

Rasgos morfológicos y sexaje de *Typhlonectes natans* (Amphibia: Gymnophiona)

EVER EDREY HERNÁNDEZ-CUADRADO*, CARMIÑA LUCÍA VARGAS ZAPATA**

*.** Grupo de Investigación Biología de Nutrientes, Línea Fauna Silvestre-Universidad del Atlántico, km 7 antigua vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia

* Laboratorio de Herpetología y Ecofisiología-Universidad del Tolima (Labheut), Laboratorio de Investigaciones en Zoología (Labinzo)

Resumen

Se muestran los resultados de las observaciones de la morfología macroscópica en ejemplares adultos de *Typhlonectes natans*. Pudo corroborarse la presencia de surcos corporales primarios, secundarios y terciarios. La especie es dorsalmente negra y ventralmente gris, posee en la cavidad oral tres hileras de dientes, dos en la parte superior y una en la inferior, con una lengua soldada al piso oral. Alrededor de la cloaca presenta una coloración blanca. Internamente se aprecian dos estructuras respiratorias tabicadas de distinta longitud; un hígado multilobular y de gran tamaño, corazón de tres cavidades característico de todos los anfibios modernos, tubo digestivo de 4 milímetros de diámetro en 2/3 de su extensión, comprimido y sinuoso en su parte intestinal. Igualmente se visualizaron múltiples cuerpos grasos a la altura del tercio posterior del tracto digestivo y un apéndice en el sitio de confluencia del tubo digestivo y los conductos urogenitales, un órgano copulador ensanchado en el extremo distal con espículas. Es una especie dimórfica sexualmente. Por ello, se propone la metodología SOP para determinar el sexo en este *Gymnophiona* suramericano, posiblemente extensiva a otros taxones del Orden.

Palabras clave: *Typhlonectes natans*, morfología, dimorfismo sexual, prueba SOP

Abstract

We show the data of the macroscopic morphology in adults specimens of *Typhlonectes natans*. By direct observation and at the stereoscope we corroborate the presence of primaries, secondary and thirds corporal rings. The animal is black at the back and gray ventrally. It has three lines of teeth in the oral cavity, two in the upper part and one in the lower jaw, with the tongue fixed at the oral floor. Around the cloaca show a white coloration. Internally it shows two partitioned respiratory structures of different length; a multilobuled and large liver; a heart of three cavities characteristic of all moderns amphibians; an alimentary canal straight of 4 millimeters diameter at 2/3 parts, compressed and sinuous at the level of the intestine. Likewise, we saw several fatty bodies at the third end of the alimentary canal and an appendix where the excretory ducts with the

distal end of the alimentary canal join; copulator organ widened at the distal part, where have little spines. It is a dimorphic species. In the same way, we propose the SOP methodology for to determine sex in this South American Typhlonectid and maybe for other species of Gymnophiona).

Key words: *Typhlonectes natans*, morphology, sexual dimorphism, SOP test.

INTRODUCCIÓN

Comprender el mundo natural no es posible sin conocer ampliamente la morfología de los organismos (Wortley & Scotland 2006), pues por su gran utilidad ilustrativa es aplicable en muchas áreas biológicas (Hall 2005) como la biología funcional, del desarrollo, evolutiva, ecología y biomecánica (Wake 1992b), pudiéndose establecer los componentes y caracteres del dimorfismo sexual (Fairbairn & Roff 2006), de suma importancia en muchos trabajos científicos. Estos planteamientos son aplicables al caso particular de *Typhlonectes natans*, especialmente si se tiene en cuenta que dentro de la Clase Amphibia, el Orden Gymnophiona es el grupo del cual se tiene el menor número de reportes en cuanto al estudio de su biología (Wilkinson & Nussbaum 1995; Exbray 2006), a la luz de la abundante literatura existente en anuros y urodelos alrededor del mundo y en Colombia referente a morfología y anatomía (Sever 1979; Emerson 1984; Franklin 1994; Barrera-Rodríguez 1999; Anderson & Petranks 2003; Moore & Townsend Jr. 2003; Trueb 2006; Avilán & Hoyos 2006). Lo anterior debido, entre otras cosas, al difícil acceso a las zonas donde habita la mayoría de los representantes de este grupo de vertebrados y las costumbres fosoriales de gran parte de sus taxones. Uno de los primeros estudios descriptivo-taxonómicos en cecilidos fue realizado por Taylor (1968), el cual ha servido de base para posteriores acercamientos a estos animales. Luego prosiguieron, aportes de Wake (1972, 1994), Nussbaum (1979), Nussbaum & Wilkinson (1989), Wilkinson (1996), O'reilly et al (2000), Gower & Wilkinson (2005) y la reciente revisión taxonómica de la clase anfibios en su conjunto realizada por Frost et al (2006); además de algunos otros estudios que de una u otra forma incluyen a los ápodos (Duellman 1979; Ruiz-Carranza et al 1996; Ulloa & Medrano 2000; Lötters 2002; Shick 2002; Rueda-Almonacid 2004).

En el caso específico de la morfología en los Gymnophiona, ya se ha manifestado un relativo interés por profundizar el estudio de algunos taxones (Measey et al 2003) y se reportan datos como la presencia de anillos o surcos corporales, presencia de tentáculo quimiorreceptor o táctil, cráneo compacto (Lynch 1999; Kowalski 1999) y otros aspectos ecológicos de la familia *Typhlonectidae* en cuanto al crecimiento y estimación de procesos reproductivos (Measey & Di-Bernardo 2003). Para el caso puntual de *T. natans*, cuya distribución en el mundo se restringe al norte de Suramérica (Frost 2006), ya existen algunos importantes estudios en su mayoría referentes a tópicos de manejo, conservación, declive, taxonomía, evolución y marco legal, además de otros aspectos igualmente trascendentes como la locomoción (Summer 1996), fisiología respiratoria (Prabha 1996), secuenciación completa de su genoma mitocondrial para determinar su posición filogenética (Zardoya & Meyer 2000), componentes sanguíneos, etología y mantenimiento en cautiverio (Kowalski 1999; Hernández-Cuadrado & Vargas 2005;

Hernández-Cuadrado & Rodríguez 2006) e histología (Canepa et ál 1999; Royo & Hernández 2007), los cuales han sido tratados parcialmente por estos investigadores, quienes han dirigido sus esfuerzos a la parte experimental y aplicada.

En Colombia se reportan dos especies del género *Typhlonectes*, las cuales difieren en pocas características morfológicas externas, generando alguna dificultad para su identificación. Wilkinson (1996) propone tener en cuenta que las denticiones cloacales ofrecen una buena herramienta para diferenciar a *T. natans* de *T. compressicauda*. Por su parte Herrman (1994) indica que *T. compressicauda* o "cecilia de cayena" presenta diez denticulos en la cloaca y Lynch (1999) plantea que su probable distribución se restringe a la Amazonia, mientras que para *T. natans*, del Valle del Magdalena y norte colombiano, estos denticulos están presentes en número de nueve y ha sido reportada como sinónimo de *Nectocaecilia cooperi* (Ruíz-Carranza et ál 1996). Otros aspectos de la morfología externa y la locomoción de la "culebra ciega" también se encuentran en la literatura científica (Summer 1996; Lynch 1999). Cabe agregar el aporte de Martínez-Leones et ál (2003) sobre la histología del tracto intestinal de *T. venezuelensis* que contribuye a la ampliación del conocimiento de los Gymnophiona en general y que ofrece datos básicos de referencia que sirven de guía para el abordaje de especies del mismo género. Se sabe que los cecilidos (como *T. natans*) carecen de cinturas pélvica y escapular y poseen una piel abundantemente irrigada por capilares sanguíneos y poco queratinizada (Kardong 1999), siendo su tegumento muy permeable.

Por su parte, Lynch (1999) describe características morfológicas externas de ejemplares de *T. natans* de las colecciones de algunos museos e instituciones científicas y académicas colombianas, indicando la presencia de los nueve denticulos cloacales y 84 a 93 surcos corporales, teniendo presente que, además, existen surcos corporales secundarios e incluso terciarios. En el mismo sentido, Kowalski (1999) resalta la presencia de una aleta caudal en animales adecuadamente preservados. El objetivo principal de esta investigación fue hacer una descripción de la morfología macroscópica de *Typhlonectes natans* y proponer una efectiva y práctica metodología de sexaje para este anfibio suramericano, basada en el dimorfismo sexual y dejar abierta la posibilidad de que ésta sea probada y eventualmente extendida a otros taxones del orden Gymnophiona.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio se utilizaron 300 especímenes adultos de *T. natans* para probar una metodología de sexaje y realizar una descripción macroscópica de la morfología de la especie. Los animales se capturaron por el método de "Camas de Eichornia" (Hernández-Cuadrado & Rodríguez 2006) en la Ciénaga la Bahía, Atlántico-Colombia, en un lapso de aproximadamente 36 meses (2002- 2005), de los cuales 20 (10 machos y 10 hembras capturados en mayo de 2005) se utilizaron con el objetivo de hacer la descripción morfológica, siendo pesados, medidos y luego sexados según la metodología SOP (Sexaje por Observación y Presión) propuesta en el presente manuscrito. Los rangos de las medidas fueron para machos y hembras respectivamente los siguientes: longitud total 374 a 412 mm y 383 a 422 mm; peso 54 g a 69 g y 64 a 76 g; circunferencia corporal 50 a 60 mm y 51 a 79 mm; número de surcos primarios 89 a 94 y 90 a 94. Estos animales

fueron transportados en bolsas plásticas con agua al Laboratorio de Zoología de Vertebrados de la Universidad del Atlántico, donde fueron sacrificados en cámara de formol; posteriormente se les realizó disección longitudinal para hacer las observaciones en fresco bajo el estereoscopio a 10x, haciendo descripciones, esquemas, registros escritos y fotográficos de los diferentes órganos y estructuras de interés. Posteriormente el material fue preservado en alcohol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología

En la figura 1 se observa una vista general de los órganos internos de la especie en su estado adulto. *T. natans* presenta un tubo digestivo recto con un diámetro uniforme de 4 mm aproximadamente en gran parte de su recorrido, desde la boca hasta la altura de lo que corresponde a los surcos corporales primarios 55 a 60, donde se comprime a la mitad e inician las sinuosidades intestinales. El sistema circulatorio está conformado por el corazón, ubicado entre los surcos 17 a 20, de medidas promedio en largo y diámetro de 10 mm y 4 mm respectivamente, de tres cavidades, como en todos los demás órdenes de la Clase Amphibia (Storer & Usinger 1961); las diferencias entre machos y hembras no son relevantes. Dos vasos cefálicos, uno hepático, dos que van al sistema respiratorio y una gran red de capilares que perfunden la piel y los demás órganos, lo que es de suma relevancia para el intercambio gaseoso a través del tegumento en la respiración dual de los anfibios. Esto se ha reportado para *Amphiuma tridactylum* y *Siren lacertina* (Martin & Hutchinson 1979), taxones que comparten con *T. natans* sus características acuáticas y fosoriales (troglóbicas), haciéndolas resistente a las condiciones de hipoxia y otras situaciones inhóspitas entre las que se incluyen las elevadas temperaturas del agua para las dos especies de salamandras. Al parecer *T. natans* es relativamente sensible a este último factor ambiental en su hábitat (Hernández-Cuadrado & Vargas, datos no publicados). El sistema respiratorio está formado por un conducto traqueal de 83 mm de longitud promedio que llega a la cavidad oral y comunica con las coanas, se bifurca en dos conductos que alcanzan a llegar cerca de la cloaca, de aspecto tabicado y de distinta longitud y diámetro (figura 2a y 2c). Presentan una fuerte vascularización, lo que sugiere una gran capacidad y eficiencia pulmonar, observación que coincide con lo reportado por Prabha (1996) en su estudio de la actividad ventilatoria de la especie. Teniendo en cuenta estas características, Martin & Hutchinson (1979) indican que en los géneros *Siren* y *Amphiuma* los pulmones en toda su extensión son utilizados en el intercambio respiratorio, aunque el llenado de los pulmones no se hace mediante movimientos faríngeos (como en *T. natans*, de acuerdo con Hernández-Cuadrado & Rodríguez 2006) sino mediante un mecanismo de bomba bucal y en cada exhalación se da un colapso de estas estructuras respiratorias, volviéndose a llenar con el movimiento de inspiración. De este modo, la morfología pulmonar de la “culebra ciega”, por ser parecida a la de estos urodelos, sugiere una eficiencia similar, pero aún no se ha comprobado el colapso exhalatorio de los pulmones.

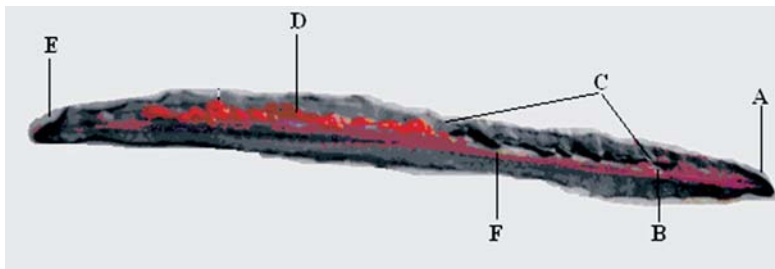


Figura 1. Morfología interna de *T. natans* (vista general). A: cabeza, B: tráquea, C: hígado multilobulado, D: lóbulo graso (amarillo), E: cola, F: región central (tubo digestivo).

La longitud y diámetro de los pulmones son asimétricos. En promedio de 283 mm y 3 mm en el pulmón derecho y en el izquierdo de 182 y 2 mm. El menor tamaño del pulmón izquierdo es característico de los cecílicos (O'reilly et ál 1997) y reptiles como las serpientes donde, incluso, puede estar ausente (Baeyens et ál 1980). Pero para el caso puntual de *T. natans*, el pulmón izquierdo, aunque reducido, no es vestigial y de acuerdo con su aspecto septado e irrigación profusa, es altamente probable que tenga una funcionalidad marcada en su intercambio gaseoso.

El hígado consta de 14 lóbulos (figura 2e), cada uno de los cuales de 10 mm de largo y 4 mm de ancho en promedio, inicia cerca del surco 20 hacia la parte caudal, cuyo gran tamaño puede ser una adaptación para la transformación de nutrientes como las proteínas y las grasas a carbohidratos de reserva y circulantes o para los requerimientos energéticos durante la estivación y períodos de escasez en la oferta alimentaria. Aunque en algunos lagartos el peso y tamaño hepáticos varían en machos y hembras con la estación del año y el ciclo reproductivo (Lin 1980), en el presente estudio esto no fue determinado, pero dadas las características tisulares del tracto digestivo de *T. natans* y su gran masa hepática, este carácter refuerza los hallazgos sobre su dieta carnívora (Royo et ál, datos no publicados). La vesícula biliar es esférica y mide alrededor de 4 mm de diámetro. Se visualizan además los conductos urogenitales de 225 mm de largo en promedio en ambos lados del tubo digestivo, partiendo del tercio medio de éste y llegando a la zona cloacal. Del mismo modo, se observan en las hembras cerca de 40 lóbulos grasos de color amarillo (figura 2d) e interconectados por una membrana transparente. Entre estos lóbulos fue posible ver ovocitos (78 en promedio) de distinto tamaño en tres hembras gestantes observadas, lo que sugiere diversos estadios de desarrollo (desarrollo asincrónico), pero el número de ovocitos es menor que el máximo número registrado por Funk et ál (2004) para *Caecilia orientalis*, aunque cabe decir que ésta última es estrictamente fosorial. Dichos cuerpos grasos que van desde donde termina el hígado hasta el final de las estructuras respiratorias, al parecer tienen funciones energéticas durante el prolongado período de gestación, lo que además explicaría en parte su alto grado de resistencia durante pruebas de estrés por inanición, contaminación del agua (Hernández-Cuadrado et ál, datos no publicados) y sus hábitos subterráneos o de estivación obligados.

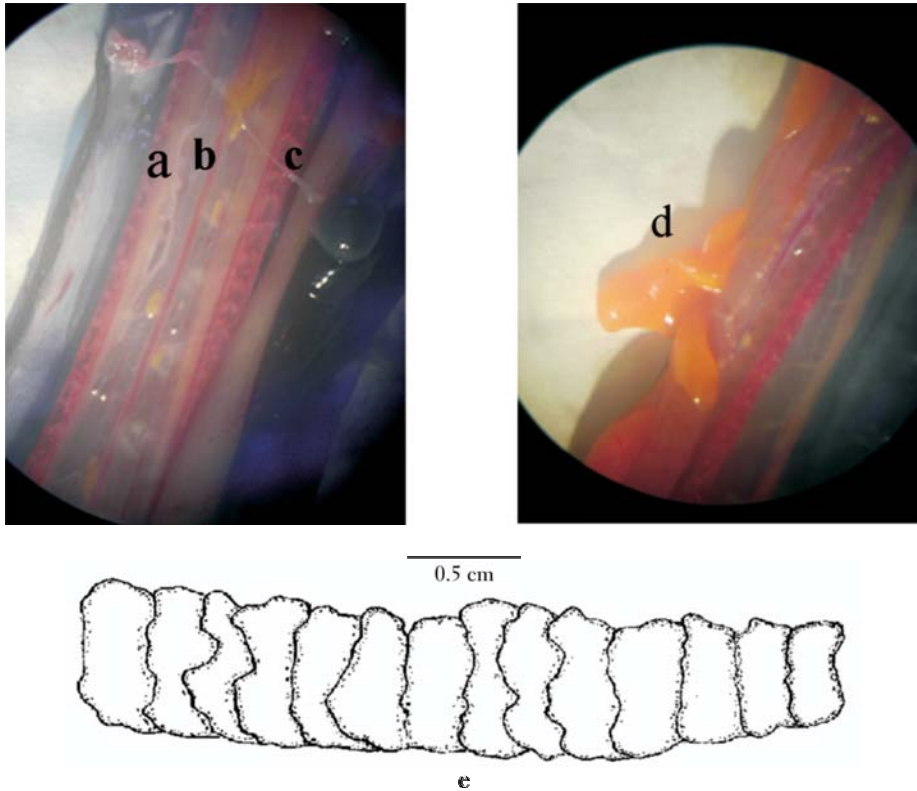


Figura 2. Vista de un tramo de los pulmones izquierdo y derecho (Se visualiza la diferencia en diámetro de las dos estructuras (a y c) y algunos vasos sanguíneos (b). d: cuerpos grasos (amarillo). e: esquema del hígado.

También fue observado el órgano copulador (ver prueba SOP) fuertemente irrigado, de aproximadamente 1.0 cm de longitud, 0.3 cm de diámetro y ensanchado en su parte distal, donde presenta diminutas espículas. Este órgano se ve como un apéndice en el sitio donde se unen los conductos excretores al último tramo del sistema digestivo. Al respecto, es de resaltar que la experiencia durante las faenas de captura en distintos sitios de la Ciénaga la Bahía indica que la proporción entre hembras y machos en *T. natans* es de 3:1, pues así lo señala la captura aleatoria de cerca de 300 individuos en distintos períodos y con distintos fines, a los cuales le fue aplicada la metodología SOP. En la cópula desempeñan un papel primordial las denticulaciones cloacales, el ensanchamiento y las espículas en la parte distal del órgano copulador del macho para garantizar la fertilización y el éxito reproductivo, similar a lo que sucede en algunos peces que poseen un órgano intromitente para un proceso de inseminación más efectivo (Burns & Weitzman 2006). De igual modo, la morfología de esta estructura reproductiva en *T. natans* también podría ser utilizada para superar ambigüedades taxonómicas como se ha sugerido en el caso de los órganos copuladores en reptiles (hemipenes) para establecer relaciones entre miembros de un mismo género de serpientes (Schargel & Castoe

2003) y en crocodilianos (Ericsson et al 2005) para comparaciones con ancestros extintos.

La boca es subterminal (Lynch 1999) y aloja dos líneas de dientes en la parte superior en número de 36 y ligeramente curvados en la hilera más externa y de 34 en la interna. En la mandíbula inferior hay una sola hilera con 34 piezas dentales. Cabe indicar que esta característica no fue usada por Lynch (1999) al proponer la clave taxonómica para la identificación de las cecilias colombianas, pues este investigador trabajó con animales preservados en los que es difícil determinar tal aspecto. El presente aporte podría ser de importancia en el perfeccionamiento de la clave para el orden *Gymnophiona* en Colombia. En este sentido, recientemente se ha indicado la presencia de dientes espleniales en larvas del género *Caudacaecilia* (Matsui et al 2006), estructuras que ya habían sido reportadas para los cecilidos colombianos y que pueden ser utilizadas con fines taxonómicos y sistemáticos para los anfibios y otros grupos, como complemento de otras técnicas de identificación de especies (Wilkinson et al 2002; Frost et al 2006; Wortley & Scotland 2006; Matsui et al 2006). Esta particularidad en su dentición y las características craneales de los cecilidos, especialmente en lo referente al sistema de cierre músculo-mandibular (Summer & Wake 2005), explicaría la gran capacidad que tiene *T. natans* para desgarrar y tragar el tejido conectivo de algunas de sus presas, proceso en el que su lengua vestigial y soldada al piso de la cavidad oral debe ser de muy poca utilidad. Por su parte, a juzgar por la imagen mostrada por Wilkinson & Nussbaum (1995), por lo menos dos de las características de la cavidad oral de *T. natans* son también compartidas por un único espécimen de *Typhlonectes eiselti* colectado en Suramérica en fecha anterior a 1920 y que se halla preservado en el Museo de Historia Natural de Viena, comparación pertinente desde el punto de vista anatómico por ser un representante del mismo género. Las semejanzas pueden observarse en los surcos donde se ubican las dos hileras de dientes de la maxila y parte superior de la cavidad oral, la lengua vestigial e igualmente en la boca subterminal; pero *T. eiselti* difiere de *T. natans* en características mucho más trascendentes desde el punto de vista ecológico y funcional, como la ausencia de pulmones y cráneo poco compacto, característica esta última que le dificultaría fuertemente la vida fosorial.

Además, se observan las válvulas en las coanas o narinas internas reportadas para el género *Typhlonectes* por Taylor (1968), las cuales son de gran utilidad para *T. natans* durante la inmersión y la toma de oxígeno en la forma de respiración pulmonar, cuando el animal sube a la superficie del agua y mediante movimientos faríngeos lleva aire a las estructuras pulmonares a través de las narinas y el tubo traqueal (Hernández-Cuadrado et al, datos no publicados). Los surcos corporales primarios se visualizan como líneas transversales más oscuras en el cuerpo de los animales especialmente en la parte ventral y fueron determinados en número entre 89 a 94, que es aproximadamente la cantidad que se ha venido reportando a lo largo de las anteriores publicaciones (Taylor 1968; Lynch 1999). Cabe resaltar que en los 20 individuos observados al estereoscopio y demás animales utilizados en otros estudios y prácticas científicas, el tentáculo protáctil mencionado por Wilkinson & Nussbaum (1997) y Lynch (1999) no fue identificado, pero sí una ondulación en la piel de este sitio de diámetro menor que el de la narina, por el cual los animales segregan una sustancia acuosa visible bajo el estereoscopio;

contrario a lo observado en especímenes preservados de otras especies de cecilias como los que se hallan en la colección de referencia del Laboratorio de Investigaciones en Zoología de la Universidad del Tolima. En estos otros taxones es posible visualizar parte del tentáculo, aun bajo estas condiciones de preservación. Sería de significativa importancia revisar histológicamente esta zona tegumentaria de *T. natans* para dilucidar cualquier duda al respecto, pues ha sido constantemente reportada esta estructura quimiorreceptora en la mayoría de los cecilidos actuales y fósiles e identificándose en el cráneo una fosa tentacular (Jenkins & Waish 1993).

Es indudable la presencia de la aleta caudal, aunque reducida y quizá sea de mucha utilidad en la locomoción, puesto que se ha determinado que las cecilias son los primeros vertebrados sin extremidades capaces de utilizar el cuerpo entero como un sistema hidrodinámico, tal es el caso de *Dermophis mexicanus* (O'reilly et ál 1997), debido a que mantienen la forma durante la locomoción acuática. Esta apreciación se aparta de lo observado por Wilkinson (1996) y Lynch (1999) quienes señalan que *T. natans* en movimiento cambia su forma transversalmente. En el presente estudio se observó claramente esto último cuando los ejemplares estaban fuera del agua sobre una superficie lisa, pero durante el nado no se notó una visible compresión corporal en tal sentido; sin embargo sería pertinente hacer observaciones más precisas con aparatos de filmación u otros medios que permitan medir cambios de forma en la natación para aclarar el particular. Por otra parte, *T. natans* además de poseer gran capacidad natatoria, podría llevar una vida fosorial en un determinado momento, lo cual sería sustentado por el hecho de tener una boca en posición subterminal, el cráneo fuertemente osificado y ojos cubiertos por la piel. Pues aunque se ha insistido en su forma de vida exclusivamente acuática (Taylor 1968; Wilkinson & Nussbaum 1999), recientes observaciones en esta especie también señalan que puede tener períodos fosoriales (Hernández-Cuadrado & Vargas 2005). Los ojos al parecer perciben intensidades variables de luz, sin embargo la explicación a su funcionalidad escapa a los objetivos del presente estudio, además de que esto no puede ser del todo aclarado por la morfología y debe hacerse uso de la fisiología o de la genética evolutiva (Gerhing 2001) y otras áreas biológicas. Por otro lado, la coloración de este anfibio es definidamente negra en la parte dorsal, grisácea ventralmente y con el círculo cloacal blanco; en más de cinco años de trabajar con la especie, el primer autor no ha observado aún otra coloración, incluso los neonatos y juveniles no exhiben cambios en las tonalidades antes mencionadas a lo largo de su desarrollo ontogénico.

Es de agregar que tal como sucede con otros anfibios, donde la hembra es de mayor masa corporal que el macho, en *T. natans* existe un claro dimorfismo sexual. Las hembras presentan masa, longitud y circunferencia corporales ligeramente mayores que los machos, aunque no es una adecuada característica para diferenciarlos, pues se pueden cometer equivocaciones. Igual situación se presenta con algunos ectotermos fosoriales (Shine et ál 2006) en los cuales para determinar el sexo se hace necesario utilizar otras características como el peso o el tamaño de las gónadas; métodos que pueden llevar igualmente a errores porque dichas medidas están sujetas a cambios en otras variables biológicas como el estado nutricional, la actividad hormonal e incluso los acontecimientos durante el desarrollo de los individuos. Sin embargo, se ha reportado casos donde es posible establecer diferencias entre sexos de reptiles utilizando la longitud

total de los especímenes (Molina-Borja 2003), lo que igualmente puede estar sujeto a los fenómenos anteriormente mencionados. Por ejemplo, en algunos anfibios los machos tienen una mayor longitud y masa corporal que las hembras como se ha verificado en salamandras del género *Phaeognathus* (Bakkegard & Guyer 2004). Es por ello que para el caso particular de *T. natans* se sugiere que la determinación del sexo se realice a través de la metodología SOP.

Sexaje por observación y presión en *Typhlonectes natans* (prueba "SOP")

El procedimiento que a continuación se describe debe ser realizado con especímenes vivos; aunque también puede ser llevado a cabo con animales adecuadamente preservados; en este último caso, sólo mediante la observación de las características del círculo cloacal.

- 1) Ubicar dos ejemplares de *T. natans* en posición ventral sobre una bandeja o superficie plana y observar dorsalmente el extremo caudal (cola); los machos presentan la cola redondeada, mientras que las hembras la tienen más angulosa y puntiaguda (figura 3B y 3D).
- 2) Si se encuentra alguna dificultad, se toma al animal observando la cola ventralmente: los machos presentan el disco pericloacal más ancho y esférico que las hembras y en esta posición se les visualiza mejor el contorno caudal redondeado.
- 3) Si aún no se logra hacer la distinción, se debe contar alrededor de diez surcos corporales primarios desde la cloaca hacia la parte media del animal y con éste en vista ventral entre los dedos índice y pulgar presione sobre esta zona durante un tiempo aproximado de 30 segundos, suavemente al principio, aumentando paulatinamente la presión sin ejercer demasiada fuerza que pueda afectar al espécimen: el macho proyectará el órgano copulador (figura 3A y 3C).
- 4) Si se ejecutan adecuadamente estas maniobras y no proyecta el órgano copulador, se puede afirmar que se ha determinado el sexo en una hembra de *T. natans*.

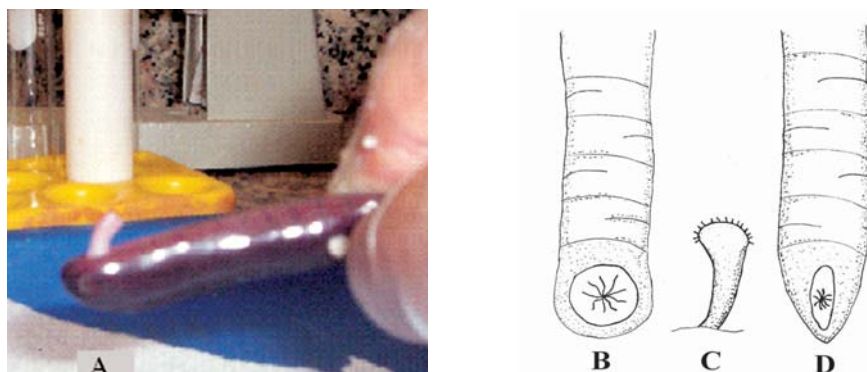


Figura 3. Sexaje de *T. natans* mediante la Metodología SOP. A: Órgano copulador, B: cola y cloaca macho; C: esquema órgano copulador, D: cola y cloaca hembra

Lo novedoso de este método es que no es necesario el sacrificio de los animales y permite reconocer el sexo aun bajo condiciones de preservación. En los 20 ejemplares sacrificados se comprobó la efectividad de la técnica mediante observación al estereoscopio del sistema urogenital en machos y/o presencia de ovocitos en las hembras.

De nueve machos y 27 hembras inicialmente sexados se obtuvo alrededor de un 94% de efectividad, posiblemente debido a que se trataba de los ensayos previos, donde se estaba ajustando la metodología, por lo que dos individuos fueron erradamente sexados. Posteriormente, de 51 machos y 105 hembras a los que se le aplicó la metodología SOP (correspondientes a los animales utilizados en el estudio de Hernández-Cuadrado et al –datos inéditos– y los estudiados por Hernández-Cuadrado & Rodríguez 2006), más 110 individuos sexados directamente en el campo, el acierto fue del 100%, lo cual hace de esta prueba el primer método sencillo y práctico de sexaje para una especie de la familia *Typhlonectidae* registrado hasta la fecha. Queda abierta la posibilidad de que la metodología sea probada y extendida a otras especies de esta familia y al orden *Gymnophiona* como una herramienta útil en futuros estudios en los que sea necesario determinar esta variable biológica.

CONCLUSIONES

La metodología SOP es una herramienta útil y confiable para la determinación del sexo en *Typhlonectes natans*, basada en el dimorfismo sexual de la especie. En la población estudiada la relación aproximada entre hembras y machos es de 3:1. Los machos adultos son de menor longitud y masa corporal que las hembras y presentan la cola y el círculo cloacal redondeados, con un órgano copulador anatómicamente adaptado para facilitar la cópula. Las hembras tienen una cola más comprimida y disco cloacal alargado. La especie presenta una dentición adecuada para su dieta carnívora. Los ojos están cubiertos por la piel y el cráneo está fuertemente osificado. Es dudosa la presencia del tentáculo protáctil en esta especie, por lo que se sugiere estudios tisulares puntuales. Posee pulmones asimétricos, tabicados y profusamente irrigados lo que permite una mayor capacidad respiratoria, especialmente en cuerpos de agua con fuerte influencia antrópica. El hígado multilobulado y de gran tamaño está en relación con las exigencias metabólicas de su dieta; en las hembras, alrededor de 40 cuerpos grasos cubren los ovocitos de desarrollo asincrónico. Sus características morfológicas en conjunto hacen pensar en una alta tolerancia a las exigencias ambientales en el estadio adulto de su ontogenia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud a la Universidad del Atlántico por permitir el desarrollo de esta investigación en sus dependencias. A Rafael Borja por incentivar el estudio en este Orden de anfibios. Al Laboratorio de Investigaciones en Zoología de la Universidad del Tolima (Labinzo) por permitir la revisión de algunos especímenes. A Manuel Hernando Bernal, por sus críticas y sugerencias a una versión inicial del manuscrito y a los evaluadores anónimos por sus aportes al mejoramiento del mismo. Igualmente, al Comité Editorial de esta importante publicación y a la colega Leidy Silva por su

orientación durante el proceso de revisión del artículo. A la doctora Amparo Vélez Orozco, Douglas y Yesid Hernández por la paciencia y el soporte moral brindado al primer autor. Al gran amigo y colega Jesús María Hernández por su colaboración en las sesiones de laboratorio y Adriana Reyes por la realización del primer esquema de la morfología interna de *T. natans* en septiembre de 2003. A Daniela Pulido por su apoyo en algunos registros fotográficos. De igual modo, a La Asociación de Pescadores del Municipio de Malambo, especialmente al señor Andrés Torres y su padre, por el acompañamiento en las diferentes faenas en la ciénaga La Bahía. A Nadin Abdala, Victor Luna, César Prias y a la colega Deicy Pava por la ayuda espontánea y oportuna en diversas labores durante la preparación del escrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, A. R., PETRANKA, J. W. 2003. *Odonate predator does not affect hatching time or morphology of embryos of two amphibians*. Journal of herpetology, 37, 65 -71.
- AVILÁN, P., HOYOS, J. M. 2006. Osteología de *Eleutherodactylus bogotensis* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) del Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia). Caldasia 28(1): 89-109.
- BAEYENS, D. A., PATTERSON, M. W., MCALLISTER, C. T. 1980. *A comparative physiological study of diving in three species of Nerodia and Elaphe obsoleta*. Journal of Herpetology 14 (1): 65-70.
- BAKKEGARD, K. A., GUYER, C. 2004. Sexual size dimorphism in the Red Hills Salamander *Phaeognathus hubrichti* (Caudata: Plethodontidae: Desmognathinae). Journal of Herpetology, vol. 38, No. 1, 8-15.
- BARRERA-RODRÍGUEZ, M. 1999. Estudio antómico de cuatro especies de ranitas de cristal del género *Hyalinobatrachium* Ruiz & Lynch, 1991, grupo fleishmanni (Amphibia: Anura: Centrolenidae). Rev. Acad. Coloma. Cienc.: XXIII, suplemento especial. 245-260.
- BURNS, J. R., WEITZMAN, S. H. 2006. Intromittent organ in the genus *Monotocheirodon* (Characiformes: Characidae). Copeia (3) 529-534.
- CANEPA M., GONZALES ELORRIAGA A., MARTÍNEZ T. 1999. Algunos Aspectos de la Biología de *Typhlonectes cir natans* (Amphibia: Gymnophiona). En Cautiverio. En V Congreso Latinoamericano de Herpetología. Montevideo, Uruguay.
- DUELLMAN, W. E. 1979 (Ed). The South American Herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal. Monograph of the Museum of Natural History, the University of Kansas Number 7.
- EMERSON, S. B. 1984. Morphological variation in frog pectoral girdles: testing alternatives to a traditional adaptative explanation. Evolution 38 (2): 376-388.
- ERICKSON, G. M., LARSON, P. 2005. Androgynous rex- the utility of chevrons for determining the sex of crocodilians and non-avian dinosaurs. Zoology 108, 277- 286.
- EXBRARAR, J-M. 2006. Reproductive biology and phylogeny of Gymnophiona (caecilians). Tomo 30, No. 3, Sciences publishers, inc.

- FAIRBAIRN, D. J., ROFF, D. A. 2006. The quantitative genetics of sexual dimorphism: assessing the importance of sex-linkage. *Heredity*, 7, 319.
- FRANKLIN, M. E. 1994. Environmental change: consequences for life history, morphology and behavior. Dissertation Ph.D. university of Kansas.
- FROST D, R., GRANT T., FAIVOCHICH J.M, BAIN R., HAAS A., HADDAD C., De SÁ R., CHANNING A., WILKINSON M., DONNELLAN S., RAYWORTHY C., CAMPBELL J.M, BLOTTO B., MOLER P., DREWES R., NUSSBAUM R., LYNCH J. D., GREEN D., WHEELER W. 2006. The Amphibian Tree of Life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*.
- FROST, DARREL R. 2006. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 4 (17 August 2006). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- FUNK, W. C., FLETCHER-LAZO, C., NOGALES-SORNOSA, F., Almeida-Reinoso, D. 2004. First description of a clutch and nest site for the Genus *Caecilia* (Gymnophiona: Caeciliidae) *Herpetological review* 35(2) 128-130.
- GERHING, W. J. 2001. The genetic control of eye development and its implications for the evolution of the various eye-types. *Zoology* 104, 171-183.
- GOWER, D J, WILKINSON, M. 2005. Conservation biology of the *caecilian amphibians*. *Conservation biology*, review; volume 19 No. 1: 45-55.
- HALL, B. K. 2005. Tribute: In the Goethe's Wake: Marvalee Wake's conceptual contributions to the development and evolution of a science of morphology. *Zoology* 108, 269-275.
- HERRMAN, H. J. 1994. Amphibian in Aquarium. In: Murphy, J. B., ADLER, K. & COLLINS, J. T. (eds.) captive management and conservation amphibian reptiles. Society for the study of the reptiles and amphibians. Ithaca (NY): 223-228.
- HERNÁNDEZ-CUADRADO, E., RODRÍGUEZ, A, J. 2006. Parámetros Sanguíneos (proteína, glucosa, colesterol, hemoglobina, hematocrito) en adultos de *Typhlonectes natans* en cautiverio y el medio natural. Tesis de Grado. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, Suramérica.
- HERNÁNDEZ-CUADRADO E., VARGAS C. 2005. Algunos Aspectos Comportamentales y Morfología Interna de *Typhlonectes natans* (*Amphibia: Gymnophiona*). *Revista Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* V 17. Suplemento. P. 47. C-32.
- HERNÁNDEZ-CUADRADO, E., VARGAS, C. (datos no publicados). Introducción a la Historia de Vida de *Typhlonectes natans* (*Amphibia: Gymnophiona*) en Suramérica.
- HERNÁNDEZ-CUADRADO, E., VARGAS C., HERNÁNDEZ-V, D. (datos no publicados). Behavior and Stressing Factors in *Typhlonectes natans* (*Amphibia: Gymnophiona*) with Physiological Annotations
- JENKINS, F A., WAISH, D. M. 1993. An early Jurassic caecilian with limbs. *Letters to Nature*. *Nature* vol. 365, 246-250.

- KARDONG, K. V. Vertebrados. 1999. Anatomía Comparada, Función, Evolución. Segunda Edición. Mc Graw Hill Interamericana. Washington State University.
- KOWALSKI E. 1999. *Typhlonectes natans*, cuidados y mantenimiento en cautividad de la Cecilia del río Cauca. Reptilia; No. 30:57,59-60.
- LIN, E. J. I. 1980. Fatbody and liver cycles in two tropical lizards Camaelo hohneli and Chamaelo jacksoni (Reptilia, Lacertilia, Chamaeleonidae). Journal of Herpetology 13 (1): 113-117.
- LOTTERS S. 2002. El declive de los anfibios, historia e investigación actual. Reptilia. No. 49:20-21.
- LYNCH J D. 1999. Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (*Amphibia:Gymnophiona*). Rev. Academia Colombiana de Ciencias.; 23 (suplemento especial): 317-337.
- MARTIN. K. M., HUTCHINSON, V. 1979. Ventilatory activity in Amphiuma tridactylum and Siren lacertina (Amphibia, Urodela). Journal of Herpetology 13 (4): 427-434.
- MARTÍNEZ-LEONES T., VITORIA-NARVÁEZ M., Godoy-Briceño R., HERRERA-MÁRQUEZ E., MUÑOZ-GOTERA R. 2003. Aspectos Histológicos del Intestino de *Typhlonectes venezuelensis* (*Amphibia:Gymniophiona*). En Vo Congreso Latinoamericano de Herpetología. Montevideo. Uruguay.
- MARTÍNEZ-LEONES T., VITORIA-NARVÁEZ M., GODOY-BRICEÑO R., HERRERA-MÁRQUEZ E., MUÑOZ-GOTERA R. 2003. Histología Comparada de la Piel de dos Especies de Anfibios Gymnophiona de la Familia Typhlonectidae: *Typhlonectes cir natans* y *Potomotyphlus kaupii* en Cautiverio. En Vo Congreso Latinoamericano de Herpetología. Montevideo, Uruguay.
- MEASEY, G, J., DI-BERNARDO, M. 2003. Estimating juvenile abundante in a population of the semi aquatic caecilians, *Chthonerpeton indistinctum* (*Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectinae*) in southern Brazil. Journal of herpetology, Vol. 27, No. 2, 371-373.
- MEASEY, G, J., SILVA, J. B., DI-BERNARDO, M. 2003. Testing for repeatability in measurements of length and mass in *Chthonerpeton indistinctum* (*Amphibia: Gymnophiona*); including a novel method of calculating total length of live caecilians. Herpetological Review 34: 35-39.
- MATSUI, M., NISHIKAWA, K., SUDIN, A., MOHAMED, M. 2006. The first karyotypic report of the genus *Caudacaecilia* with comments on its generic validity (*Amphibia: Gymnophiona: Ichthyophiidae*). Copeia (2) 256-260.
- MOLINA-BORJA, M. 2003. Sexual dimorphism of *Galliota atlantica* and *Galliota atlantica mahoratae* (Lacertidae) from de eastern canary islands. Journal of Herpetology, Vol. 37, No. 4, 769-772.
- MOORE, M. K., TOWSEND Jr, V. R. 2003. Intraspecific variation in craneal ossification in the tailed frog, *Ascaphus truei*. Journal of herpetology, Vol. 37, 714-717.
- NUSSBAUM, R. A., WILKINSON, M. 1989. On the classification and phylogeny of caecilians (*Amphibia: Gymnophiona*): a critical review. Herpetological monographs 3: 1-42.
- NUSSBAUM, R. A. 1979. The status of *Copeotyphinus syntnus* (*Amphibia, Gymnophiona*). Journal of herpetology 13(1): 121-123.

- O'REILLY, J. C., RITTER, D. A., CARRIER D. R. 1997. Hydrostatic locomotion in a limbless tetrapod. *Nature* 386, 269-272.
- O'REILLY, J. C., SUMMER, A. P., RITTER, D. A. 2000. The evolution of the functional role of trunk muscles during locomotion in adults of amphibians. *Amer. Zool.* 40: 123-135.
- PRABHA, K.C. 1996. Ventilatory mechanics and the effects of the water depth on breathing pattern in the aquatic caecilian, *Typhlonectes natans*. Thesis M. Sc. The University of Texas at Arlington.
- ROYO-VARGAS, F., HERNÁNDEZ-PARDO, J., HERNÁNDEZ-CUADRADO, E., INSIGNARES, A., VARGAS-ZAPATA, C. (datos no publicados). Descripción Tisular del Tracto Digestivo de *Typhlonectes natans* (*Amphibia: Gymnophiona*).
- ROYO-VARGAS, F., HERNÁNDEZ-PARDO, J. 2007. Histología del Aparato digestivo de la culebra ciega (*Typhlonectes natans*). Tesis de grado. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, Suramérica.
- RUEDA-ALMONACID, J. V., J. D. LYNCH & A. AMÉZQUITA (Eds). 2004. Libro Rojo de los Anfibios de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación internacional Colombia, Instituto de ciencias naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia 384. pp.
- RUIZ-CARRANZA P. M., ARDILA ROBAYO & LYNCH J D. 1996. Lista actualizada de la fauna *amphibia* de Colombia. *Rev. Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Naturales y Exactas* 20 (77):365-415.
- SCHARGEL, W. E., CASTOE, T. A. 2003. The hemipenes of some snakes of the semifossorial genus *Atractus*, with comments in variation in the genus. *Journal of Herpetology*, Vol. 37: 728-721.
- SCHICK, S. 2002. El Declive de los Anfibios en África. *Reptilia* N° 49. 27 p.
- SEVER, D. M. 1979. Male secondary sexual characters of the *Eurycea bislineata* (*Amphibia, Urodela, Plethodontidae*) complex in the Southern Appalachians mountains. *Journal of Herpetology* 13 (3) 245-253.
- SHINE, R., BRANCO, W. R., HARLOW, P. S., WEBB, J. K., SHINE, T. 2006. Biology of burrowing Asps (*Atractaspididae*) from southern Africa. *Copeia* 1, 103-113.
- STORER, T. I., USINGER, R. L. 1961. *Zoología General*. Colecciones Omega S.A. Barcelona.
- SUMMERS, A. 1996. A Comparative Study of Locomotion the Caecilian *Dermophis Mexicanus* and *Typhlonectes Natans* (*Amphibia: Gymnophiona*). Organisme and Evolutionary Biology Program, University Of Massachussets, Amherst, MA, USA.
- SUMMER, A. P., WAKE, M. H. 2005. The retroarticular process, streptostyly and the caecilian jaw closing system. *Zoology* 108, 307-315.
- TAYLOR, EDWARD H. 1968. *The Caecilians of the World: A Taxonomic Review*. University of Kansas Press, Lawrence.

- TRUEB, L. 2006. Evolution of amphibian the skull. Copeia, Book reviews, 578-579.
- ULLOA, G., MEDRANO, S. 2000. Conservación, Uso y Manejo de La Fauna Silvestre: En: Primer Congreso Colombiano de Zoología Bogotá Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- WAKE, M. H. 1994. Caecilians (*amphibia: gymnophiona*) in captivity. En J. B. Murphy, K. Adler & J. T. Collins (eds.) captive management and conservation of amphibian reptiles. Society for the study of the reptiles and amphibians, Ithaca (New York).1994; 223-228.
- WAKE, M. H. 1972. Evolutionary morphology of the caecilian urogenital system. Part IV. The cloaca. J. morphology 136, 353-366.
- WAKE, M. H. 1992b. Morphology, the study of the form and function, in modern evolutionary biology. In Futuyma, D., Antonovics, J. (eds). Oxford Surveys in evolutionary biology. Oxford University press, New Cork, 289-346.
- WILKINSON, M. 1996. The taxonomic status of the Typhlonectes venezuelense: fuhrmann (*amphibian:gymnophiona: typhlonectidae*). Herpetological Journal 6:30-31.
- WILKINSON, M., NUSSBAUM, R. A. 1995. Don't hold your breath. Nature, 77: 678-679.
- WILKINSON, M., NUSSBAUM, R. A. 1999. Evolutionary relationships of the lungless caecilians Atretochoana eiselti (*Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae*). Zool. J. linn. Soc. 126, 191-223.
- WILKINSON, M., SHEPS, J. A., OOMMEN, O. V., COHEN, B. L. 2002. Phylogenetic relation of indian caecilians (*Amphibia: Gymnophiona*) inferred from mitochondrial rRNA genes sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 23: 401- 407.
- WORTLY, A. H., SCOTLAND, R. W. 2006. The effect of combining molecular and morphological data in publishing phylogenetic analyses. Systematic Biology 55 (4): 677-686.
- ZARDOYA, R., MEYER, A. 2000. Mitochondrial evidence on the phylogenetic position of caecilians (*Amphibia: Gymnophiona*). Genetics 155, 765-775.

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
HERNÁNDEZ-CUADRADO, E. E. y VARGAS ZAPATA, C. L. Estudio morfológico descriptivo y sexaje de <i>Typhlonectes natans</i> (Amphibia: Gymnophiona). <i>Revista Tumbaga</i> (2007), 2, 25-39	Día/mes/año 21-04/2007	Día/mes/año 09/08/2007