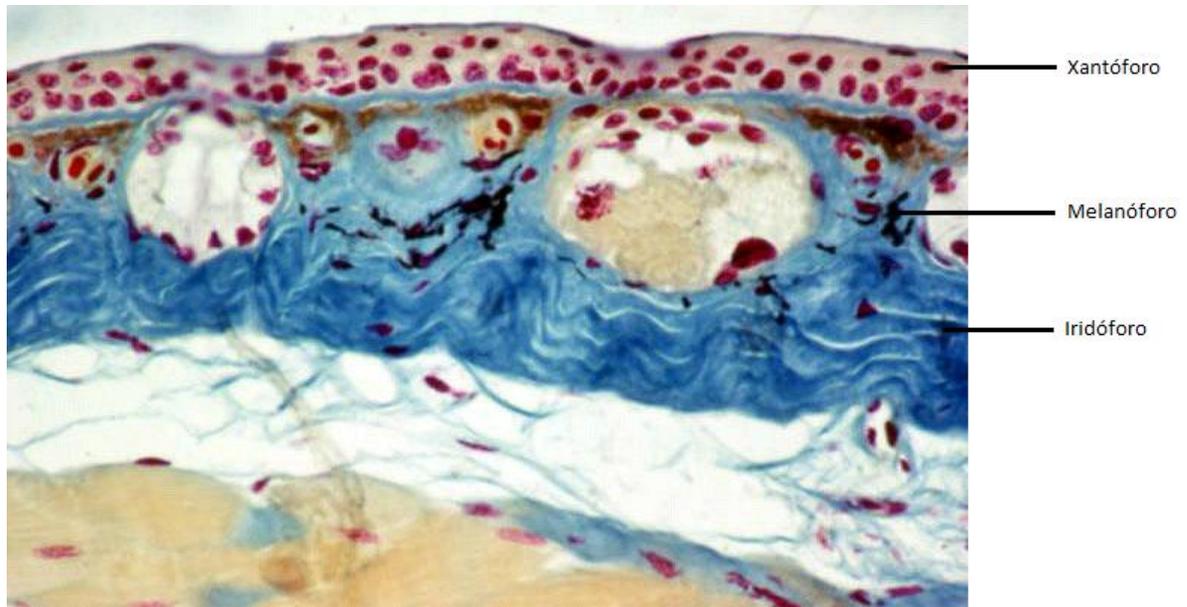


Fig.10: Corte tisular de epidermis, en donde se aprecian melanóforos, xantóforos e iridóforos. (Gomariz).

2.5 SISTEMA NERVIOSO:

El sistema nervioso se divide en sistema nervioso central, periférico y autónomo.

Componen al primero el encéfalo y la médula espinal.

El sistema nervioso periférico es el conjunto de nervios dispersos por todo el organismo.

De acuerdo con sus funciones y localización anatómica, los nervios son craneales si se relacionan directamente con el encéfalo, dentro del cráneo y espinales si es con la médula espinal.

El sistema nervioso autónomo está formado por fibras y ganglios no sujetos al control voluntario del individuo, inerva las vísceras especialmente los músculos lisos, los vasos sanguíneos y el corazón (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994).

Los (N.C.) nervios craneales en los anfibios son los siguientes: (Fig.11)

- ✓ N.C. I: Olfatorio.
- ✓ N.C. II: Óptico.
- ✓ N.C. III: Oculomotor.
- ✓ N.C. IV: Troclear (también inerva un músculo ocular).
- ✓ N.C. V: Trigémino.
- ✓ N.C. VI: Abducens.
- ✓ N.C. VII: Facial.
- ✓ N.C. VIII: Auditorio.
- ✓ N.C. IX: Glossofaríngeo.
- ✓ N.C. X: Vago.
- ✓ N.C. XI: Accesorio.
- ✓ N.C. XII: Hipogloso (que puede ser considerado como un nervio espinal y no como un verdadero nervio craneal).

Además de los nervios craneales, las larvas de anuro poseen una zona altamente inervada llamada línea lateral también presente en los peces y otros anfibios; se cree que es debido a esta zona sensorial que los animales pueden percibir los estímulos externos. Los nervios de la línea lateral son inervados por ramas de los nervios craneales (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001).

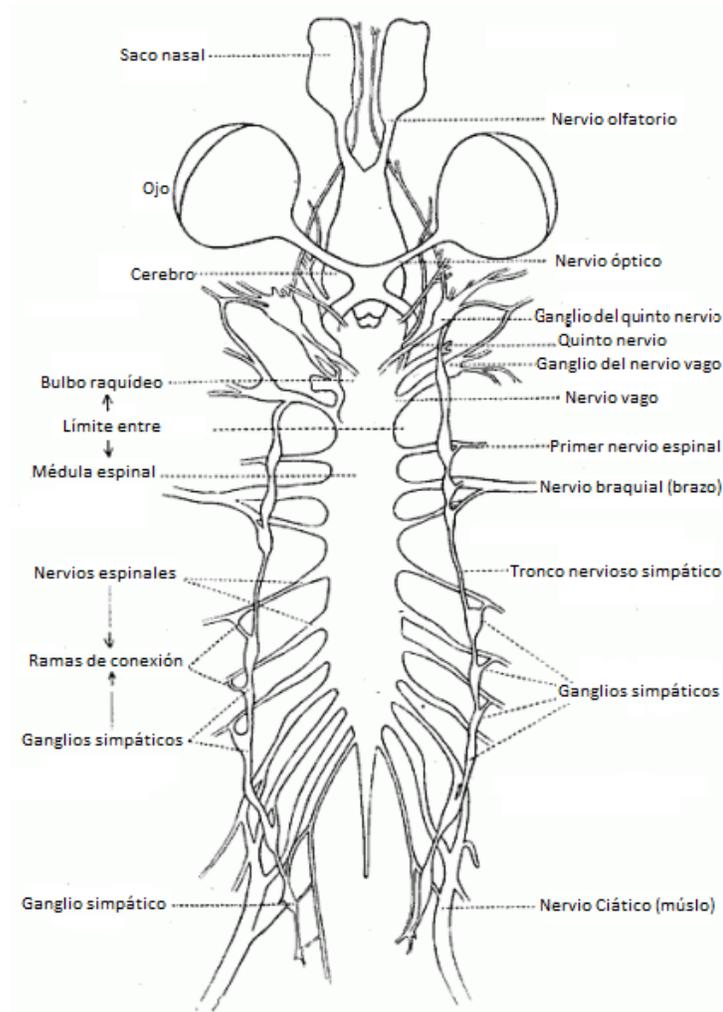


Fig.11: Sistema nervioso de la rana. (Nervous system of a frog, 2015).

2.6 APARATO CARDIOVASCULAR:

Incluye los sistemas arteriales, venosos y linfáticos. El sistema linfático tiene estructuras denominadas sacos linfáticos, senos linfáticos o vesículas linfáticas, que sirven para restringir el flujo de linfa de manera unidireccional para que vuelva al corazón. Los senos linfáticos laten en sincronía de 50 a 60 latidos por minuto (LPM) independientemente del ritmo cardiaco. Cuando grandes volúmenes de linfa se acumulan en algún saco linfático se

pueden presentar alteraciones. Las ranas terrestres bien hidratadas son aptas para encaminar el fluido absorbido a través de la piel directamente hacia los vasos linfáticos al pasar por la sangre arterial. Ya que éste fluido es posteriormente eliminado por los riñones y este puede tener un profundo efecto en la absorción y distribución de agentes farmacológicos administrados cutáneamente. La linfa consiste de componentes sanguíneos excepto eritrocitos; las variaciones entre los componentes del plasma y la linfa están pobremente documentadas (Goin, C y Goin, O. 1962; Wright y Whitaker, 2001).

El corazón de los anuros tiene tres cámaras y se encuentra debajo de la faja pectoral y el esternón, usualmente el atrio izquierdo es más pequeño que el derecho y el septo interatrial es completo. La vasculatura de los miembros pélvicos es fácilmente identificada tras un examen superficial (Fig.3). Un extenso plexo venoso lingual está presente en la parte inferior de la lengua (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001) (Fig.12).

Los sistemas porta venosos, el renal y el hepático están presentes en la mitad caudal de los anuros. La sangre en el sistema venoso porta renal pasa a través de los riñones antes de entrar a la vena cava posterior, mientras la sangre que pasa a través del sistema venoso porta hepático pasa a través del hígado antes de entrar a la vena cava. Los factores que determinan el enrutamiento de la sangre en la mitad caudal del cuerpo del anuro están indocumentados. Hasta que los estudios farmacocinéticos documenten lo contrario, es mejor evitar administrar fármacos que sean metabolizados o excretados ya sea renal o hepáticamente en los miembros pélvicos de los anuros. Los anuros tienen pocos senos linfáticos comparados con otros anfibios; éstos se encuentran a lo largo del coxis y un par se localiza en la región subescapular. Amplios espacios linfáticos subcutáneos se encuentran en diversos lugares dentro de los anuros; un par prominente puede ser

encontrado dorsalmente a cada lado del urostilo de las ranas terrestres, tal como lo son las ranas dardo, y éste es un sitio conveniente para obtener muestras de fluido linfático. Para la obtención de muestras sanguíneas se recomienda realizar punción cardiaca debido al pequeño tamaño y fragilidad de los vasos sanguíneos; este procedimiento se realiza con una aguja de intradermorreacción (Goin, C y Goin, O. 1962; Wright y Whitaker, 2001; Estación biológica de Doñana, 2016).

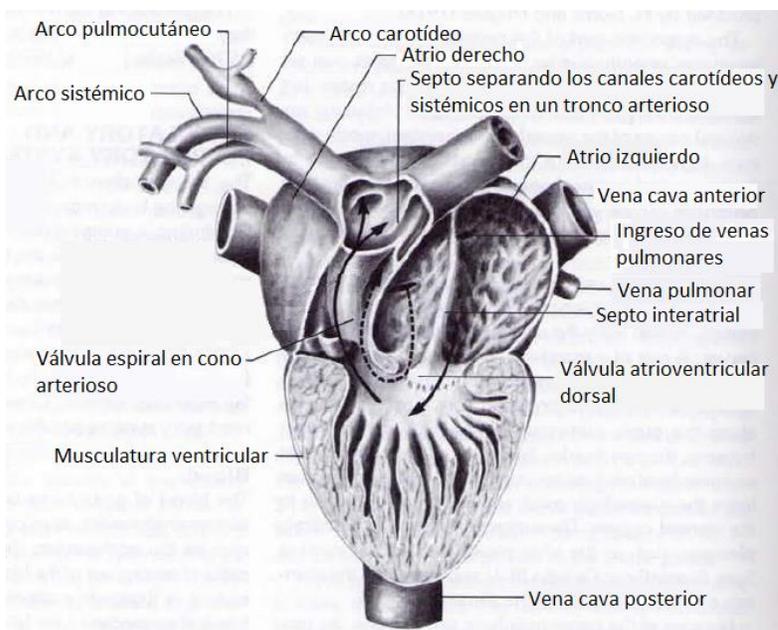


Fig.12: Vista ventral del corazón de un anuro, parcialmente seccionado en el plano frontal para mostrar las estructuras internas. La circulación de la sangre oxigenada está indicada mediante flechas sólidas; mientras que la circulación de la sangre desoxigenada se encuentra señalada por flechas punteadas. (Duellman y Trueb, 1994).

2.7 APARATO RESPIRATORIO:

Los anfibios tienen diversos modos de respiración. Existen tres modos de respiración en los anuros adultos; la cutánea, la bucofaríngea y la pulmonar. Las larvas poseen branquias que

son estructuras respiratorias primarias pero también ocurre la respiración cutánea (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001; Vitt, L y Caldwell, J. 2014).

Después de la metamorfosis la mayoría de los anfibios posee pulmones; éstos y la superficie bucofaríngea son las estructuras internas de la respiración que funcionan mediante el bombeo producto de la inspiración y expiración; sin embargo, un intercambio considerable de gases tiene lugar de manera cutánea (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994).

Los anuros son los anfibios más vocales, sus sonidos se derivan de forzar el paso del aire de los pulmones a través de las aberturas vocales hacia el interior de los sacos vocales por una combinación de aire (Goin, C y Goin, O. 1962; Wright y Whitaker, 2001; Vitt, L y Caldwell, J. 2014).

Narinas:

Las fosas nasales (narinas externas) y el conducto nasal están íntimamente asociados con el sistema olfatorio. El conducto nasal abre hacia la cavidad bucal a través de las coanas (narinas internas). Las narinas se cierran por una protuberancia del músculo submentalís (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994).

Cavidad bucofaríngea:

La boca y la faringe están forradas con epitelio mucoso y ciliado altamente vascularizado. En el piso de la faringe hay una abertura con forma de hendidura, la glotis, que se dirige a la laringe. La glotis es delimitada por los cartílagos aritenoides, y abre y cierra por medio

de los músculos dilatadores y constrictores de la laringe (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994).

Laringe:

Es una cámara estrechamente triangular. Se apoya por una serie de cartílagos semicirculares, los llamados cartílagos laterales. El par anterior se modifica como los cartílagos aritenoides, que soportan la glotis y son parte integral del sistema de producción de sonido en los anuros. El segundo par (cartílago cricoides) forma un anillo completo en la mayoría de los anfibios adultos (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Vitt, L y Caldwell, J. 2014).

Tráquea:

Es extremadamente corta, se bifurca hacia los pulmones dando lugar a los bronquios primarios y posee anillos cartilagosos completos (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994).

Pulmones:

Ambos, el pulmón derecho e izquierdo son de aproximadamente el mismo tamaño. Son estructuras simples sin particionamientos o pliegues y carecen de cartílagos (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994) (Fig.13).

Intercambio gaseoso:

El intercambio de gases entre los anfibios y su medio ambiente depende de diversas características estructurales, como lo son las superficies respiratorias, el sistema circulatorio y las propiedades de la sangre (Duellman y Trueb, 1994).

Superficies respiratorias:

La piel no contribuye tanto a la respiración ya que en los pulmones ocurre el mayor intercambio gaseoso. Con el aumento de la temperatura, los pulmones y la mucosa bucofaríngea tienen un importante papel en el consumo de oxígeno debido a que el consumo de oxígeno a través de la piel es pasivo y dependiente de la proximidad de capilares hacia la superficie, de la densidad de los capilares, del flujo sanguíneo a través de los capilares, la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno y en el caso de la piel una superficie húmeda. El consumo de oxígeno a través del tejido pulmonar y bucofaríngeo depende de los mismos factores y también de la profundidad y velocidad de los movimientos de la respiración. La piel de los anuros terrestres está más vascularizada en relación con los pulmones de los acuáticos o semiacuáticos, esto sugiere que la ventilación pulmonar es más demandante en los anuros acuáticos o semiacuáticos y el alto grado de vascularidad integumentaria en anuros terrestres puede ser indicador de una necesidad elevada de consumo de agua. No obstante existe una correlación positiva entre las cantidades relativas de consumo de oxígeno y la vascularización cutánea, aunque no existe tal correlación para la cantidad de intercambio de dióxido de carbono (Duellman y Trueb, 1994; Vitt, L y Caldwell, J. 2014).

Sistema circulatorio:

En anfibios la circulación de sangre oxigenada y desoxigenada no está completamente separada debido a una pequeña cantidad de sangre que se mezcla en el corazón, sin embargo el flujo es regulado mediante la presión sanguínea causada por vasoconstricción. El intercambio gaseoso ocurre en alta proporción en los pulmones cuando la rana está utilizando la ventilación aérea, pero la proporción disminuye rápidamente cuando se sumerge. La cantidad de sangre que fluye hacia los pulmones está relacionada con el grado en que estén ventilando (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Vitt, L y Caldwell, J. 2014).

Propiedades sanguíneas:

El oxígeno transportado en la sangre depende de varios factores hematológicos: número y volumen de células rojas (eritrocitos), hematocrito (el porcentaje de sangre que conforman los eritrocitos), contenido de hemoglobina y pH sanguíneo. La afinidad entre el oxígeno y los eritrocitos varía dependiendo de factores medio ambientales, tales como la temperatura y presión parcial de oxígeno (Duellman y Trueb, 1994; Vitt, L y Caldwell, J. 2014).

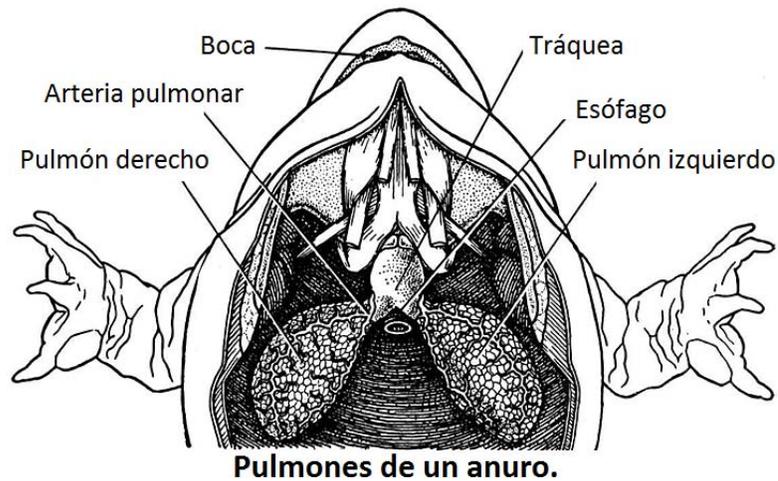


Fig.13: Aparato respiratorio de la rana. (Bullfrog dissection, 1996).

2.8 APARATO UROGENITAL:

El metabolito primario de nitrógeno en anuros es amoníaco, urea o ácido úrico dependiendo de su entorno. Los anuros acuáticos excretan la mayor parte del nitrógeno en forma de amoníaco, ya que la conservación del agua no es un problema (Wright y Whitaker, 2001).

La vejiga es simple en estructura y está compuesta de una o dos capas de células epiteliales; se conocen tres principales tipos de células; 1. Células granulares de frente a la superficie (lumen), sus lados apicales consisten de varios microvellos que están cubiertos de su lado luminal por un abrigo vellosa conteniendo mucopolisacáridos; 2. Células mucosas que son encontradas a distintas frecuencias en diferentes especies de anuros y 3. Células ricas en mitocondrias (Duellman y Trueb, 1994; Warburg, 1997) (Fig.14).

La vejiga de los anfibios es un saco bilobulado derivado de la cloaca. Su tamaño no varía significativamente entre anuros terrestres y acuáticos. Ambos poseen una capacidad de vejiga urinaria de 8-11% de su volumen corporal total, ya que es distensible, puede contener hasta más del 50% del volumen corporal total. De esa manera es un eficiente

órgano de almacenamiento de agua (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Warburg, 1997).

En los adultos de anfibio los riñones son estructuras pareadas que descansan a cada lado de la aorta dorsal y se desarrollan de nefrostomos larvales (Duellman y Trueb, 1994) (Fig.14).

Gónadas:

✓ Testículos:

El par de testículos está asociado a cuerpos grasos y se une a los riñones por una membrana, el mesorquio, que afianza a los conductos deferentes de los testículos al riñón. Los testículos aumentan de tamaño durante la temporada de crianza. Los testículos son usualmente esféricos para evitar estructuras que son ventrales a la mitad anterior de los riñones y no son lobulados (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994).

La espermatogénesis ocurre en lóculos dentro de los testículos y los espermatozoides son transportados a través de conductos eferentes hacia los túbulos recolectores de la nefrona que se vacían en el conducto de Wolff y éstos a su vez canalizan los gametos al interior de la cloaca que también recibe los desechos del tracto digestivo y de la vejiga. La fecundación es externa (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001).

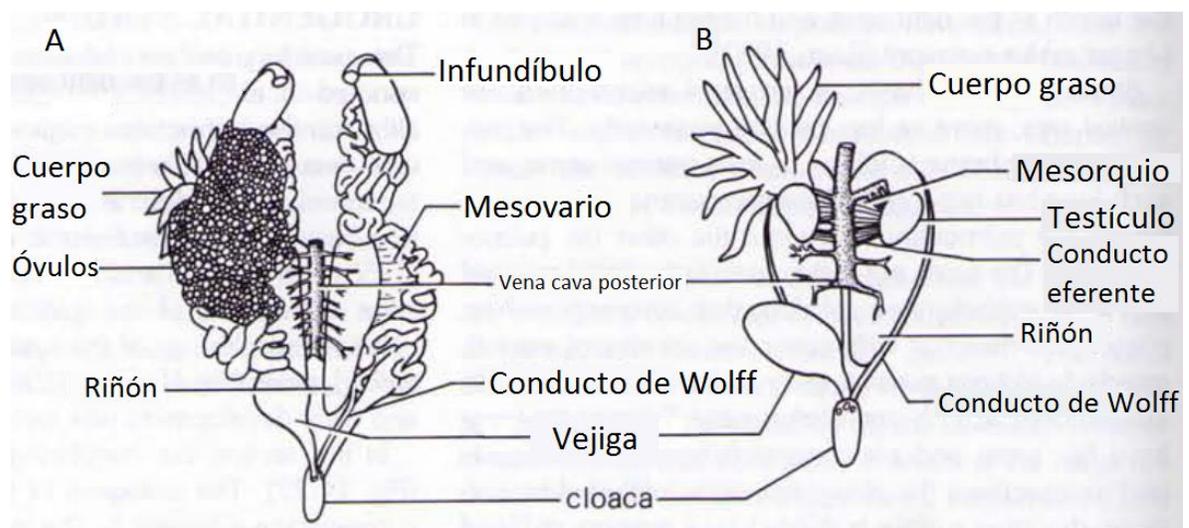
✓ Ovarios:

El par de ovarios se asocia a cuerpos grasos y está suspendido por una membrana, el mesovario, del lado medial de los riñones. El ovario consiste en una delgada vaina de tejido conectivo llamado ovisaco que envuelve los folículos ováricos; el ovisaco debe romperse

para dar lugar a la ovulación y liberar a los óvulos dentro del celoma en donde son guiados mediante cilios al infundíbulo que yace cerca de los pulmones (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001).

Conductos urogenitales:

El conducto de Wolff, que se origina del borde lateral del riñón, lleva orina (y en los machos espermatozoides) a la cloaca. Normalmente cada conducto de Wolff entra a la cloaca de manera independiente (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994) (Fig.14).



Vistas ventrales de estructuras urogenitales en anuros.

A. Rana hembra.

B. Rana macho.

Fig.14: Aparato urogenital de las ranas. (Duellman y Trueb, 1994).

2.9 APARATO DIGESTIVO:

Todos los anfibios adultos son principalmente carnívoros y tienen un tracto gastrointestinal relativamente corto y simple. Un poco de la masticación ocurre en la cavidad oral, pero usualmente la presa es tragada entera. El hígado es bilobulado. Hay un sólo ducto pancreático, pero los ductos biliares y pancreáticos emergen antes de la entrada al intestino (Goin, C y Goin, O. 1962; Wright y Whitaker, 2001).

La cavidad oral está separada del esófago por un fuerte esfínter, que podría compararse con la glotis. La faringe, en este tipo de especies, tiene un papel más importante en la respiración, que en el proceso digestivo. Las líneas de cilios del esófago, transportan la ingesta, en el esófago se secretan moco y algunas enzimas digestivas (por ejemplo pepsinógeno). El estómago es glandular, tiene forma de “J” y presenta tres zonas bien delimitadas: el cardias, fondo y píloro. El estómago está separado del intestino por el esfínter pilórico, el vaciamiento gástrico es controlado por el duodeno. Las secciones del intestino no se diferencian con facilidad como en otros vertebrados (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001; Servín, 2011) (Fig.15).

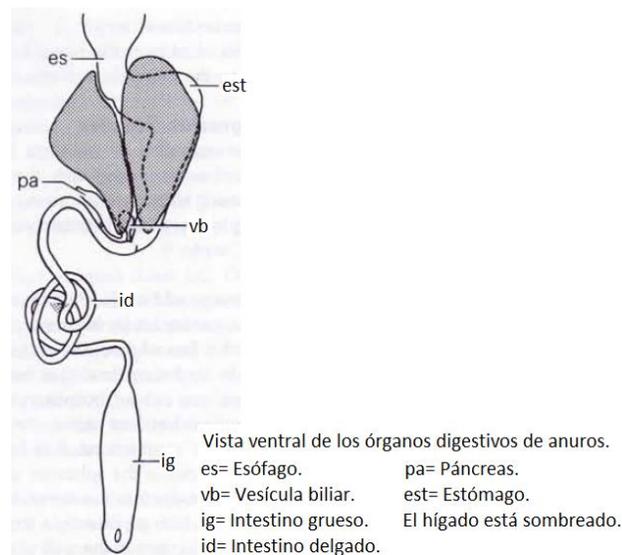


Fig.15: Aparato digestivo de la rana. (Duellman y Trueb, 1994).

2.10 SISTEMA HEMATOLINFOPOYÉTICO:

Todos los anfibios poseen un timo, que es una fuente de linfocitos T. El timo está presente a lo largo de la vida de los anfibios, aunque una mala alimentación y el estrés pueden provocar la involución y atrofia del timo en anfibios en cautiverio. El bazo tiene ambas pulpas, blanca y roja, que actúan como los respectivos centros de eritropoyesis y mielopoyesis. Variaciones estacionales han sido notadas en el tamaño del bazo. Tejido linfoide asociado al intestino está presente en anfibios (Wright y Whitaker, 2001).

Los anuros terrestres poseen una médula ósea funcional, pero no sirve como sitio para la eritropoyesis, sólo linfocitopoyesis y mielotrombocitopoyesis. Los órganos linfomiéloides son centinelas que procesan antígenos para producir una firme respuesta humoral. Los órganos linfomiéloides no están conectados con el sistema linfático, más bien los aferentes de los órganos linfomiéloides son, arterias o venas o ambas (Wright y Whitaker, 2001).

2.11 SISTEMA ENDOCRINO:

La regulación y coordinación de varios órganos es manifestada ya sea por impulsos electroquímicos transmitidos por tejido nervioso o por hormonas transportadas por el sistema vascular que son producidas por glándulas endócrinas. Los anfibios tienen todas las glándulas endócrinas que son conocidas en tetrápodos, y con pocas excepciones parece que las secreciones endócrinas de los anfibios se asemejan a las de otros vertebrados (Goin, C y Goin, O. 1962; Duellman y Trueb, 1994).

Este sistema es similar al de otros vertebrados y la función de los distintos órganos es parecida aunque las secreciones producidas poseen significativas diferencias estructurales.

Las glándulas endócrinas (y secreciones asociadas) incluyen las siguientes: adrenales (epinefrina, norepinefrina, corticosteroides), gónadas (testosterona, estrógeno, progesterona), islas pancreáticas (insulina), paratiroides (calcitonina, hormona paratiroidea), glándula pineal (melatonina), pituitaria (adrenocorticotropina o ACTH, hormona antidiurética o ADH, vasotoxina arginina, hormona folículo estimulante o FSH, hormona luteinizante o LH, hormona estimuladora de melanóforos o MSH, oxitocina, prolactina), timo (timosina), tiroides (triyodotironina o T3, tetrayodotironina o T4), y cuerpos ultimobranquiales (calcitonina) (Wright y Whitaker, 2001).

Las glándulas adrenales permanecen cercanas a los riñones. Ha sido documentado que el cuerpo lúteo secreta progesterona en algunas especies vivíparas. Las glándulas paratiroides involucionan durante el invierno en algunas especies y pueden no ser detectables. Las glándulas último-branquiales se encuentran adyacentes a la laringe en la mayoría de los anuros (Wright y Whitaker, 2001).

CAPÍTULO 3. GENERALIDADES:

De más de 175 especies de ranas venenosas, sólo tres son lo suficientemente tóxicas para utilizarse en el lanzamiento de 'dardos' para su uso en cacería. Estas tres especies pertenecen a un pequeño grupo de ranas venenosas de mayor tamaño llamadas *Phyllobates* (que en griego significa "hoja caminante"). Para sorpresa de la mayoría de la gente, sólo una de las tres especies (*Phyllobates terribilis*) tiene suficiente veneno para que el simple roce de un dardo en la rana produzca toxina suficiente para matar a pequeños monos y aves. Desafortunadamente estas ranas mueren en el proceso de extracción que se realiza asando a las ranas para estimular la secreción del veneno. Muchos investigadores y defensores

reconocen la inexactitud del nombre "ranas dardo venenosas" y han comenzado a llamarlas "ranas venenosas", sin embargo este nombre también es engañoso (Silverstone, 1975; Schmidt y Henkel, 2005; Grant, 2006).

Los anfibios presentan una mayor variedad de defensas químicas que cualquier otro grupo de vertebrados. Todos tienen glándulas en la piel que contienen secreciones tóxicas, incluyendo ranas no dendrobátidas. La potencia de estas toxinas es muy variable y oscila entre incipiente a potencialmente mortal. Estas toxinas ayudan a evitar la depredación, el beneficio más común de esta defensa, y también poseen propiedades antifúngicas y antibacterianas. Las toxinas de los anfibios, proporcionan a la ciencia médica más de 200 toxinas químicas benéficas que se han aislado de solamente un pequeño porcentaje de las especies de anfibios del mundo, incluyendo dendrobátidos; por lo tanto, todas las ranas son verdaderamente ranas venenosas (Silverstone, 1975; Schmidt y Henkel, 2005; Grant, 2006).

CAPÍTULO 4. PRODUCCIÓN DE VENENO:

Los términos venenoso y ponzoñoso con frecuencia son utilizados indistintamente pero esto es incorrecto; existe de hecho una diferencia entre ambos (Hadley, 2015).

Tanto los animales venenosos como los ponzoñosos producen toxinas perjudiciales o letales para otros organismos. La verdadera diferencia entre los dos involucra la manera en la que esa toxina es administrada a las presas o predadores. Los organismos venenosos inyectan el veneno mediante un aparato especializado (generalmente colmillos o aguijón) y éste es producido en una glándula ligada al mismo aparato. Por otro lado los organismos

ponzoñosos no transmiten su veneno de manera directa, todo el cuerpo o grandes partes de él pueden contener sustancias ponzoñosas, por lo que estos organismos pueden ser perjudiciales sólo cuando son tocados o ingeridos (Goin, C y Goin, O. 1962; Hadley, 2015). Las ranas dardo son unos de los animales más ponzoñosos que se conocen; su nombre surge debido a que los indígenas de la selva colombiana impregnaban sus flechas o dardos con el veneno. Una rana puede producir veneno para impregnar entre 50 y 150 flechas (Schmidt y Henkel, 2005; Gabandé, 2008; Field, 2011).

En cautiverio la síntesis de veneno se ve frenada; se cree que la producción de veneno está relacionada con el consumo de diversos tipos de alcaloides procedentes de su dieta en el ámbito natural que está compuesta básicamente de insectos, algunos de ellos también venenosos como hormigas, ciempiés y escarabajos. Probablemente, el desarrollo de la producción de veneno en estas ranas es el resultado de la adaptación metabólica a la ingesta de venenos de insectos, esta adaptación confiere además una ventaja al resultar un potente disuasorio para los depredadores potenciales de estas especies de batracios (Goin, C y Goin, O. 1962; Gabandé, 2008; Field, 2011).

El principal principio activo del veneno es la batracotoxina (Fig.16). En realidad existe una gran diversidad de batracotoxinas aunque todas ellas tienen como efecto un aumento irreversible de la permeabilidad celular en el sistema nervioso periférico lo que bloquea la transmisión neuromuscular produciendo una parálisis muscular similar a la del curare aunque es de diez a veinte veces más potente. Además, la batracotoxina tiene un efecto directo sobre el músculo cardíaco, produciendo arritmias; es un potente modulador de los canales de sodio, dando pie a una despolarización irreversible de los nervios y músculos, fibrilación, arritmias y eventualmente falla cardíaca. Desde su descubrimiento algunos investigadores han reportado entumecimiento después de que su piel entrara en contacto

con esta toxina. Intrigados por este fenómeno, determinaron el efecto de la batracotoxina en los canales de sodio Nav1.8, que es considerado como la llave de la nocicepción. Como resultado, se descubrió que la batracotoxina modula profundamente este canal. La batracotoxina es un alcaloide esteroideo liposoluble. Esta toxina posee una estructura química basada en la magainina, un péptido que destruye las paredes celulares de hongos y bacterias. Actualmente no existe ningún antídoto específico para contrarrestar el envenenamiento por batracotoxina. La veratrina, aconitina y las grayanotoxinas -al igual que la batracotoxina- son tóxicos liposolubles que alteran de manera similar la selectividad iónica de los canales de sodio, lo que sugiere que actúan en el mismo sitio activo de los canales. Debido a estas similitudes el tratamiento de una intoxicación con batracotoxina podría basarse en el tratamiento de una intoxicación por estas sustancias. El tratamiento también podría hacerse en función de una intoxicación con digoxina, debido a los similares efectos cardiotóxicos que producen. Aunque no sean estrictamente antídotos, la despolarización de membrana puede prevenirse o incluso revertirse con tetradotoxina (obtenida del pez globo) o con saxitoxina (marea roja). Ambas sustancias tienen un efecto antagonista sobre la batracotoxina en los canales de sodio. Algunos anestésicos locales pueden actuar como antagonistas competitivos del receptor, impidiendo el efecto tóxico de la batracotoxina (ScienceDirect, 1987; Gabandé, 2008; Field, 2011).

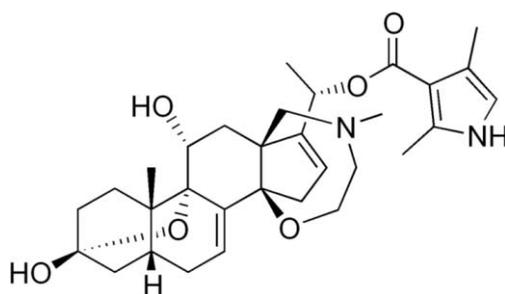


Fig.16: Estructura química de la Batracotoxina. (Wikipedia, 2015).

CAPÍTULO 5. GÉNEROS DE RANAS EN EL PIMVS

ACTUALMENTE EL PIMVS ANIMALIA DEI CUENTA CON RANAS DARTO DE LOS SIGUIENTES GÉNEROS:

- ✓ *Dendrobates auratus* (3)
- ✓ *Dendrobates auratus super blue* (3)
- ✓ *Dendrobates tinctorious azureus* (2)
- ✓ *Dendrobates leucomelas* (2)
- ✓ *Dendrobates tinctorious alanis* (2)
- ✓ *Dendrobates tinctorious cobalto* (2)
- ✓ *Dendrobates tinctorious yellow head* (2)
- ✓ *Phyllobates terribilis* (3)
- ✓ *Phyllobates vitatus* (3)
- ✓ *Ranitomeya vanzolinii* (3)
- ✓ *Ranitomeya ventrimaculata* (3)

A continuación se citan brevemente las características de cada género y la manera de criarlas:

5.1 *Dendrobates auratus* spp: (Fig.17)

El rango de distribución de esta especie se extiende desde el sur de Nicaragua hasta el norte de Colombia. También existen poblaciones aisladas en Tobago así como en la isla de Oahu. Se encuentran en las costas entre el nivel del mar y los 800 metros de altitud entre la hojarasca y las raíces del suelo de las pluviselvas, así como en las plantaciones de cacao. Son ranas muy ligadas al suelo aunque ocasionalmente trepan por la vegetación (Schmidt y Henkel, 2005).

Según las poblaciones alcanzan una longitud máxima de 25 a 42 milímetros, siendo los machos algo menores que las hembras. La forma más pequeña es la que vive en la isla de Tobago. No hay forma segura de diferenciar los sexos, aunque las hembras suelen ser más corpulentas que los machos; éstos últimos pueden tener discos más grandes en los dedos 2°, 3° y 4°; algunos de ellos también tienen cabeza ligeramente más puntiaguda. El color de fondo suele ser negro, pero también puede ser marrón o verde cobrizo. El dorso y las extremidades posteriores están recubiertos de líneas, manchas y franjas de color verde oscuro, claro o azulado, y gris plateado hasta blanco. En la costa occidental de Costa Rica existen individuos casi completamente negros (Schmidt y Henkel, 2005).

El terrario no deberá ser demasiado pequeño. El suelo tiene que estar recubierto con hojarasca de bosque, mientras que el resto de la decoración podrá estar formado por una gran raíz recubierta de plantas como bromeliáceas, orquídeas y pequeños helechos. La temperatura diurna deberá ser de 24 a 28°C, pudiendo descender ligeramente por la noche. Hay que pulverizar agua purificada dos veces al día para garantizar una elevada humedad relativa del aire. Estas ranas son de hábitos diurnos y suelen llevar una vida reservada. Los machos definen territorios fijos en los que se refugian cuando se sienten molestados o perseguidos, se reproducen durante todo el año y su canto es muy discreto.

Las hembras dispuestas a desovar acuden al llamado de los machos y los siguen hasta un lugar adecuado para depositar los huevos. Para ello eligen lugares muy diversos, unos seleccionan zonas descubiertas, como hojas lisas de bromeliáceas y otros prefieren lugares más resguardados entre la hojarasca, bajo macetas o cáscaras de coco. Lo importante es que dispongan de una superficie lisa. La ovoposición consta de cinco a diez huevos y el macho regresa regularmente a ellos para mojarla. Al cabo de unos quince días nacen los renacuajos

y el macho se encarga de transportarlos, cargando cada vez con uno o tres de ellos, hasta un lugar con algo de agua (Schmidt y Henkel, 2005).

Dado que las larvas suelen ser caníbales, es imprescindible alojarlas en pequeños recipientes individuales. El nivel del agua no deberá superar los cinco a seis centímetros y será necesario cambiarla con frecuencia, cada dos a tres días, según su calidad. Los renacuajos pueden alimentarse con todo tipo de alimento para peces tropicales, larvas de mosquito congeladas o tubifex congelado y troceado, es preferible proporcionarles pequeñas cantidades pero con frecuencia. Los renacuajos alimentados exclusivamente con alimentos para peces (ver apartado “Animalia Dei”) no se diferencian en nada de aquellos que han recibido otros alimentos complementarios. La metamorfosis completa puede durar hasta 100 días (Schmidt y Henkel, 2005).

Las ranas juveniles pueden cuidarse en pequeños terrarios con el suelo cubierto por cajas de turba con las que también se les pueden construir escondites; así mismo aceptan pequeñas *Drosophila* (moscas de la fruta) que deben ser espolvoreadas previamente con calcio. Generalmente alcanzan la madurez sexual al cabo de 8 a 10 meses. El grupo de cría puede estar formado por un macho y dos hembras o dos machos y cuatro hembras. En terrarios con una base de un metro cuadrado y una densa vegetación también se pueden mantener grupos más numerosos (Schmidt y Henkel, 2005).

Dendrobates auratus se alimenta de *Thermobia*, grillos pequeños, pequeñas larvas de la polilla de la cera, polillas de la harina y sus larvas, *Drosophila*, pulgones y colémbolos (Schmidt y Henkel, 2005).



Fig.17: *Dendrobates auratus* sp. (P.I.M.V.S. Animalia Dei. Enero, 2013).

5.2 *Dendrobates tinctorius* spp: (Fig.18)

Esta especie se encuentra en toda la región de las Guayanas, desde Guyana, Surinam y la Guyana Francesa hasta Brasil.

Es una rana diurna y que vive en el suelo de las pluviselvas y se encuentra cerca de los cursos de agua pero es difícil de localizar. Su amplio rango de distribución ha hecho que este género se diversifique en varias especies (azureus, alanis, cobalto y yellow head entre otras). Estas poblaciones tienen unas características propias muy estables aún cuando en la mayoría de las poblaciones suele aparecer una amplia gama de coloraciones y dibujos, pero existen considerables diferencias de tamaño y color entre unas y otras.

Los machos suelen ser de menor tamaño que las hembras y tienen adhesivos en los dedos 2°, 3° y 4° (Schmidt y Henkel, 2005).

Estas ranas presentan una coloración muy variable. Los individuos de la Guyana Francesa suelen ser de color azul; las extremidades y la región abdominal son de color azul intenso generalmente salpicado por puntos negros; en el dorso pueden tener un dibujo de color

negro y amarillo o blanco, mientras que en los individuos de otras procedencias puede ser totalmente amarillo. Todas las demás se caracterizan por tener dibujos muy particulares en distintas tonalidades de blanco, gris, azul, amarillo, naranja o negro (Schmidt y Henkel, 2005).

A pesar de que estas ranas alcanzan una talla considerable, su terrario no necesita ser especialmente amplio: para una pareja es suficiente con un terrario de 50x40x50 centímetros. No es necesario que haya una vegetación muy densa, pero deberán disponer de algunos escondites. La temperatura diurna será de 22°C a 27°C, pudiendo descender por la noche a nivel ambiental. La humedad relativa del aire se mantendrá entre 80% y 95%, y el fotoperiodo será de 12 horas. Hay que pulverizar agua por todo el terrario dos veces al día, preferiblemente en la primera hora de la mañana y durante la tarde (Schmidt y Henkel, 2005).

Dendrobates tinctorius es una rana tranquila que no salta alocadamente por el terrario; si hay plantas colocadas en lo alto, subirá ocasionalmente hasta ellas. En caso de mantener varios individuos en el mismo terrario, es necesario criarlos juntos desde pequeños ya que suelen agredir a los ejemplares introducidos posteriormente, mostrándose las hembras especialmente agresivas entre sí. Lo mejor es mantener a estas ranas en pareja. Comparadas con otros dendrobátidos, no son muy agresivas con las otras especies pero hay que tener precaución al mezclarlas debido a que pueden hibridarse con facilidad. Se reproducen durante todo el año pero existe la posibilidad de controlar la reproducción estableciendo un periodo de sequía. Cuando los machos empiezan a cantar no suele pasar mucho tiempo antes de que aparezca alguna hembra dispuesta a aparearse. El cortejo va seguido de caricias a la pareja y suele prolongarse durante varias horas, a veces incluso durante días; desovan bajo macetas invertidas o cáscaras de coco. Es aconsejable colocar debajo una caja

de Petri en donde depositarán de dos a doce huevos que luego serán fecundados por el macho, quedando éste a cargo de su custodia. En cuanto nacen los renacuajos el padre los lleva al agua, siendo necesario mantenerlos en recipientes individuales ya que tiene una notable tendencia al canibalismo. Las ranas juveniles salen de la tierra al cabo de unos 75 días. Su crianza se realiza igual que con *Dendrobates auratus*, pero los juveniles necesitan consumir alimentos diminutos durante más tiempo (Schmidt y Henkel, 2005).

Se alimentan de pequeñas *Thermobia*, grillos recién nacidos, larvas de polilla de cera, polillas de harina y sus larvas, *Drosophila*, pulgones y colémbolos. A pesar de que estas ranas son de talla grande, les cuesta mucho ingerir grandes presas. Prefieren los colémbolos y pequeñas *Drosophila* (Schmidt y Henkel, 2005).



Fig.18: *Dendrobates tinctorius alanis* (izquierda); *Dendrobates tinctorius azureus* (derecha). (P.I.M.V.S. Animalia Dei. Enero, 2013).

5.3 *Dendrobates leucomelas*: (Fig.19)

Esta especie vive en Venezuela; se encuentra en zonas con una altitud de 50 a 1000 metros sobre el nivel del mar entre el sur del Orinoco y la frontera brasileña. Es una rana de costumbres terrestres que lo mismo puede habitar los bosques de las regiones bajas como

las pluviselvas de montaña. La situación geográfica de las regiones en que vive hace que las condiciones climáticas se mantengan prácticamente estables durante todo el año. La temperatura diurna es de 26°C a 30°C, y por noche desciende hasta 20°C, a medio día la humedad relativa del aire es del 60%, pero por la noche aumenta hasta más del 90%. Cuanto más calor haga durante el día, más intensamente buscarán las ranas un lugar sombreado y fresco (Schmidt y Henkel, 2005).

Las hembras alcanzan una talla máxima de 38 milímetros, mientras que los machos son dos a tres milímetros más pequeños. Los discos adhesivos de los dedos 2°, 3° y 4° son mayores en los machos. En apariencia, sobre una base de color negro mate destacan unas franjas onduladas de color amarillo, anaranjado o verde que pueden formar un dibujo transversal en la cabeza, en las extremidades o en la parte posterior del cuerpo. En algunos individuos este dibujo se convierte en una retícula. La región abdominal es de color negro uniforme.

El suelo del terrario tendrá que estar cubierto con hojarasca y no deberá faltar una gran raíz o rama sobre la cual se puedan colocar bromeliáceas, *Tillandsia*, orquídeas, pequeños helechos, etc. Para acondicionarlo apropiadamente se debe tomar en consideración la preferencia de estas ranas por trepar y que suelen poner sus huevos en las zonas más elevadas. La temperatura diurna será de 26°C a 28°C, pudiendo descender de 3°C a 5°C por la noche. Para garantizar una elevada humedad relativa del aire es necesario pulverizar agua dos veces al día (Schmidt y Henkel, 2005; Sistema meteorológico Nacional, 2015).

En un acuaterrario de 80x50x60 centímetros se pueden mantener dos parejas, pero es necesario establecer varios pisos para diferenciar territorios. Estas ranas desovan en cajas de Petri cubiertas; si en su interior se colocan algunas hojas, pondrán los huevos sobre éstas. El macho atrae a la hembra con su canto y se acerca a ella dando pequeños saltos, luego la guía hacia la caja de Petri sin dejar de cantar y ella lo sigue. El macho vuelve a

salir al cabo de poco rato, pero la hembra tarda más porque en ese intervalo habrá puesto de dos a ocho huevos; entonces el macho regresa para fecundarlos. Se ha observado que esta especie a veces se come sus huevos; para poder controlar dicha situación es recomendable incubarlos para asegurar su desarrollo; sólo habrá que añadir un poco de agua a la caja de Petri sin llegar a cubrir los huevos y taparla.

A una temperatura de 25°C, los primeros renacuajos nacerán después de doce a quince días. Es conveniente mantenerlos en recipientes separados ya que muestran una tendencia al canibalismo. Es especialmente importante separar a las hembras a tiempo, ya que parece ser que las dominantes inhiben a las demás impidiendo que se reproduzcan. Se alimentan de colémbolos, *Drosophila*, cochinillas blancas, *Thermobia* y grillos pequeños (Schmidt y Henkel, 2005).



Fig.19: *Dendrobates leucomelas*. P.I.M.V.S. Animalia Dei. Enero, 2013).

5.4 *Phyllobates* spp: (Fig.20)

Vive en una pequeña región de la cuenca del Río Saija en Colombia y en la vertiente pacífica de América Central, desde Costa Rica hasta Panamá, habitando en las pluviselvas de las tierras bajas entre las capas de hojarasca (Schmidt y Henkel, 2005).

Las hembras alcanzan una longitud máxima de 48mm. Los machos son más pequeños y más esbeltos. Una característica típica de esta especie son sus franjas dorsolaterales amarillas, naranjas o rojas que se prolongan hasta la cabeza. También pueden tener una franja media que suele ser discontinua. Las extremidades presentan un marmoleado verde que contrasta con el color negro del cuerpo (Schmidt y Henkel, 2005).

Debido a su tamaño esta rana necesita terrarios bastante amplios provistos de una buena vegetación, así como de raíces o trozos de maceta que le sirvan de escondrijos. La temperatura diurna será de 25 a 28°C, descendiendo por la noche a 20°C ó 18°C para *Phyllobates terribilis* y a 5°C ó 3°C para *Phyllobates vittatus*. Lo ideal es pulverizar agua dos veces al día para lograr la humedad relativa del aire de 80% durante el día y del 100% durante la noche (Schmidt y Henkel, 2005).

Los machos son muy territoriales y saltan contra los intrusos de su mismo sexo y los aprietan contra el suelo o incluso bajo el agua. El desove ocurre en cajas de Petri o envases de rollos fotográficos; la hembra pone sus huevos, el macho abandona el lugar y no vuelve hasta que ella se retira y a partir de ése momento él se encargará de cuidarlos y mojarlos a intervalos regulares. Los huevos eclosionan al cabo de quince o veinte días y entonces el padre carga las larvas a la espalda y los lleva a un lugar con agua. Se pueden mantener juntos los renacuajos y ofrecerles alimentos para peces tropicales. El agua deberá estar a una temperatura de 23 a 25°C y habrá que cambiarla periódicamente, de ser posible cada

dos días. Aproximadamente a los 75 días se completará la metamorfosis (Schmidt y Henkel, 2005).

Se alimentan de colémbolos, pulgones, *Drosophila*, cochinillas blancas, polillas de la cera y sus larvas, grillos y *Thermobia* (Schmidt y Henkel, 2005).



Fig.20: *Phylllobates vittatus*. (P.I.M.V.S. Animalia Dei. Enero, 2013).

5.5 *Ranitomeya* spp: (Fig.21)

Su rango de distribución es discontinuo, extendiéndose desde los Andes hasta la cuenca amazónica, por lo que es la única rana dardo cuya distribución geográfica cruza todo América de sur desde el Pacífico hasta el Atlántico y se localiza a altitudes de 0 a 1,000 metros en Perú, Ecuador, Colombia, Brasil y Guayana Francesa. Se encuentra en selvas húmedas de montaña o de llanura, en bosques y en plantaciones, así como entre la vegetación y los bordes de los caminos. La temperatura de su hábitat varía entre los 30°C y los 23°C. La humedad relativa del aire oscila entre el 80% y el 100% (Schmidt y Henkel, 2005).

Esta especie es uno de los dendrobátidos más pequeños y su talla máxima oscila entre 14.5 mm y 19 mm, según la procedencia; las hembras son más grandes y corpulentas a diferencia de los machos (Schmidt y Henkel, 2005).

Su amplia distribución ha propiciado la aparición de diversas variedades cromáticas; la parte superior del cuerpo puede tener franjas amarillas y negras, o rojas y negras; las extremidades presentan manchas (Schmidt y Henkel, 2005).

Es preferible mantener a estas ranas en acuaterrarios altos decorados con bromeliáceas plantadas en varios niveles de altura y se requiere pulverizar agua dos veces al día.

Reproducir a *Ranitomeya* spp. en cautividad resulta muy sencillo. El macho canta para atraer a la hembra; en cuanto ésta entra en su campo visual y si está dispuesta para el desove se acercará al macho el que a su vez elegirá un lugar adecuado para el desove, generalmente un escondite del acuaterrario. Durante el camino se detiene varias veces y le canta a la hembra mientras la espera. En cuanto llegan al lugar adecuado la hembra se acerca al macho quien expulsa su esperma en el agua y se aleja, tras lo cual la hembra deposita sus huevos (de tres a once) bajo la superficie y también se va. El macho regresa al cabo de unos diez días y se sitúa en las proximidades de la puesta. Cuando los huevos están a punto de eclosionar, el macho disgrega la puesta agitando el agua con sus extremidades posteriores, ayudando de esta manera a los renacuajos a salir de su envoltura gelatinosa; a continuación inclina su espalda para que los renacuajos se puedan subir en él. En los siguientes días regresará varias veces para recoger más larvas; éstas pueden pasar de dos a tres días sobre su espalda antes de que las deje en una bromeliácea con agua; después él incita a la hembra a que alimente a las crías dejando un huevo sin fecundar en cada acumulación de agua. En la crianza en cautiverio se les puede alimentar con comida para peces tropicales. Las larvas son sumamente agresivas y se comen tanto a los renacuajos de

su propia especie como a los de otras. Las ranas completan su metamorfosis al cabo de 60 a 75 días. Se alimentan de *Drosophila*, colémbolos, pulgones, cochinillas blancas, *Thermobia* y grillos pequeños. Muestran una clara preferencia por colémbolos (Schmidt y Henkel, 2005).



Fig.21: *Ranitomeya ventrimaculata*. (P.I.M.V.S. Animalia Dei. Enero, 2013).

CAPÍTULO 6. MANTENIMIENTO EN CAUTIVERIO:

Para mantener a una especie tan particular como la rana dardo en cautiverio, se debe tomar en cuenta las características de su hábitat y la biología de la especie, para de este modo, ofrecer las condiciones más adecuadas, en donde la especie no solo subsista sino también pueda reproducirse y llevar una vida sana. A continuación se presentarán las bases y pasos para mantener a esta especie en cautiverio.

6.1 Acuaterrarios:

¿Cómo construir un acuaterrario?

En muchos comercios de animales se venden acuarios de todas formas y tamaños para cada necesidad y poder alojar animales cuya existencia se desarrolla tanto en el agua como en la tierra. Para ello se debe escoger un acuario espacioso y no excesivamente profundo e instalar un sistema para mantener limpia o retrasar el mayor tiempo posible el cambio de agua que contendrá el recipiente. En el PIMVS Animalia Dei se utilizan acuaterrarios de 40 litros y se acomodan vertical u horizontalmente dependiendo de las necesidades arborícolas o terrestres de las ranas.

Se requiere instalar un sistema de filtrado interno que evite la putrefacción del agua; en el caso de las ranas dado que son animales pequeños, basta con utilizar un filtro interno conectado a una bomba de inmersión de potencia adecuada para una pecera de 40 litros o más. El material filtrante ideal es el llamado “lana sintética” pero sea cual sea el sistema de filtrado que se utilice, siempre existirá el inconveniente de tener que cambiar completamente el agua periódicamente (lo indicará el color ópalo del agua y el olor). Al realizarla hay que prestar extremada atención a los cambios de temperatura y a las fuentes de calor. Se debe retirar toda la instalación eléctrica, de iluminación y calefacción y colocar a los animales en otro contenedor a la misma temperatura. Para evitar cada vez tener que vaciar y cambiar de lugar el contenedor, basta con formar un sifón con un tubo de plástico con el que se aspirará el agua y los detritos (Ferri y Acqua, 1993; Poole y Grow, 2008).

Las ranas dado son anfibios terrestres y sólo se hidratan de vez en cuando; se debe de pensar en un espacio acuático móvil y de extensión limitada, por lo que se colocará en el interior del acuaterrario un recipiente más pequeño asentado sobre el fondo entre piedras y

tierra. Este tipo de piscinas son más accesibles y fáciles de extraer para limpiarlas. La parte terrestre está constituida por un estrato de tierra, turba o por una capa de sedimentos, algunas piedras, helechos, musgos y ramas (Ferri y Acqua, 1993; Poole y Grow, 2008) (Fig.22; Fig.23).

Se debe construir una cubierta con una parte de cristal, de plexiglás o de cualquier otro material termorresistente y otra agujereada como una red para permitir la circulación del aire. La bombilla o la lámpara de luz led se coloca encima y al lado se sitúa una guía con todos los cables eléctricos. Una excesiva condensación significa que hay una circulación de aire limitada o una elevada temperatura interior; basta con disminuir la potencia de la bombilla o la temperatura del calentador o incluso aumentar la abertura al exterior (Ferri y Acqua, 1993; Poole y Grow, 2008) (Fig.22).



Fig.22: Decoración de un acuaterrario. (Poison3frog, 2010).



Fig.23: Decoración de un acuaterrario. (Infomascota, 2014).

6.2 Calidad del agua:

Los anfibios están ligados al agua con un rico microambiente, utilizando su piel húmeda y branquias para la respiración y osmorregulación, por lo tanto las toxinas que se forman en el agua, como amoniaco, nitritos, metales pesados, desinfectantes, pesticidas, clorina y cloramina son de importancia cuando se tienen anfibios. En el caso de las ranas dardo la calidad del agua debe ser elevada ya que a diferencia de otros anfibios poseen poca tolerancia al agua de baja calidad y pueden enfermarse o morir. Los signos clínicos sugestivos de una pobre calidad del agua, frecuentemente no son específicos e incluyen letargia, anorexia, cambio en la coloración, respiración forzada, pérdida de coordinación y pérdida de equilibrio (Warburg, 1997; Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

6.3 Recomendaciones:

La temperatura del agua, pH, amoníaco y nitritos, deben ser evaluados diariamente en los nuevos acuaterrarios usando un kit que puede ser adquirido en acuarios. El oxígeno disuelto también debe ser monitoreado pero requiere equipo adicional, como una prueba de oxígeno o un kit comercial para dicha prueba. Los nitritos y la dureza del agua deben ser evaluados en varias ocasiones a lo largo del mes. Siempre que se presenten enfermedades o muertes, la calidad del agua debe ser analizada inmediatamente (Duellman y Trueb, 1994; Warburg, 1997; Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

✓ Temperatura del agua:

Los anfibios son incapaces de mantener su temperatura corporal en un parámetro distinto a del medio ambiente que los rodea. El rango de temperatura va de los 25 a 27°C, suficientes para proporcionar confort a las ranas además de permitir a los renacuajos desarrollarse de mejor manera, aunque se requerirán temperaturas más frescas según la temporada. Las temperaturas que caen por debajo del parámetro de tolerancia al cual las ranas están adaptadas dificultan los procesos metabólicos como la digestión y absorción de fármacos. Se ha observado parasitismo e infecciones microbianas secundarias, cuando los potenciales agentes patógenos son menos afectados por las alteraciones térmicas que el hospedador (Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

✓ Oxígeno:

Las larvas adquieren oxígeno ya sea tragando aire, usando sus branquias y/o absorbiéndolo a través de la piel. La aeración y circulación del agua puede lograrse usando una bomba

estándar de aire o usando una cascada artificial. La cantidad de oxígeno disuelto en agua fresca depende de dos factores; presión atmosférica y temperatura del agua. Se dice que el agua fresca está saturada con oxígeno cuando sostiene su máximo teórico para una dada temperatura y presión atmosférica. Mientras la temperatura se incrementa y/o la presión disminuye se vuelve cada vez más difícil el mantener el oxígeno disuelto (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

Demasiado aire disuelto en el agua (más de 125%) es considerado como una supersaturación y puede resultar en la “enfermedad de la burbuja de aire” (ver apartado “Enfermedades”) (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

✓ **Dióxido de carbono:**

Las plantas acuáticas consumen carbón inorgánico en la forma de CO_2 y a través de la fotosíntesis lo transforman en carbón orgánico comestible. Las bacterias que viven en el medio ambiente oxidan el carbón orgánico que se encuentra en la comida, plantas y desperdicios animales produciendo nuevamente CO_2 (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

✓ **pH:**

El pH del agua, está determinando por la proporción de hidrógeno, e iones de hidróxido presentes. El agua se hace más ácida con el incremento de los iones hidrógeno resultando en un pH más bajo. Mientras algunos anfibios, son capaces de tolerar amplias fluctuaciones de pH en períodos cortos de tiempo, esto puede ser estresante. Los renacuajos recién eclosionados son particularmente sensibles a valores inapropiados de pH. Es recomendado

un pH de 7 como punto de partida para las especies cuyo valor de pH óptimo se desconoce. Es importante recordar que los valores elevados de pH promueven la formación de toxinas perjudiciales como el amoníaco y deben ser evitados siempre que sea posible (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

✓ **Dureza:**

Es una medida de los iones minerales presentes en el agua. Mientras el cobre, el zinc, el hierro y el silicio contribuyen a la dureza, sólo el calcio y el magnesio se encuentran normalmente en cantidades sustanciales. El agua suave contiene más de 75 mg/litro de carbonato de calcio, comparado con el agua dura que normalmente contiene entre 150 mg/L y 300 mg/L. En general la dureza del agua no debe exceder los 150 mg/L ya que la exposición a una dureza elevada puede resultar en lesiones de la piel (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

✓ **Alcalinidad:**

Es una medida de la capacidad de amortiguación, y refleja la presencia combinada de iones de carga negativa principalmente bicarbonato y carbonato. El agua suave generalmente tiene menor capacidad amortiguadora, que el agua dura, requiriendo reemplazos más frecuentes a través de los cambios del agua o de la adición de amortiguadores para mantener el pH deseado. Los metales pesados incluyendo el cobre, zinc y aluminio, pueden formar precipitados no tóxicos y disuelven los complejos de carbonato y bicarbonato, disminuyendo su toxicidad en el agua teniendo una mayor alcalinidad. En general un rango

de alcalinidad entre 15 y 50 mg/L está recomendado a menos que la historia natural de las especies sugiera lo contrario (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

✓ **Total de amoniaco nitrogenado:**

La mayoría de los anfibios acuáticos son amoniotélicos, produciendo amoníaco como su principal medio de excreción de nitrógeno, sin embargo estos animales dependen de su ambiente para diluir rápidamente este desperdicio altamente tóxico. En sistemas cerrados el problema se soluciona utilizando un filtro biológico, en el que bacterias benéficas nitrificantes se albergan en el medio y el sustrato (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

El total de amoniaco nitrogenado producido por los animales y los desechos orgánicos tales como restos de comida, producen amoníaco muy tóxico no ionizado y menos amoníaco tóxico ionizado. Algunos kits miden solamente el total de amoníaco nitrogenado; las cantidades de amoníaco tóxico, varían con la temperatura y el pH del agua (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

Los signos clínicos de intoxicación por amoníaco, incluyen letargia, disnea, cambio en la coloración, incremento en la producción de moco, eritema y posible disfunción neurológica. Los anuros adultos pueden levantar su cuerpo del sustrato, en un esfuerzo por minimizar el contacto con agua contaminada (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

CAPÍTULO 7. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN:

Las larvas y adultos consumen dietas muy distintas en vida libre y sin duda esa es la etiología de muchos de los padecimientos nutricionales conocidos en anfibios en cautiverio (ver apartado “Desórdenes nutricionales”) (Wright y Whitaker, 2001).

Los anfibios de actividad diurna como los dendrobátidos, se alimentarán en la mañana y temprano por la tarde; si la comida se ofrece en tiempos inapropiados, la suplementación con vitaminas y minerales no será efectiva ya que ésta puede ser removida de las presas por las aspersiones de agua. Los programas de suplementación están diseñados para asegurar niveles adecuados de calcio, vitaminas del complejo B, vitamina D₃, vitamina A y vitamina E (ver apartado “Animalia Dei”) (Wright y Whitaker, 2001).

Para facilitar la elaboración de una dieta balanceada y conocer los requerimientos calóricos de cada rana se utiliza la siguiente fórmula: (McWilliams, 2008)

$$33 \times (\text{peso en kilogramos})^{.75}$$

A continuación se presenta una tabla de las presas vivas con las que principalmente se alimentan a los dendrobátidos, y sus respectivos aportes nutricionales expresados en base seca (Gecko time, 2014).

Alimento Vivo	Fase	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Calcio (mg/kg)	Fósforo (mg/kg)	Tiamina (mg/kg)	Kcal (gr)
Grillos	Adulta	69.2	20.5	6.8	1.1	3.2	407	2,950	0.4	5.34
Grillos	Ninfa	77.1	15.4	3.3	1.1	2.2	275	2,520	0.2	4.8
Gusanos de la harina	Larva	61.9	18.7	13.4	0.9	2.5	169	2,850	2.4	6.49
Gusanos de la cera	Larva	58.5	14.1	24.9	0.6	3.4	243	1,950	2.3	7.06
Gusanos de seda	Larva	82.7	9.3	1.1	1.1	1.1	177	2,370	3.3	5.74
Moscas de la fruta (<i>Drosophila</i>)	Adulta	69.1	21	5.9	3.1	2.2	526	4,080	0.9	5.12

Cuadro 2: Información nutricional de presas vivas para alimentar dendrobátidos (Macke, 2013).

CAPÍTULO 8. ENFERMEDADES:

Las ranas dardo en cautiverio pueden presentar hiporexia y depresión debido al estrés producido al permanecer por periodos prolongados en terrarios pequeños o sobrepoblados, descuidados y desordenados, en condiciones ambientales inadecuadas, o al exceso de manejo para su valoración física. Para prevenir los signos antes mencionados se deben de corregir y evitar las situaciones causantes del estrés (Schmidt y Henkel, 2005).

8.1 Enfermedad de la burbuja de aire:

Los animales afectados pueden presentar burbujas de aire en su piel, ojos o tracto gastrointestinal. Puede ocurrir eritema, hemorragia y muerte dependiendo de la localización de la burbuja. Esta enfermedad es el resultado de la variación en los parámetros de

temperatura y presión, producto del intercambio gaseoso entre el agua y la atmósfera. (Wright y Whitaker, 2001; Poole y Grow, 2008).

8.2 Desórdenes nutricionales:

✓ Caquexia:

La signología consta de pérdida muscular debida al catabolismo de proteínas y la utilización de las reservas grasas; se ve reducida la actividad física, así como el consumo de oxígeno, se agotan las reservas de glucosa y se atrofian las gónadas y los cuerpos grasos; el tejido hepático se ve reducido en más de 20%, al mismo tiempo que el tejido ovárico se reduce un 70% y finalmente el tejido adiposo disminuye hasta 99%. Si la rana afectada se encuentra en un ambiente húmedo, mientras que las proteínas musculares disminuyen, aumenta el contenido de agua en los músculos.

Las costillas y el abdomen se aprecian muy delgados a simple vista y el urostilo se observa prominente; hay una pérdida de peso de aproximadamente el 20% especialmente si la rana está deshidratada; los globos oculares se hunden y la piel se vuelve más delgada y frágil. En estado de caquexia las hembras dejan de ovopositar.

El tratamiento incluye una dieta alta en calorías hasta que la rana haya ganado peso y apearse a un horario de alimentación acorde a las necesidades específicas de la especie (Wright y Whitaker, 2001).

✓ Excesos en la dieta:

La obesidad es causada por el consumo de una dieta excedida en los requerimientos energéticos propios para la especie e inactividad.

La acumulación de grasa causa el abultamiento del abdomen y deberá ser diferenciado de la producción de huevos en las hembras.

Los anfibios suelen atracarse cuando tienen disponibilidad de presas y de esta manera crean reservas energéticas que preparan al cuerpo para la estivación, la hibernación y la reproducción sin derivar en un estado de obesidad (Wright y Whitaker, 2001).

Las ranas que han ingerido niveles elevados de grasas durante lapsos de tiempo prolongados pueden desarrollar lipodosis corneal, la cual les produce confusión y progresa a ceguera.

Aunque la lipodosis corneal es considerada una enfermedad propia de anfibios gerontes, se relaciona con altos niveles de colesterol en la dieta y se acompaña por la presentación de anorexia debido a la incapacidad que provoca para cazar presas (McWilliams, 2008).

✓ **Enfermedad ósea metabólica:**

Es la enfermedad nutricional más común de los anfibios criados en cautiverio y no tiene una etiología específica, aunque se cree que se debe a un desbalance en el aporte de calcio, fósforo y vitamina D₃ en la dieta; esto interfiere con la absorción, excreción o aprovechamiento de uno o más de estos tres compuestos.

Muchos de los invertebrados con los que se elaboran las dietas para los anfibios son considerados un alimento deficiente en calcio y para compensar el desbalance se espolvorea este elemento en el alimento.

También es importante alimentar a los insectos con una dieta adecuada, ya que de ellos depende el buen desarrollo de los anfibios.

El tratamiento incluye la suplementación oral de calcio y vitamina D₃ hasta que la densidad ósea se vea normal en un estudio radiográfico.

Para el caso en el que la administración del tratamiento oral sea complicada para el operador, se recomiendan baños de gluconato de calcio al 2.3%, de una o dos horas alternadas diariamente (Wright y Whitaker, 2001).

✓ **Escoliosis:**

Es una curvatura anormal en forma de “S” o “C” en la columna vertebral de los renacuajos. Se desconoce la etiología de esta condición, sin embargo se ha reportado que la suplementación en el agua con vitaminas del complejo B a una dosis de 0.3ml/L, resulta en el desarrollo exitoso de las crías (Wright y Whitaker, 2001).

✓ **Síndrome de patas alargadas y delgadas:**

Es una enfermedad habitual de renacuajos y ranas dardo que recientemente han concluido su metamorfosis. Su principal signología es la delgadez extrema de los miembros torácicos debida a la deficiencia en el aporte de vitaminas del complejo B, vitamina D₃, vitamina E y ácido fólico. La mayoría de los anfibios con esta condición no sobrevive, sin embargo se recomienda suplementar el agua con vitaminas del complejo B para disminuir la incidencia de este síndrome (Wright y Whitaker, 2001; Schmidt y Henkel, 2005).

✓ **Parálisis:**

En las especies de *Dendrobates* criadas en cautiverio se ha reportado parálisis flácida progresiva, más comúnmente de los miembros pélvicos que de los torácicos; en cuestión de pocos días culmina con la muerte de la rana que la padece.

Los hallazgos en los estudios histopatológicos han demostrado la desmielinización de los nervios periféricos y relacionan la parálisis a una deficiencia de tiamina y vitaminas del complejo B.

Como tratamiento se sugiere la administración vía oral de vitaminas del complejo B a una dosis de 0.1ml/300g cada 24 horas por siete días y posteriormente cada 48 horas por siete días; esta terapia se puede combinar con un corticoesteroide, un antibiótico cada 24 horas y la administración parenteral de calcio, con lo cual la rana deberá recobrar la movilidad en su totalidad en el periodo de un mes aproximadamente (Wright y Whitaker, 2001).

✓ **Hipovitaminosis A:**

Se presenta debido a la falta de suplementación en la dieta de vitamina A ya que los anfibios son incapaces de sintetizar carotenoides, incluyendo la vitamina A o retinol.

La signología en ranas adultas y juveniles incluye letargia, pérdida de peso, debilidad y Síndrome de lengua corta, lo cual reduce la habilidad para capturar presas vivas con la lengua.

La vitamina A mantiene sano el sistema integumentario, también interviene en el metabolismo del calcio y se inserta en los xantóforos para dar la pigmentación amarilla a la piel de distintas especies de dendrobátidos (McWilliams, 2008).

✓ **Hipervitaminosis A:**

Se desarrolla en ranas que han sido alimentadas con presas que a su vez han sido alimentadas con altas concentraciones de vitamina A o debido a una excesiva suplementación de vitamina A. La signología incluye enfermedad ósea metabólica, anemia, pérdida de peso y enfermedad hepática (McWilliams, 2008).

✓ **Hipovitaminosis D:**

Se relaciona con un aporte deficiente de vitamina D en la dieta y a la falta de exposición a luz UVB. La signología incluye deformidades óseas, sizuras, edema, escaso crecimiento, problemas reproductivos, debilidad muscular, anorexia, estasis intestinal y constipación (McWilliams, 2008).

8.3 Enfermedades bacterianas:

✓ **Heridas superficiales, úlceras y abscesos:**

Se deben principalmente a bacterias Gram negativas, las más comunes son *Acinetobacter* spp., *Aeromonas* spp., *Citrobacter* spp., *Flavobacterium* spp., *Providencia* spp. y *Pseudomonas* spp.

Las heridas abiertas superficiales o las úlceras se tratarán diariamente con antisépticos y antibióticos tópicos que eviten su evolución a un absceso; un auxiliar en el tratamiento es la crema de sulfadiazina de plata, posee propiedades antimicóticas y es un antibiótico de amplio espectro; el ungüento o gotas de gentamicina también son una opción en el tratamiento de lesiones localizadas; también se recomiendan atomizaciones de furazolidona tópica directamente en la herida.

El tratamiento de los abscesos consiste en desbridarlos y enjuagar diariamente la cavidad con una solución antiséptica como la clorhexidina y administrar un antibiótico sistémico de amplio espectro (Wright y Whitaker, 2001).

✓ **Dermatosepticemia bacteriana o Síndrome de patas rojas:**

Es el resultado de una septicemia bacteriana, su nombre se debe a la presencia de hiperemia ventral en la piel de los muslos y el abdomen; en la epidermis se pueden presentar múltiples focos de necrosis o de ulceración, pápulas hemorrágicas y petequias o hemorragias equimóticas.

Es causada por los géneros *Aeromonas spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Chlamydia psittaci*, *Basidiobolus ranarum*, *Citrobacter spp.*, *Proteus spp.*, *Salmonella spp.* y ranavirus como el virus del edema del renacuajo y el virus-3 de la rana.

La finalidad del tratamiento es inhibir la replicación bacteriana y se realiza con una terapia de frío de nueve a once días a una temperatura de 0°C a 5°C. Las heridas de la piel se tratarán con antibióticos de uso tópico o soluciones antisépticas (Wright y Whitaker, 2001).

8.4 Micosis:

✓ **Dermatitis micótica:**

Es causada por *Basidiobolus ranarum*, *Mucor spp.*, *Saprolegnia spp.*, *Ichthyophonus sp.* y *Cladosporium spp.*

Los signos clínicos son el arqueamiento de la espalda, el obscurecimiento de la piel de la misma y dedos hiperémicos; esta signología progresa hasta la muerte de la rana que ocurre en un lapso de aproximadamente cinco días a partir de la presentación de los signos.

El tratamiento consiste en aplicar baños de cloruro de benzalconio a una dosis de 2.0mg/L por 30 minutos cada 48 horas durante tres días; posteriormente se deberá suspender el tratamiento por cinco días y finalmente se retomarán los baños durante tres días; esto reduce la mortalidad al 10%.

También se recomiendan baños con verde malaquita a una dosis de 67mg/L por no más de quince segundos una vez al día durante dos a tres semanas.

Otra opción es el baño con sulfato de cobre a una dosis de 500mg/L por dos minutos diarios durante cinco días y posteriormente una vez por semana hasta que la piel sane (Wright y Whitaker, 2001).

8.5 Traumatismos:

✓ Laceraciones:

Generalmente son el resultado de un manejo inadecuado por parte del operador pero también se presentan por mordidas de otras ranas o raspaduras con los objetos que decoran el acuaterrario. Se recomienda realizar lavados de las heridas con una solución de antibiótico como gentamicina. En el caso de presentar hemorragia se deberá hacer presión con la punta de un hisopo sobre el área afectada durante dos minutos o hasta que se consiga hacer hemostasis (Wright y Whitaker, 2001).

✓ Fracturas:

El primer indicador es una postura anormal; se deberá realizar la palpación de la zona afectada y confirmar el diagnóstico con un estudio radiográfico. Las fracturas atendidas con prontitud generalmente sanan por completo y el callo óseo se forma al cabo de

aproximadamente setenta días, mientras que las más antiguas o exovoposiciones pueden requerir amputación.

Es recomendable realizar vendajes con algodón y cintas elásticas que deberán humedecerse previamente para evitar que se expandan y se aflojen por la humedad del acuaterrario; éstos se cambiarán por un vendaje nuevo siempre que el anterior se encuentre deteriorado.

Las fracturas de la columna vertebral tienen un mal pronóstico; en ellas se recomienda realizar alimentación asistida y confinamiento a un área reducida para evitar en lo posible el movimiento de la columna; también se administrará una terapia con corticosteroides como el acetato de prednisolona a una dosis de 2mg/kg vía intramuscular o intravenosa cada seis horas durante un día (Wright y Whitaker, 2001).

✓ **Hipotermia:**

La mayoría de las quemaduras por frío son el resultado de técnicas de hibernación inapropiadas y/o de la combinación de un clima frío y seco.

Otro efecto es la inmunosupresión de la rana, por lo que se tendrá que monitorear su comportamiento para detectar a tiempo las infecciones o infestaciones oportunistas.

Los niveles de humedad del acuaterrario deberán mantenerse siempre estables y para la prevención de infecciones se considerará la amputación de los dedos sólo si se encuentran muy afectados (Wright y Whitaker, 2001).

✓ **Ahogamiento:**

Las especies de *Dendrobates* son terrestres pero en cautiverio se han reportado casos de ahogamiento debido al mal colocamiento del falso fondo en el que se precipita el líquido

que es producto de las aspersiones diarias; por tal motivo es importante realizar las mediciones correctas en la elaboración de un acuaterrario (Wright y Whitaker, 2001).

8.6 Enfermedades parasitarias:

Provocan debilidad, falta de apetito, apatía, pérdida de peso y finalmente muerte si los ejemplares no son tratados. Se deben realizar acciones de medicina preventiva en los ejemplares sanos y bien alimentados. En el caso de tener que aplicar el tratamiento a una rana debilitada por causa de una infestación parasitaria, se reducirá la dosis para evitar una posible intoxicación debido su estado delicado (Wright y Whitaker, 2001) (Fig.24).

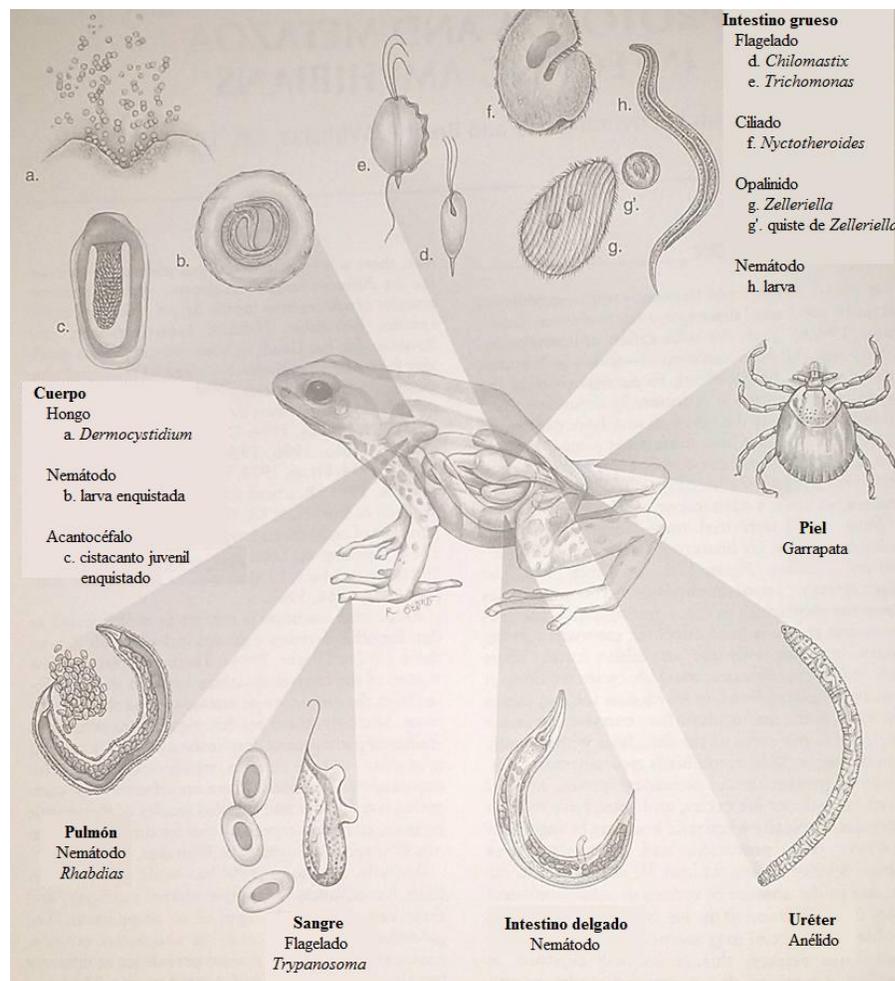


Fig.24: Variedad de protozoarios y metazoarios que infectan dendrobátidos adultos (Wright y Whitaker 2001).

A continuación se presentan cuadros de compuestos desparasitantes y las dosis que se deben emplear para el tratamiento contra protozoarios y metazoarios que afectan a las ranas dardo (Fig.24).

Compuestos desparasitantes (Protozoarios)	
Acriflavina	Al 0.025% baños cada 24 horas por 5 días.
Sulfato de cobre	500 mg/L inmersión de 2 minutos cada 24 horas.
Agua destilada	De 2 a 3 horas de baño.
Formalina	1.5 ml/L de solución de formalina al 10 % de inmersión por 10 minutos cada 48 horas.
Azul de metileno	2 mg/L baños continuos.
Metronidazol	10 mg/kg PO única toma; 10 mg/kg PO cada 24 horas por 5 a 10 días; 50 mg/kg PO cada 24 horas de 3 a 5 días; 100 a 150 mg/kg PO cada 14 a 21 días; 50 mg/L baños de máximo 24 horas.
Paramomicina	De 50 a 75 mg/kg PO cada 24 horas para amebiasis.
Permanganato de potasio	7 mg/L baños por 5 minutos cada 24 horas.
Sulfato de quinina	30 mg/L baños de máximo 1 hora para hemoprotozoarios.
Cloruro de sodio	De 4 a 6 gr/L bañar de 24 a 72 horas; 6 gr/L bañar por 3 a 5 días; 10 a 25 mg/L baños por 5 a 30 minutos.
Sulfadiacina	132 mg/kg cada 24 horas para coccidiosis.
Sulfametacina	1 gr/L baños para coccidiosis.

Cuadro.3: Compuestos desparasitantes para anfibios (Smith, 2007).

Compuestos desparasitantes (Metazoarios)	
Fenbendazol	10 mg/kg PO única toma; 50 mg/kg PO SID 3-5 días; 100 mg/kg PO cada 10 días; 100 mg/kg PO cada 10-14 días; 100 mg/kg PO cada 14-21 días.
Ivermectina	2 mg/kg tópicamente y enjuagar después de 5 minutos; 0.2-0.4 mg/kg PO única toma o 0.2-0.4mg/kg PO ó IM cada 14 días.
Levamisol	8-10 mg/kg tópico cada 14-21 días; 10 mg/kg IM cada 14 días; 50-100 mg/L bañar por 1-8 horas cada 7 días; 100-300 mg/L bañar por 24 horas cada 7-4 días por un mínimo de 3 tx; 100-300 mg/L bañar por 72 horas cada 14-21 días por un mínimo de 3 tx.
Mebendazol	20 mg/kg PO cada 14 días.
Praziquantel	10 mg/L baño de máximo 3 horas cada 7-21 días; 8-24 mg/kg PO, SC o tópico cada 7-21 días.
Tiabendazol	50-100 mg/kg PO cada 14 días.

Cuadro.4: Compuestos desparasitantes para anfibios (Smith, 2007).

CAPÍTULO 9. REPRODUCCIÓN:

El sexado en anfibios es difícil, en muchos de ellos se distingue el dimorfismo sexual únicamente en estado adulto y sólo a través de la diferencia de tamaño, ya que las hembras suelen ser mayores que los machos, por lo que es posible confundir un macho adulto con una hembra juvenil. En dendrobátidos pasa lo mismo; en algunas especies los machos poseen discos digitales mayores que las hembras, pero esta diferencia no se aprecia tanto en ejemplares juveniles y en algunas especies ni siquiera en los adultos. Una norma que no suele fallar es: “si canta, es macho”. Sin embargo sólo cantan los machos adultos y listos para la reproducción. Un macho adulto puede no tener el instinto de reproducción y no

cantar, con lo que puede ser confundido con una hembra. Por otro lado, en algunas especies, las hembras pueden llegar a emitir sonidos similares a cantos para motivar o inducir al macho a la reproducción, por este motivo mucha gente suele optar por adquirir un número relativamente elevado de ejemplares y confiar en las probabilidades.

Una vez conseguidos un macho y una hembra, no es necesaria ninguna acción más que mantenerlos sanos, bien alimentados (ver Capítulo7. “Alimentación y nutrición”) y en buenas condiciones ambientales (ver apartado “Animalia Dei”). Así como en otras especies se recomienda o se hace necesario un periodo de hibernación y/o una etapa que simule la época lluviosa, en *Dendrobates* no suele ser necesario; hay que proveerles de lugares de puesta, oscuros y frescos, una buena opción es colocar una caja de Petri o algo similar, cubierto por medio coco a modo de cueva, de esta manera se retiran los huevos directamente en la caja sin tener que manipularlos. Para especies pequeñas y arborícolas van bien los botes de carretes de fotos. En ocasiones se pueden encontrar las ovoposiciones en las hojas de plantas como las bromelias que acumulan pequeñas cantidades de agua. En ese caso, los huevos deben colectarse con la ayuda de una cucharilla para posteriormente depositarlos en el recipiente donde se incubarán, generalmente cajas de Petri o recipientes similares. Dependiendo de la especie pueden poner de dos a treinta huevos, aunque la media se encuentra entre los cuatro a cinco huevos. Es posible tener ovoposiciones infértiles, sobre todo con hembras primerizas; estos huevos se vuelven blancos, se secan y/o se enmohecen a los pocos días. Los huevos fértiles son fácilmente identificables, ya que se vuelven negros y a una temperatura de 26°C a 28°C a los tres días ya empieza a formarse el embrión y puede apreciarse la división celular. Éstos se deben mantener en una pequeña superficie de agua que los cubra lo justo o incluso un poco menos. No debe utilizarse agua del grifo por su contenido en cloro, por lo que se recomienda agua purificada. La eclosión

ocurre de siete a diez días. En la medida de lo posible, deben mantenerse los renacuajos por separado, ya que muchos anfibios presentan comportamientos caníbales durante sus estadios larvarios. Para alimentar a los renacuajos se puede utilizar alimento para alevines de peces, como la espirulina, o copos de alimento para peces. A una temperatura del agua de 26°C, la metamorfosis se produce de los 35 a 50 días. Cuando comiencen a notarse los primeros signos de este proceso, como la aparición de los miembros pélvicos, la formación del cuerpo y el desplazamiento del aparato bucal de la base de la cabeza hacia el frente, seguido de la aparición de los miembros torácicos y finalizando por la desaparición de la cola, se debe colocar en el recipiente alguna piedra o rampa para facilitarles la salida del agua. Se alimentarán con colémbolo y *Drosophila*, siendo especialmente importante la suplementación con vitamina A y D en esta etapa de crecimiento (Duellman y Trueb, 1994; Wright y Whitaker, 2001; Schmidt y Henkel, 2005; Gabandé, 2008; Marent, 2008).

9.1 CORTEJO Y DESOVE:

Una exitosa propagación de los genes de un individuo depende de la ubicación de parejas potenciales, estimulación, selección y sitio de crianza, fertilización de los huevos y el desarrollo de los renacuajos y ranas juveniles. La localización de las parejas puede ser visual, olfatoria, auditiva, táctil o una combinación de éstas (Schmidt y Henkel, 2005).

Ubicación del sitio de crianza:

En el caso de los dendrobátidos que depositan sus huevos en zonas terrestres, no existe una congregación de individuos o sitios de crianza en particular. Las ranas viven todo el año a lo largo de los arroyos de montaña en los bosques nubosos (Schmidt y Henkel, 2005).

Señales auditivas:

Las vocalizaciones atraen claramente a los anuros hacia sitios de crianza y existe una creciente evidencia experimental que apoya la orientación auditiva en éstos (Schmidt y Henkel, 2005).

Señales olfatorias:

Existe evidencia que apoya la olfacción en el fenómeno de migración a los sitios de crianza. Se sospecha que los olores dados por las floraciones de algas, son el principal factor en la iniciación y orientación de las migraciones de crianza (Schmidt y Henkel, 2005).

Señales visuales:

Los anfibios en vida libre se pueden orientar hacia una dirección en particular cuando reciben señales celestes; el sol parece ser el más comúnmente usado. La mayoría de las demostraciones de este tipo de mecanismo han citado la orientación Y-axis, en donde un animal desplazado de su sitio se orienta en una dirección en ángulos rectos a su hogar en la costa. Ha sido demostrado que el cuerpo pineal es un foto receptor funcional y el cubrirlo deriva en desorientación. La mayoría de las migraciones tienen lugar en noches lluviosas o

nubladas, aunque la orientación inicial antes del amanecer puede influir en la dirección de la migración. (Schmidt y Henkel, 2005).

Otros factores:

Las ovoposiciones geotácticas e higrotácticas pueden ser importantes en las migraciones, especialmente porque los sitios de crianza situados en depresiones, generalmente tienen un gradiente de humedad. Sin embargo, dichos factores pueden ser de poca importancia en migraciones a larga distancia durante las cuales los animales se mueven cuesta arriba o lejos de una cuenca o cruzan campos abiertos entre áreas boscosas. Además regularmente los individuos entran y salen de un sitio de crianza por el mismo camino o regresan al mismo lugar año con año. Es conocido en diversas especies que existe un fuerte lazo con un particular sitio de crianza es conocido en diversas especies, y existen casos de individuos regresando a una charca después de que ha sido obliterada. Aunque un factor puede predominar en la orientación bajo ciertas circunstancias, distintos factores pueden ser importantes bajo otras condiciones o un conjunto de señales puede remplazar a otro durante movilizaciones de larga distancia; en consecuencia, las ranas que realizan migraciones de larga distancia dependen inicialmente de señales celestes, olfatorias y auditivas. Algunas especies también pueden usar las señales simultáneamente, por lo que un amplio rango de señales puede ser importante en traslados a sitios de crianza, pero la contribución relativa de cada uno de estos factores es poco conocida (Schmidt y Henkel, 2005).

Las ranas dardo pueden reproducirse a lo largo de todo el año, pero no se reproducen constantemente en intervalos regulares, su periodicidad reproductiva depende de la temperatura o de las precipitaciones (Schmidt y Henkel, 2005).

El cortejo nupcial es iniciado por los machos y varía entre algunas especies; éstos se sitúan en un lugar elevado desde el cual cantan para atraer a las hembras. Cuando el macho detecta a una hembra en su campo visual, alza su cuerpo en un esfuerzo por impresionarla a la vez que se orienta hacia ella y canta con mayor potencia. Las hembras que no están disovoposiciones a aparearse no hacen caso a esta representación, pero las que sí se acercan para que el macho salte hacia ellas y a continuación tiene lugar un cortejo nupcial muy complejo que es característico para cada especie. Entonces, el macho puede dar vueltas alrededor de su pareja cantando a un alto volumen alto o simplemente quedarse sentado a su lado. Una pauta muy conocida de comportamiento consiste en que la hembra acaricia el dorso del macho, como sucede en la *Dendrobates tinctorius*. Un vez finalizado el cortejo el macho conduce a la hembra hacia el lugar elegido para el desove saltando y cantando delante de ella; para la *Dendrobates pumilio*, el comportamiento reproductivo es de la siguiente manera; el macho canta hacia una hembra que se encuentra en próxima, si ésta se acerca el macho deja de cantar, se da a vuelta y “baila” dando unos pasos hacia atrás, vuelve a girarse hacia la hembra y canta de nuevo. Este ritual se repite hasta que la hembra sigue al macho hasta llegar a una distancia de cinco a diez centímetros del lugar del desove (Schmidt y Henkel, 2005).

Es sorprendente que en las ranas dardo sean los machos quienes elijan el lugar para desovar, ya que en el resto de los anuros, es la hembra quien se encarga de dicha tarea.

Una vez que la pareja llega al lugar del desove, pueden producirse dos comportamientos muy distintos. En los géneros *Epipedobates* y *Colestethus*, los machos realizan lo que se conoce como “amplexus de cabeza”, en el cual trepan sobre la espalda de la hembra y le oprimen la garganta con el dorso de los miembros torácicos; esto estimula a la hembra a depositar sus huevos que inmediatamente son fecundados por el macho. En cuanto la

fecundación concluye, el macho salta y se aleja para regresar en poco tiempo y se encarga de mojar la puesta (Schmidt y Henkel, 2005).

En otras especies la hembra también sigue al macho hasta el lugar del desove; al llegar ahí, éste continúa su cortejo, se coloca al lado de la hembra y levanta alternadamente las patas, a continuación se monta lentamente sobre la hembra caminando hacia atrás, momento en que ésta comienza a realizar los mismos movimientos de alzar alternadamente las patas, después el macho se baja de la hembra y abandona el lugar; entonces la hembra pone los huevos y también se va, pero el macho regresa en corto tiempo para mojar los huevos y fecundarlos. Varios autores creen que en algunas especies la fecundación tiene lugar durante el cortejo nupcial y que los machos solamente van en busca de agua después que han fertilizado la puesta (Schmidt y Henkel, 2005).

Las ovoposiciones menos numerosas son las de las especies más pequeñas como *Dendrobates imitator* (de uno a dos huevos) y las más abundantes son las de *Epipedobates* y las especies grandes de *Phylllobates* (hasta cincuenta huevos); comparados con otros anuros los dendrobátidos no son muy reproductivos (Schmidt y Henkel, 2005).

Cuidados parentales:

El principal paso evolutivo de los anfibios es el del medio acuático al terrestre y esto ha permitido a las ranas colonizar nuevos nichos ecológicos, sin embargo, este avance evolutivo también aporta un gran problema ya que los huevos han de estar siempre húmedos, porque su membrana externa semipermeable, apenas los protege de la deshidratación. Los lugares con una elevada humedad relativa y temperaturas

constantemente cálidas, favorecen un rápido desarrollo embrionario (Schmidt y Henkel, 2005).

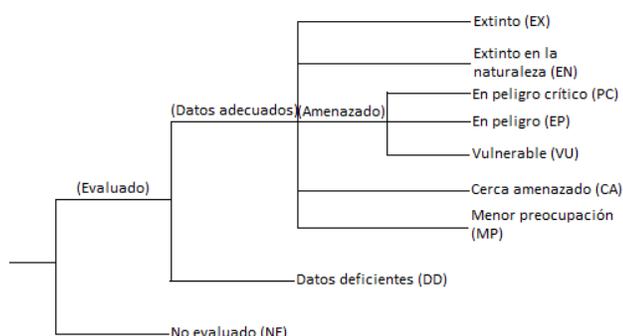
En la mayoría de las especies de dendrobátidos, ambos progenitores o uno de ellos, regresa ocasionalmente al lugar del desove para comprobar el estado de la puesta; durante estas visitas suelen humedecerla expulsando por la cloaca agua que habrán absorbido previamente en algún lugar cercano; para hacerlo, el progenitor encargado de cuidar la puesta, agita la pelvis sobre los huevos efectuando movimientos ondulantes. Ésta conducta aumenta a medida que los huevos van madurando favoreciendo así la eclosión de los renacuajos. Mientras que en algunas especies el progenitor responsable de la puesta transporta a sus renacuajos de uno en uno, en otras se acostumbra cargar a todos los renacuajos en la espalda. La sujeción a la espalda del progenitor se consigue mediante una capa mucosa segregada por glándulas cutáneas especializadas. La región abdominal cóncava que caracteriza a las larvas de esta familia de anuros les permite sujetarse con más facilidad. Dependiendo la especie de dendrobátidos, las ranas cargan con sus renacuajos durante tiempos variables, que pueden oscilar entre pocas horas y varios días. Cuando la rana ha localizado un lugar con agua en donde se siente segura, se sumerge en ella para que se disuelva la mucosidad y se puedan liberar los renacuajos. Durante el tiempo en que son transportados en la espalda de su progenitor, éstos se alimentan de las reservas de vitelo que aún les quedan (Schmidt y Henkel, 2005; Twomey y Brown, 2009).

Algunas especies, como *Dendrobates pumilio*, llevan a su puesta hasta el agua que se acumula en los pliegues de las hojas de las bromeliáceas, que es un medio especialmente pobre en nutrientes. Los renacuajos sobreviven porque la hembra regresa constantemente al lugar donde el macho dejó la puesta, sumerge su cuerpo en las acumulaciones de agua hasta cubrirse medio cuerpo y estimulada por determinados movimientos de los renacuajos, pone

de dos a cuatro huevos sin fecundar que servirán de alimento para las crías (Schmidt y Henkel, 2005; Twomey y Brown, 2009).

CAPÍTULO 10. CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN:

A continuación se muestra la situación de las ranas dardo de la subfamilia *Dendrobatinae*, de acuerdo a los datos más recientes de la lista roja del International Union for Conservation of Nature (IUCN) actualizados al 23 de Junio del 2015:



Especies	EX	EN	PC	EP	VU	CA	MP
Adelphobates							✓ (2)
Andinobates			✓ (1)	✓ (2)	✓ (5)		✓ (2)
Dendrobates							✓ (4)
Excidobates				✓ (1)			✓ (1)
Minyobates			✓ (1)				
Oophaga			✓ (1)	✓ (2)	✓ (1)	✓ (1)	✓ (2)
Phyllobates				✓ (1)			✓ (1)
Ranitomeya						✓ (1)	✓ (8)

Cuadro.5: Situación de las ranas dardo *Dendrobatinae* spp. en la lista roja de la IUCN (The IUCN red list of threatened species. 2015).

CAPÍTULO 11. CONCLUSIÓN Y PROPUESTA:

El PIMVS “Animalia Dei” sugiere un método de crianza que en su experiencia ha logrado ser exitoso y puede aportar técnicas para el cuidado en cautiverio de las ranas dardo al describir la zootecnia de la subfamilia *Dendrobatinae*.

El presente manual brinda información actual, detallada y específica acerca de los cuidados de dendrobátidos en cautiverio considerando sus características y particularidades fisiológicas, anatómicas, reproductivas, necesidades nutricionales, alojamiento y enfermedades que suelen presentarse con más frecuencia en condiciones de cautividad, por lo cual pretende servir de apoyo en la crianza de las ranas dardo que sean destinadas a la investigación científica, de igual manera se propone que sea un texto de referencia para personas con carreras afines a Medicina Veterinaria que estén interesadas en el manejo y medicina para ranas dardo en cautiverio y también se espera que sirva de apoyo a individuos o instituciones que deseen conformar colecciones privadas en sitios geográficos con clima templado subhúmedo como el de la Ciudad de México.

REFERENCIAS:

- 1) Amphibian Species of the World 6.0: an Online Reference. (Actualizada 2014). Electronic Database accessible at American Museum of Natural History, New York, USA. Obtenida el 30 de Octubre de 2014, de: <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>
- 2) Animal corner. 2003. Frog muscles anatomy. Obtenida el 23 de Agosto de 2015 de: <https://animalcorner.co.uk/frog-muscles-anatomy/>.
- 3) Biología blog. 2012. Sistema esquelético de la rana. Obtenida el 23 de Agosto de 2015 de: <http://biologiaisa.blogspot.mx/2012/05/sistema-oseo-de-los-animales.html>.
- 4) Bullfrog dissection. 1996. Sistema respiratorio de la rana. Obtenida el 25 de Agosto de 2015 de: <http://shs2.westport.k12.ct.us/mjvl/biology/dissect/frog.htm>.
- 5) DartFrog Connection, 2013. Learn about dart frog species. Obtenida el 8 de Noviembre de 2014, de: <http://www.dartfrogconnection.com/learn-about-dart-frog-species/>
- 6) Duellman, W; Trueb, L. 1994. *Biology of Amphibians*. Baltimore, Maryland, Londres: The Johns Hopkins University Press.
- 7) Egg and tadpole care. 2013. Renacuajos de *Dendrobates sp.* Obtenida el 21 de Agosto de 2015 de: <http://poisondartfrogbreeding.weebly.com/pdf-blog>.
- 8) Estación biológica de Doñana. *Programa de medicina preventiva del animalario de la estación biológica de Doñana*. Obtenida el 23 de Mayo de 2016 de: <http://www.ebd.csic.es/documents/236248/281675/MP+anfibios.pdf/cbd875de-560b-4a8f-b0d3-a621135dbe8f>

- 9) Fabrezi, M. 2001. Variación morfológica de la dentición en anuros. *Cuad. herpetol.*, 15 (1): 17-28, 2001.
- 10) Ferri, V; Acqua, A. 1993. *El terrario y el acuaterrario*: Editorial de Vecchi, S.A.
- 11) Field, J. 2011. Envenenamiento por Contacto Directo con Ranas Venenosas. *Boletín Clínico Hospital Infantil Estado de Sonora*, 28(1): 38-42.
- 12) Gabandé- Rodríguez E. 2008. La familia Dendrobatidae. *Jangala Magazine N° 8*: 5.
- 13) Gecko time. 2014. *Nutritional Value of commercially raised insects*. Tabla obtenida el 22 de Agosto de 2015 de: <http://www.geckotime.com/nutritional-value-of-commercially-raised-insects/>.
- 14) Glogster, 2012. Dart frog egg. Obtenida el 20 de Agosto de 2015 de: <http://www.glogster.com/jumpingjunipers/wide-glog-by-jumpingjunipers/g-611g8q34mint4ne4tp4o2a0>.
- 15) Goin, C; Goin, O. 1962. *Introduction to herpetology*. United States of America: W. H. Freeman and Company.
- 16) Gomariz, R. Tegumento de anfibio. Obtenida el 21 de Agosto de 2015 de: <http://escalera.bio.ucm.es/recursos/bioimagen/index.php?d=muestrafoto.php&foto=1785&au=18&back=?au=18&criterio=citohis>.
- 17) Gray, A. 2014. Renacuajo de *Oophaga pumilio*. Obtenido el 20 de Agosto de 2015 de: <http://frogblogmanchester.com/2014/03/31/easter-egg-eaters/>.
- 18) Grant, T. 2006. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. New York, Central Park West. American Museum of Natural History.
- 19) Hadley, D. 2015. What is the difference between venomous and poisonous?. Obtenido el 11 de Febrero de 2016 de: <http://insects.about.com/od/insects101/f/venomous-or-poisonous.htm>.

- 20) Henry, K. 2011. Costa Rica – Sarapiquí Region. Obtenido el 20 de Febrero de 2016 de: <http://blog.delawarenaturesociety.org/tag/green-and-black-poison-dart-frog/>
- 21) Infomascota. 2014. Decoración de un acuaterrario. Obtenida el 22 de Agosto de 2015 de: <http://mascoterros.es/introduccion-al-terrario/>.
- 22) Marent, T. 2008. *Frog*. London, New York, Melbourne, Munich and Delhi: DK Publishing.
- 23) Macke, Jennifer. 2013. Nutritional values of amphibian foods. Obtenida el 26 de Enero de 2016 de: <http://www.caudata.org/cc/articles/foods2.shtml>
- 24) McWilliams, D. 2008. Nutrition recommendations for some captive amphibian species (anura and caudata). Obtenido el 26 de Mayo de 2016 de: <http://www.amphibianark.org/pdf/Husbandry/amphibian%20nutrition%20report%20CAZA%202008.pdf>
- 25) Nervous system of a frog. 2015. Sistema nervioso de la rana. Obtenido el 23 de Agosto de 2015 de: <http://www.tutorvista.com/biology/nervous-system-of-a-frog>.
- 26) O Malley, B. 2005. *Anatomía y fisiología clínica de animales exóticos*. Condado de Wicklow, Irlanda. Editorial: Servet: 3, 5.
- 27) Parra- Olea G.; Flores- Villela O. y Mendoza- Almeralla C. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Suplo. 85:460-466.
- 28) Paul. 2013. *Oophaga pumilio*. Obtenida el 20 de Agosto de 2015 de: <https://www.flickr.com/photos/rainforests/8975602208/>.
- 29) PIMVS Animalia Dei, 2013. Renacuajo de *Dendrobates*, Rana joven, *Dendrobates auratus*, *Dendrobates tinctorius alanis*, *Dendrobates leucomela*, *Dendrobates*

- azureus*, *Ranitomeya ventrimaculata*, *Phyllobates vittatus*. Obtenidas el 20 de Agosto de 2015 de: https://www.facebook.com/PIMVSAAnimaliaDei/photos_stream.
- 30) Poison3frog. 2010. Decoración de un acuaterrario. Obtenida el 22 de Agosto de 2015 de: <http://www.faunaexotica.net/threads/dendrobates-auratus-y-terrario-actualizado.61984/>.
- 31) Poole, V; Grow, S. 2008. *Association of zoos and aquariums, Guía para el manejo de anfibios en cautiverio*. Baltimore. Editorial: Atag- Azcarm.
- 32) Schmidt, W; Henkel, F. 2005. *Guía de las ranas flecha, Dendrobates*. Fráncfort del Meno- Barcelona, Alemania- España: Chimaira- Reptilia.
- 33) ScienceDirect, 1987. Toxicon: Further classification of skin alkaloids from neotropical poison frogs (dendrobatidae), with a general survey of toxic/noxious substances in the amphibia: Abstract. Obtenida el 8 de Noviembre de 2014: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0041010187902650>.
- 34) Servín- Zamora E. 2011. Capítulo 1: Biología del Ajolote de Xochimilco. *Manual de mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al Ajolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum) en el Zoológico de Chapultepec*. [Tesis de licenciatura]. México, D,F: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- 35) Silverstone, P. 1975. *A revisión of the poison arrow frogs of the genus Dendrobates Wagler*. Natural History Museum of Los Angeles County. Science bulletin 21.
- 36) Sistema meteorológico Nacional. 2015. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. Consultada el 26 de Mayo de 2016, disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

- 37) Smith, S. 2007. *Compendium of drugs and compounds used in amphibians*.
Virginia polytechnic Institute & State University.
- 38) Tetra. Tetra torumin. Consultada el 26 de Mayo de 2016, disponible en:
<http://www.tetra.net/es/es/acuarios-tropicales/cuidado/cuidado-acuatico/tetra-torumin>
- 39) The IUCN red list of threatened species. 2015. Consultada el 18 de Agosto de 2015, disponible en: <http://www.iucnredlist.org>.
- 40) Todorquidea. Esfagno. Consultada el 26 de Mayo de 2016, disponible en:
<http://www.todorquidea.com/es/categorias/171-esfagno-largo-grs.html>
- 41) Twomey, E; Brown, J. 2009. Superfamily Dendrobatoidea. Obtenida el 8 de Noviembre de 2014, de: <http://dendrobates.org/dendrobatoidea.html>; About poison frogs. Consultada el 5 de Junio de 2015, disponible en:
<http://www.dendrobates.org/>.
- 42) Valero, J. 2009. Huevos de rana. Obtenida el 20 de Agosto de 2015 de:
<https://www.flickr.com/photos/70626035@N00/4068810605>.
- 43) Vitt, L; Caldwell, J. 2014. *Herpetology an introductory biology of amphibians and reptiles*. University of Oklahoma: Elsevier.
- 44) Warburg, M. 1997. *Ecophysiology of Amphibians Inhabiting Xeric Environments*.
Berlín, Alemania: Springer.
- 45) Wikipedia. 2015. Batracotoxina. Obtenida el 3 de Mayo de 2015 de:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Batracotoxina>.
- 46) Wright, K; Whitaker, B. 2001. *Amphibian medicine and captive husbandry*.
Malabar, Florida, Estados Unidos: Krieger publishing company.

47) Zach. 2013. How do I sex poison dart frogs?. Obtenidas el 20 de Agosto de 2015
de: [https://joshfrogs.zendesk.com/hc/en-us/articles/201198357-How-do-I-sex-
Poison-Dart-Frogs.](https://joshfrogs.zendesk.com/hc/en-us/articles/201198357-How-do-I-sex-Poison-Dart-Frogs)