

# ARTICULOS TÉCNICOS



**Historia de vida de *Typhlonectes natans* (Amphibia: Gymnophiona)  
en América del Sur: aplicaciones potenciales**  
***Life history of *Typhlonectes natans* (Amphibia: Gymnophiona)  
in South America: potential applications***

Ever Edrey Hernández-Cuadrado<sup>\*1</sup>, Carmiña Vargas Zapata<sup>1</sup>, Douglas Hernández-Vélez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Biología de Nutrientes, Línea Fauna Silvestre-Universidad del Atlántico, Km. 7 Antigua Vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia.

<sup>2</sup>Escuela Normal Superior La Hacienda, Barranquilla, Colombia.

\* Programa de Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad del Tolima. Laboratorio de Herpetología y Eto-Fisiología, Laboratorio de Investigaciones en Zoología (Labinzo), Universidad del Tolima.

[ecuadra@ut.edu.co](mailto:ecuadra@ut.edu.co)

## Resumen

Se reportan datos actualizados de la historia de vida de *Typhlonectes natans* en Suramérica. *T. natans* es una especie acuática, de costumbres fosoriales en condiciones ambientales de extrema sequía. Esta especie es vivípara, con un período de gestación de aproximadamente 31 semanas con camadas de hasta seis neonatos, alcanza la madurez sexual sobre los 38 cm de talla, presenta dimorfismo sexual, los machos poseen la cola más redondeada que las hembras y un órgano copulador espiculado. Las lluvias son un desencadenante de los nacimientos. *T. natans* consume alevinos, renacuajos, insectos y posiblemente lombrices de tierra y restos de animales, especialmente peces. El sentido del olfato es esencial en la captura de sus presas y la comunicación intraespecífica. El tegumento y la visión complementan su capacidad de comunicación química y funciones ecológicas en los ríos y sistemas cenagosos de Suramérica. Los principales predadores de esta especie en Colombia son caimán (*Crocodylus fuscus*), *Lithobates catesbeianus* y *Symbranchus marmoratus*. La reacción típica de esta especie ante cualquier amenaza es la secreción cutánea de una sustancia urticante con potencial promisorio en la industria farmacológica, pues es usada empíricamente como agente antimicótico en algunos asentamientos humanos en el Departamento del Atlántico. Es desconocido el estado actual de las poblaciones de *T. natans*, pero se reporta una extracción continua de los cuerpos de agua donde habita, por lo que es relevante el desarrollo de políticas de conservación y de programas de zootecnia con base en los datos conocidos de su biología para un uso racional de este recurso faunístico.

**Palabras Clave:** *alimentación, desarrollo, hábitos, predación, reproducción, zootecnia.*

## Abstract

Updated information about the life history of *Typhlonectes natans* in South America is reported. *T. natans* is an aquatic species, although it can exhibit fosorial behaviour in environmental conditions of extreme drought. This species is viviparous, with a gestation period of around 31 weeks with litters until six newborns, it reaches the sexual maturity at 38 cm of length and displays sexual dimorphism, males have a more roundside tail than females and a spicled copulator organ. The rains lead births. *T. natans* consume alevines, tadpoles, insects and possibly earthworms. The smell sense is essential in the capture of prey's capture and intraspecific communication. The tegument and the vision complement their ecological capacity of chemical communication and functions in the rivers and marshes of South America where it lives. Their natural predators of this species in Colombia are Caiman (*Crocodylus fuscus*), *Lithobates catesbeianus* and *Symbranchus marmoratus*. The typical reaction of this specie to any threat is a cutaneous secretion of an irritant substance that apparently has a promissory potential in the pharmacological industry, because it is used empirically as antifungal agent in some places in the Department of Atlántico, Colombia. The current state of *T. natans* populations is unknown, but it is reported a continuous extraction from the water bodies where it lives, which explains the need of development of conservation policies and captivity raise programs based on its biology for a rational use of this faunal resource.

**Key words:** *behaviour, captivity raise, development, feeding, predation, reproduction.*

## Introducción

La subfamilia Typhlonectinae cuenta con 14 especies de cinco géneros (Frost et al., 2006), tres de las cuales son encontradas en Colombia (*Potomotyphlus kaupii*, *Typhlonectes natans* y *T. compressicaudus*; Acosta, 2000). *T. natans*, también llamada “culebra ciega”, ha sido catalogada como de hábitos acuáticos (Summer, 1996; Kowalski, 1999; Gower y Wilkinson, 2005), se encuentra en toda la cuenca del río Magdalena y se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1000 m de altitud (Lynch, 1999); recientemente se reporta en alturas hasta las 1250 m en el departamento del Tolima (los autores). También ha sido reportado para la zona noroccidental de Venezuela (Wilkinson y Nussbaum, 1999). Esta especie es vivípara y carente de cinturas pélvica y escapular (Wilkinson y Nussbaum, 1999).

Debido a la dificultad de identificación de las dos especies del género *Typhlonectes*, se ha recomendado el conteo de los denticulos de la cloaca (Wilkinson, 1996). *T. compressicaudus*, o “cecilia de cayena”, presenta diez denticulaciones en el círculo cloacal, en comparación a *T. natans* la cual presenta nueve (Lynch, 1999). Sin embargo, poca información es encontrada sobre estas especies, principalmente sobre su historia de vida, a pesar de la preocupación mundial por la disminución de la población de anfibios (Renner, 2002; Stuart et al., 2004), tal como los typhlonectidos (Gower y Wilkinson, 2005) y especialmente los de vida acuática (Santos-Barrera, 2004). Los anfibios del género *Gymnophiona* han sido poco estudiados (Jenkins y Waish, 1993; San Mauro et al., 2004), por varias razones: 1) forma de vida usualmente fosorial o subterránea (Funk et al., 2004), 2) difícil acceso a las zonas de pantanos o humedales donde habitan, 3) baja diversidad de especies en el país en comparación con los anuros, aunque existen más especies del orden *Gymnophiona* que de salamandras (Bernal, 2002).

Por las razones antes anotadas, urgen estudios adicionales sobre los aspectos taxonómicos, distribución, comportamiento, fisiología, anatomía, morfología e historias de vida. Estos estudios son importantes para mitigar la extinción de los anfibios por conductas humanas inadecuadas que llevan a fenómenos como el cambio climático (Donnelly y Crump, 1998; Carey et al., 2001), afecciones parasitarias por hongos (Kaiser, 1998; Cummer, 2005), virus o tremátodos (Santos-Barrera, 2004), fragmentación y contaminación de hábitats (Renner, 2002; Broomhall, 2004) e introducción de especies exóticas (Schlaepfer et al., 2005). Otra amenaza para estas especies es el comercio ilegal, ya que *T. natans* es vendido como “pez raro” para el mercado local e internacional (Rueda-Almonacid et al., 2004).

A pesar que en Colombia existe un alto número de

especies de la subfamilia Typhlonectinae reportadas, la información sobre estos taxones es muy precaria, pero actualmente se ha incrementado el interés en su estudio (Zardoya y Meyer, 2000; Wilkinson et al., 2002; Lötters, 2003; Measey y Di-Bernardo, 2003; Das, 2005; Matsui et al., 2006). En *T. natans* también existe poca información sobre los mecanismos de respiración pulmonar (Gardner, 1996; Prabha, 1996; Boyle, 1996), sistema inmune-hormonal (Ebersole, 2000; Ebersole y Boyd, 2000), taxonomía (Lynch, 1999), locomoción (Summer, 1996) y mantenimiento en cautividad (Kowalski, 1999).

La historia de vida es importante para conocer los factores bióticos y abióticos que producen estrés y que juegan un papel preponderante en estas especies (Roe et al., 2006), dado que en la mayoría de los casos dicho aspecto es desconocido para las cecilias (Funk et al., 2004). El objetivo del presente estudio fue realizar una compilación del conocimiento actual de la historia de vida de *T. natans* basada principalmente en datos empíricos producto de observaciones, experimentos y revisión de la literatura existente.

## Recolección de información

La información presentada en este estudio proviene de múltiples ensayos propios y de investigadores en Colombia y otras partes del mundo. El área de distribución de la especie se observa en la Figura 1. La mayor parte de la información proviene de investigaciones de campo y condiciones de cautiverio de más de cinco años con más de 500 especímenes capturados en el complejo lagunar del municipio de Malambo en el Departamento del Atlántico, Colombia. Las capturas se realizaron con el método de “camas de Eichornia” propuesto por Hernández-Cuadrado y Rodríguez (2006). A cada individuo se le registró el peso, la longitud total, el número de surcos corporales primarios (promedio) y la circunferencia corporal. Los experimentos se enfocaron en aspectos tales como reproducción, fisiología, comportamiento, alimentación, desarrollo ontogénico, predación, hábitos subterráneos y respuesta a factores estresantes. Estos enfoques son de primordial importancia para la implementación de programas de zootecnia y conservación, dada la limitación de los recursos que se extraen del medio natural.

## Conocimiento actual de la biología de *T. natans*: reproducción y desarrollo ontogénico

Los machos sexualmente maduros de *T. natans* presentan un peso y talla mínimos de 40 g y 38 cm,

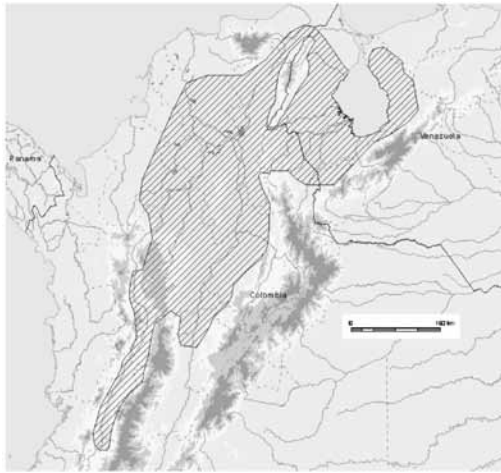


Figura 1. Distribución de *T. natans* en Suramérica

respectivamente, y 86 a 94 surcos corporales primarios. Las hembras tienen 48,7 g y 48,0 cm de peso y talla mínimos y 86-93 surcos primarios. La proporción de sexos es de tres hembras por un macho, información importante para la reproducción de la especie en cautiverio y su eventual comercialización (Hernández-Cuadrado y Vargas, 2007). Además, los requerimientos de espacio e infraestructura en cautiverio para esta especie son mínimos (Hernández-Cuadrado y Rodríguez, 2006), ya que 28 ejemplares pueden ser mantenidos en un tanque plástico de 0,90 m de diámetro y 1,0 m de altura.

Las denticulaciones de la cloaca y el órgano copulador del macho, el cual es ensanchado y con espículas, son de gran ayuda en la cópula (Hernández-Cuadrado y Vargas, 2007). Es posible observar ejemplares copulando a finales de marzo y mediados de abril en su hábitat natural y en cautiverio. La duración del período de gestación promedio encontrado fue de 31 semanas, similar al sugerido por Herrman (1994). En este tiempo, la hembra aumenta aproximadamente dos tercios de su grosor original y el doble o más de su peso, ya que la metamorfosis completa de las crías se da en el interior de la hembra. Por esta razón, *T. natans* es un anfibio vivíparo y es probable que las hembras estén provistas de modificaciones tegumentarias para la alimentación de las larvas, como ha sido reportado para la cecilia *Boulengerula taitanus* (Kupfer *et al.*, 2006).

La reproducción de otros cecilidos puede ser estacional, tal como lo ha indicado Funk *et al.* (2004), ya que las cópulas se presentaron en época seca y los partos en época lluviosa. Similar patrón ha sido encontrado en la serpiente acuática *Helicops leopardinus* en Brasil (Ávila *et al.*, 2006). Esto sugiere que los ciclos reproductivos de algunos ectotermos (vivíparos u ovovivíparos) que viven en zonas pantanosas neotropicales están fuertemente influidos por los cambios climáticos de sus hábitats. En el modelo biológico del presente estudio es necesario profundizar en la determinación de los efectos

de los cambios climáticos sobre su reproducción, ya que su desarrollo ovocitario es asincrónico.

Antes del parto, en esta especie es posible observar los movimientos de las crías en el interior de la hembra gestante. Las crías al nacer, en número de cuatro a seis, pesan de 15 a 20 g y miden entre 12 y 14,5 cm; salen por la cloaca ayudadas por sus propios movimientos y las contracciones musculares de la hembra. Los neonatos nacen en forma cefálica o caudal, con una membrana blanca alrededor de la cabeza y nadan en la superficie. La membrana cefálica se cae espontáneamente al cabo de tres días a una semana y es indicadora de nacimientos recientes en el medio natural. El manejo de los neonatos en cautiverio es difícil, ya que son muy susceptibles a sufrir afecciones cutáneas, similares a máculas grisáceas y redondeadas que alcanzan a perforar la piel, siendo este el principal factor de mortalidad. Esta afección puede ser debida a la baja producción de toxinas de las células de la piel en ese estadio de desarrollo, ya que en adultos esta enfermedad es rara posiblemente debido a la capacidad de respuesta de su sistema inmune (Ebersole y Boyd, 2000), similar al sistema glandular antipredador de ciertos urodelos (Hecker *et al.*, 2003); pero la elevada tasa de mortalidad neonatal puede ser el efecto de una afección por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* como lo reporta la literatura para los anuros (Bosch, 2003; Ron, 2005). Este patógeno se creía exclusivo de ambientes acuáticos, pero recientemente ha sido reportado en la salamandra *Plethodon neomexicanus* (Cummer *et al.*, 2005), haciendo vulnerable a los anfibios en sus fases acuática y terrestre. Los neonatos de *T. natans* pocas veces toman alimento durante la primera semana de vida y es difícil su alimentación después de este tiempo, llegando a morir también por esta causa. Se desconoce este comportamiento en el ambiente natural. El grosor de la hembra luego de los nacimientos queda reducida a más de la mitad y en un estado de “ataxia postparto” durante cerca de dos horas, tiempo después del cual toma abundante alimento, ingiriendo incluso los tejidos expelidos al nacer de las crías.

## Alimentación

A pesar que se conoce poco sobre muchos aspectos ligados a la alimentación de esta especie (Larsen, 1992), parece ser que su olfato tiene un papel importante en esta función (Hernández-Cuadrado y Vargas, 2005). Cuando se les ofrece alimento, los animales incrementan sus movimientos, van a la superficie y luego descienden, palpan con la cabeza y finalmente toman el alimento. La capacidad olfatoria ha sido estudiada en urodelos (Kauer, 2002), pero no en los Gymnophiona como *T. natans*. Generalmente, esta especie se alimenta poco durante el día, tal como algunos peces linguados de

hábitos nocturnos (Phena-Guedes *et al.*, 2004), y raras veces ingieren carne de res o embutidos a no ser que esté en un prolongado ayuno. Por tanto, se sugiere que el mejor alimento para estos animales es la carne de pescado, lo cual se suma a lo reportado por Kowalski (1999), quien menciona que éstos también consumen lombrices de tierra y gusanos; esto último soporta el reciente reporte de los hábitos fosoriales en *T. natans*.

Se ha encontrado que una dieta compuesta mayormente por carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*) suple en gran medida las necesidades nutricionales de *T. natans* (Hernández-Cuadrado y Vargas, 2006; Royo *et al.*, 2007). Las “culebras ciegas” en su medio natural consumen restos de otros animales, lo cual contrasta con las costumbres de otros anfibios que consumen exclusivamente presas vivas como algunos urodelos (Whiles *et al.*, 2004). *T. natans* en su estadio adulto también captura presas vivas, pues en una prueba de inanición a que fueron sometidos algunos animales adultos, consumió pequeños peces introducidos. Igualmente, se han encontrado culebras ciegas consumiendo las vísceras de peces capturados con trasmallos. Así mismo, se observó en el contenido estomacal de esta cecilia renacuajos del sapo común (*Rhinella marina*), larvas y diminutos alevinos de *O. niloticus*, *Prochilodus magdalenae* y otras especies de peces e invertebrados no identificados, pues se hallaron alas maceradas de insectos y otro material no reconocido. Esta afirmación está en concordancia con lo expresado por Bernal (2002) quien plantea que los *Gymnophiona* en su dieta incluyen termitas e insectos.

A pesar que la dentadura de esta especie es relativamente especializada para retener y cortar, la fuerza de sus mandíbulas es decisiva al momento de atrapar y desgarrar sus presas y depende del tamaño del proceso retroarticular y el ángulo formado (Summer y Wake, 2005). Las circunstancias y estrategias de captura de presas de esta especie se desconocen, pero es posible que el sentido hidrodinámico (línea lateral) conocido en los peces y anfibios acuáticos (Montgomery *et al.*, 2002) juegue un papel relevante asociado a la visión y el olfato. Este último mecanismo se ha estudiado significativamente en salamandras, en las cuales se vincula con un complejo bloque que abarca epitelio olfatorio asociado al sistema nervioso, canales de membranas y comportamiento (Kauer, 2002). Este tema es de gran relevancia para el incremento de la productividad a nivel comercial y debería ser afrontado mediante futuros estudios científicos que profundicen en tal sentido.

## Predación

*Symbranchus mormoratus* es un predador circunstancial de *T. natans* en cautiverio, aunque posiblemente no en el hábitat natural, debido a la diversidad implícita de

la oferta alimentaria, la profundidad de los humedales, su extensión y cobertura vegetal. Otros predadores de este *Gymnophiona* suramericano son *Lithobates catesbeianus* (Daza y Castro, 1999), reportado en el suroccidente colombiano y *Caiman (Crocodylus fuscus)*, el cual es un predador frecuente en los sistemas cenagosos de la parte baja del valle del Río Magdalena. Se cree que la tasa de predación sobre *T. natans* por parte de las tres especies de ectotermos antes mencionados es baja, debido a la capacidad de retracción de la cabeza, la respuesta de escape (Ward y Azizi, 2004) y su gran habilidad natatoria. Sin embargo, se sugiere profundizar en el estudio de las estrategias de caza empleadas por los predadores citados y la diversidad en su dieta (Vamosi, 2005).

## Respuesta al estrés

El rango óptimo de temperatura de esta especie es de 28 a 33°C, tal como lo reporta Brattstrom (1968) para anuros y Fry *et al.* (1946) para otros ectotermos. Uno de los factores estresantes para *T. natans* es la alta temperatura del agua (>34°C), lo cual es evitado mediante estrategias de comportamiento como ubicarse debajo de la vegetación acuática, concordando con lo encontrado por Hutchison y Dupré (1992). Los patrones de comportamiento son alterados a registros térmicos críticos entre 34°C y 38.5°C. Los movimientos faríngeos de ventilación se aceleran y las secreciones cutáneas aumentan, llegando a morir después de un par de horas. Bajo condiciones experimentales ocurre lo mismo (DeVries y Wainwright, 2006), causando drásticos cambios plasmáticos y musculares, lo cual confirma la vulnerabilidad metabólica de los ápodos ante alteraciones climáticas, tal como el cambio climático global (Donnelly y Crump, 1998; Hulme, 2005). El incremento de la radiación ultravioleta causada por la reducción del ozono estratosférico afecta grandemente a los anfibios desde los inicios de su desarrollo ontogénico (Anzalone *et al.*, 1998). *T. natans*, por ser vivíparo, posee una ventaja adaptativa en cuanto a la protección de las crías, en comparación a otros ectotermos y cordados cuyas larvas sufren metamorfosis expuestas a las fluctuaciones directas de su medio, pudiendo padecer malformaciones (Pennati *et al.*, 2006) y otras alteraciones fisiológicas en especies acuáticas (Fernández-Hori *et al.*, 2006) por causa de alteraciones ambientales como los residuos agrícolas. Los individuos de este typhlonectido sufren una deshidratación bastante rápida cuando se encuentran fuera del agua, debido a la escasa queratinización de su piel (Wake, 1994). De igual manera, estudiar la fisiología del buceo en *T. natans* ayudaría a entender mejor los posibles efectos adversos de incrementos de la temperatura en los sistemas cenagosos donde habita. Bernal y Lüddecke (2001) encontraron que el tiempo de buceo de *Hyla labialis* disminuye con

el incremento de la temperatura del agua, señalando alteraciones metabólicas significativas.

La especie estudiada es altamente sensible a factores estresantes como la vibración, lo cual concuerda con lo expresado por Ward y Azizi (2004). Además, los especímenes se agrupan en sitios alejados de la perturbación y secretan *mucus* por la piel, sustancia que posiblemente es usada para repeler predadores y para comunicación intraespecífica, como en algunas salamandras (Hecker *et al.*, 2003) y anuros (Waldman y Bishop, 2004). Este fenómeno de escape podría estar reflejando la funcionalidad del tegumento ante amenazas inminentes y como complemento de su visión limitada, lo cual podría indicar un mecanismo evolutivo como en invertebrados (Mcpeek, 1999). El exudado tegumentario o *mucus* es urticante y posiblemente sea usado contra algunos predadores en el medio natural, tal como lo hacen algunos anuros de la familia Dendrobatidae. Esta sustancia puede tener potencial farmacológico similar a las excrecencias cutáneas de *Rana tsushimensis* (Conlon *et al.*, 2006) y *Phyllomedusa hypochondrialis* (Conceição *et al.*, 2006), lo cual abre la posibilidad de aplicaciones terapéuticas.

Por otro lado, aunque estos typhlonectidos viven en un ambiente con pH ácido (5,0) y aguas blandas (Wake, 1994), pueden tolerar una menor acidez hasta la neutralidad (5,0 a 7,0). Sin embargo, esta especie puede ser afectada por contaminantes en el agua, a pesar que éstos podrían ser neutralizados por esos registros de pH (OEA, 2005) como en la mezcla del herbicida glifosato. No obstante, todo parece indicar que el responsable del efecto tóxico sobre anuros de compuestos como el glifosato es el agente surfactante que posee (Mann y Bidwell, 1999), de acción parecida a los detergentes vertidos por las industrias y el sector residencial cercanos al Complejo Lagunar de Malambo donde habita *T. natans*. Debido a la gran cantidad de vertimientos que reciben los hábitats de esta especie en Colombia y Venezuela, es posible que su historia de vida (ciclo reproductivo, tasas de crecimiento y desarrollo) se vean afectados (Young *et al.*, 2001).

*T. natans* huye a la incidencia de luz tanto en su medio natural como en cautiverio, lo que refleja la funcionalidad de su sistema visual mediante fotorreceptores (Bernal, 2002), fenómeno que había sido estudiado en anuros (Chen *et al.*, 2005) e invertebrados (Felisberti *et al.*, 1997) pero no en el orden Gymnophiona. La arquitectura de los ojos de este anfibio es de tipo cámara, la cual es característica de vertebrados (Ghering, 2001), sugiriendo que la cubierta cutánea ocular cumple la función de membrana protectora (nictitante) presente en algunos anuros y reptiles durante el buceo. Además, esta cubierta cutánea protege las órbitas oculares en su forma de vida fosorial, en la que igualmente participa su cráneo compacto.

## Hábitos acuático-fosoriales

Se comprobó los hábitos subterráneos de esta especie durante la época seca en el Neotrópico, encontrando en estos estudios que *T. natans* es una especie fosorial “obligada” en estas condiciones. Este comportamiento es utilizado por algunos animales como los moluscos, para tolerar condiciones ambientales severas (Brooks y Storey, 1997) y en anuros, como *Ciclorana albogutata* (Hudson y Franklin, 2002). Sin embargo, la condición de sistema pulsátil del Complejo Lagunar de Malambo (Tatis, 2005) hace suponer que este anfibio utiliza poco esta estrategia mixta (activo-pasiva). Esto se infiere porque este humedal aún durante la época de no-lluvia, conserva unos niveles considerables que hacen pensar en la utilización del modo de vida acuática durante todo el año o gran parte de éste. Dicho planteamiento cobra importancia si se tiene en cuenta que el fenómeno de la estivación conlleva unas exigencias funcionales y comportamentales especiales. Dos de éstas exigencias son el cubrimiento de los requerimientos energéticos de base y la anoxia, través de un ajuste glicolítico-enzimático-fosforilativo (Brooks y Storey, 1997). A pesar de la gran exigencia metabólica que representa una fase subterránea, estos cambios no son sustanciales en *T. natans*, por lo menos en su peso, circunferencia corporal y aspecto general, tal como lo reportaron Hudson y Franklin (2002) en la capacidad muscular de *Ciclorana albogutata*.

En conclusión, dadas las características hasta el momento conocidas de la historia natural de *T. natans*, puede afirmarse que es una especie de anfibio con un potencial promisorio en la zootría con fines comerciales, científicos y de conservación. Esto es trascendente por su ubicación clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas cenagosos de la cuenca del Río Magdalena y en los drenajes de los ríos que desembocan en el lago de Maracaibo en Venezuela. No obstante, es indispensable profundizar en los aspectos superficialmente conocidos de la biología de la especie y la exploración de otros tópicos totalmente ignorados como la alometría, caracterización de exudados cutáneos, estado actual de las poblaciones a lo largo de su área de distribución, capacidad de ajustes metabólicos frente a variaciones ambientales locales y globales, entre otros. Se hace especial énfasis en la optimización del manejo de la especie en los estadios iniciales del desarrollo ontogénico, dada la alta tasa de mortalidad por afecciones cutáneas. Los factores críticos en el manejo de los neonatos son la temperatura del agua, alimentación, pH del agua y otros factores generadores de estrés relacionados con el manejo *ex situ*.

Los factores bióticos y abióticos críticos a tener en cuenta y mejor conocidos a la fecha para una adecuada explotación en confinamiento de *T. natans* son la temperatura y calidad del agua, ciclo reproductivo según régimen

climático, proporción de sexos, estado nutricional, pH, intensidad lumínica y comportamiento fosorial. El mejor alimento en cautiverio para *T. natans* es una dieta a base de carne de pescado, ofrecida dos o tres veces por semana, pudiendo suplementarse con otros productos para mejores resultados, previos estudios. Los bajos costos en infraestructura y mantenimiento garantizan la productividad y sostenibilidad en el tiempo de una explotación comercial de este anfibio. En consecuencia, y de acuerdo con los datos biológicos de *T. natans*, este taxón presenta un importante potencial para la zootecnia, industria farmacéutica, mercado internacional de mascotas, como modelo biológico para investigaciones científicas y otros usos comerciales a explorar en el mundo actual, desde la perspectiva de la sustentabilidad de los recursos biológicos.

## Agradecimientos

A Jhonny Molina del Laboratorio de Zoología de Vertebrados de la Universidad del Atlántico. Un especial agradecimiento al profesor Hernán Torres Yanguas y a los evaluadores anónimos que enriquecieron con sus críticas pertinentes la versión final del manuscrito. A Rafael Borja Acuña por plantear la necesidad de adelantar estudios en el orden Gymnophiona. A los colegas Jesús María Hernández y Adriana Reyes por su ayuda espontánea en algunas fases del desarrollo del presente trabajo. El primer autor también expresa un especial agradecimiento a la Dra. Amparo Vélez Orozco, a los jovencitos Douglas y Yezid Hernández, por la paciencia durante la investigación. Un agradecimiento especial a la Dra. Vilma Holguin Castaño por su loable labor al frente de este medio de difusión científica. Finalmente, a la Asociación de Pescadores del Municipio de Malambo, Departamento del Atlántico.

## Referencias Bibliográficas

- Acosta, A. R. Ranas, salamandras y cecilias (Tetrapoda:Amphibia) de Colombia. *Biota Colombiana*. 2000 ;1 (3) 289-319.
- Anzalone, C. R., Kats, L. B., Gordon, M. S. Effects of solar UV-B radiation on embryonic development in *Hyla cadaverina*, *Hyla regilla*, and *Taricha torosa*. *Conservation biology*. 1998, Vol. 12, 646-653.
- Ávila, R. W., Ferreira, V. L., Arruda, J. A. O. Natural history of the South American water snake *Helicops leopardinus* (Colubridae: Hydrophini) in the Pantanal, central Brazil. *Journal of herpetology*. 2006; vol. 40, No. 2, 274-279.
- Bernal, M. H.. Ranas y sapos del municipio de Ibagué. Universidad del Tolima-Cortolima. 2002. 79 p.
- Bernal, M. H., Luddecke, H. Effects of water temperature and body size on dive time of the Andean frog *Hyla labialis*. *Amphibia-Reptilia*. 2001. 22: 373-377.
- Bosch, J. Nueva amenaza para los anfibios: enfermedades emergentes. *Dinostia- San Sebastian*. 2003. Suplemento, No. 16, 55-71.
- Boyle, S. Effects of body temperature and hydrostatic pressure on pulmonary surfactant of an apoda Amphibia, *Typhlonectes natans*. Thesis M.Sc. The University of Texas at Arlington, USA. 1996.
- Brattstrom, B. Thermal acclimation in anuran amphibians as a function of latitude and altitude. *Comp. biochem. Physiol*. 1998. 24, 93-111
- Brooks, S. P. J., Storey, K. B. Glycolytic controls in estivation and anoxia: A comparison metabolic arrest in land and marine molluscs. *Comparative biochemistry and physiology part A: physiology*.1997. vol. 118, issue 4, 1103-1114.
- Broomhall, S. D. Egg temperature modifies predator avoidance and the effects of the insecticide endosulfan on tadpoles of an Australian frog. 2004.
- Carey, C., Heyer, W. R., Wilkinson, J., Alford, R. A., Arntzen, J. w., Halliday, T., et al. Amphibian declines and environmental change: use of remote-sensing data to identify environmental correlates. *Conservation biology*. 2001. vol. 15, No. 4, 903-913.
- Chen CH, Tsina, E, Cornwall MC, Crouch, RK, vijayaraghava, S, Koutalos Y. Reductions of All-trans retinal to all-trans retinol in the outer segments of frog and mouse rods photoreceptors. *Biophysical journal*. 2005. Vol. 88, 2278-2287.
- Conceição, K., Cono, K., Richardson, M., Antoniazzi, M. M., Pared, C., Daffre, S., Camargo, A. C. M., Pimenta, D. C. Isolation and biochemical characterization of peptides presenting antimicrobial activity from the skin of *Phyllomedusa hipochondrialis*. Peptides, accepted 9 August 2006.
- Conlon, J. M., Al-Ghaferi, N., Abraham, B., Sonnevend, A., Coquet, L., Leprince, J., Jouenne, T., Vaudry, H., 2006. Antimicrobial peptides from the skin of the tsushima brown frog *Rana tsushimensis*. *Comparative biochemistry and physiology part. C* 143, 42-49.
- Cummer MR, Green, DE, O'Neill EM. Aquatic chytrid pathogen detected in terrestrial plethodontid salamander. *Herpetological review*. 2005. 36 (3), 248-249.
- Das, Nomenclatural notes on a caecilian (Amphibia: Gymnophiona) name. *Herpetological review*. 2005. 37 (2), 154.
- Daza JD, Castro F. Hábitos alimenticios de la rana toro (*Rana catesbeiana*) Anura: Ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia. *Rev. Acad. Coloma. Cienc.: Volumen XXIII, suplemento especial*.1999. 265- 274p.
- DeVries MS, ainwright PC. The effects of acute temperature change on prey capture kinematics in Largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Copeia*.2006. 3, 437-444.
- Donnelly MA, Crump ML. Potential effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages. *Climatic change*. 1998. 39: 541-561.

- Ebersole TJ, Boyd SK. Immunocytochemical localization of Gonadotropin-releasing hormones in the brain of a viviparous caecilian amphibian, *Typhlonectes natans* (Amphibia: Gymnophiona). Brain, behavior and evolution. 2000. 55: 14-25.
- Ebersole, T. J. Characterization of Hypothalamic-pituitary-gonadal axis in a caecilian amphibian, *Typhlonectes natans*. Dissertation Ph.D. University of Notre Dame, USA. 2000.
- Felisberti F, Ventura DF, Hertel H. Cerebral extraocular photoreceptors in beetles. Comparative biochemistry and physiology part A: Physiology. 1997. Vol. 118, issue 4, 1353-1357.
- Fernandes-Horti T. S, Marchionni-Avilez I, Kioshi\_Inoue L, Moraes G. Metabolic changes induced by chronic phenol exposure in *Matrinxa Brycon cephalus* (teleostei: characidae) juveniles. Comparative biochemistry and physiology, part. C. 2006. 143, 67-72.
- Frost DR, Grant T, Faivovich J, Bain RH, Haas A, Haddad CF, et al., The amphibian tree of life. Bulletin of the american museum of natural history. 2006. Number 297, 370 p.
- Fry FE, Hart JS, Walker KF. Lethal temperature relations for a sample of young speckled trout, *Salvelinus fontinalis*. Univ. Toronto. Stud. Biol. Ser. 54. Ontario Fish. 1946. Res. Lab. Publ. 66: 9-35.
- Funk WC, Fletcher-lazo C, Nogales-Sornosa, F., Almeida-Reinoso, D. First description of a clutch and nest site for the Genus *Caecilia* (Gymnophiona: Caeciliidae) Herpetological review. 2004. 35(2) 128-130.
- Gardner MN. Ventilatory responses in *Typhlonectes natans* to changing aerial aquatic gas tensions. Thesis M.Sc. The University of Texas at Arlington, USA. 1996.
- Ghering WJ. The genetic control of eye development and its implications for the evolution of the various eye-types. 2001. Zoology 104, 171-183.
- Gower DJ, Wilkinson, M. Conservation biology of Caecilian amphibians. Conservation biology. 2005. review, volume 19, No. 1, 145-155.
- Hecker L, Madison DM, Dapson RW, Holsherr V. Presence of modified serous glands in the caudal integument of the Red-Backed salamander (*Plethodon cinereus*). Journal of Herpetology. 2003. Vol. 37, No. 4, 732.
- Hernández-Cuadrado E., Vargas C. 2007. Rasgos Morfológicos y sexaje en *Typhlonectes natans* (Amphibia: Gymnophiona). Revista Tumbaga. 2007. 2, 25-39.
- Hernández-Cuadrado E, Rodríguez A.J. 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. 2006.
- Hernández-Cuadrado E., Vargas C. 2006. Comparación de Índices Sanguíneos de *Typhlonectes natans* (Gymnophiona: Typhlonectidae) Extraídos del Hábitat Natural y en Cautiverio. En: memorias XLI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Quibdó, Chocó-Colombia.
- 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.
- 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.
- Hudson, N. J., Franklin, C. E. 2002. Effect of aestivation on muscle characteristics and locomotor performance in the green-striped burrowing frog, *Cyclorana alboguttata*. J. comp. physiol. 172, 177-182.
- Hulme, P. E. 2005. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? Journal of applied ecology 42, 784-794.
- Hutchison V. H., Dupré, R. K. 1992. Thermoregulation. In: environmental physiology of the amphibians. Feder M.E. & Burggren W. W. (eds.), chapter 9, 205-249.
- Jenkins, F. A., Waish, D. M. 1993. An early jurassic caecilian with limbs. Letters to nature. Nature vol. 365, 246-250.
- Kaiser, J. 1998. Fungus may drive frog genocide. Tomo 281, No. 5373, 23 pp.
- Kauer, J. S. 2002. On the scents of smell in the salamander. Nature, vol. 417, 336-441.
- Kowalski, E. 1999. *Typhlonectes natans*, cuidados y mantenimiento en cautividad de la Cecilia del río cauca. Reptilia No. 30: 55-60.
- Kupfer, A., Maraun, M. 2003. Gymnophiona. Herpetological review 34 (3), 226.
- Kupfer, A., Müller, H., Antoniazzi, M. M. 2006. Parental investment by skin feeding in a caecilian amphibian. Nature, tomo 440, No. 7086, 926 pp.
- Laresen, L.O. 1992. Feeding and digestion. In: environmental physiology of the amphibians. Feder M.E. & Burggren W. W. (eds.), chapter 13, 378-394.
- Lötters, S. 2003. *Boulengerula fischeri* Nussbaum and Hinkel, 1994 is objective junior synonym an a homonym of *Boulengerula fischeri* Nussbaum and Hinkel in Fischer and Hinkel, 1994 (Amphibia: Gymnophiona). Herpetological review 34(3) 211.
- Lynch, J. D. 1999. Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (Amphibia:Gymnophiona). Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Eísicas y Naturales 23 (suplemento especial) 317-337.
- Mann, R. M., Bidwell, J. R. 1999. The toxicity of glyphosate and several glyphosate formulations to four species of southwestern Australian frogs. Archives of environmental contamination and toxicology 36, 193-199.
- McPeck, M. A. 1999. Biochemical evolution associated with anti-predator adaptation in Damselflies. Evolution, vol. 53, No. 6, 1835-1845.
- 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.
- Measey, G. J., Di-Bernardo, M. 2003. estimating juvenile abundance in a population of the semiaquatic caecilians, *Chthonerpeton indistinctum* (Amphibia: Gymnophiona:Typhlonectinae) in southern Brazil. Journal of herpetology, Vol. 27, No. 2, 371-373.
- Montgomery, J. C., Macdonald, F., Backer, C. F., Carton, A. G. 2002. Hydrodynamic contributions to multimodal guidance of prey capture behavior in fish. Brain, behavior, and evolution 59: 190-198.
- Organización de Estados Americanos (OEA). 2005. Estudio de los efectos del programa de erradicación de cultivos ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos sobre la salud humana y en el medio ambiente. 143pp. Washington D.C, Estados Unidos de Norteamérica.
- 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.
- Pennati, R., Gropelli, S., Zega, G., Biggiogero, M., De Bernardi, F., Sotgia, C. 2006. Toxic effects of two pesticides, Imazalil and triadimefon, on the early development of the ascidian *Phallusia mammilata* (Chordata, Ascidiacea). Aquatic Toxicology 79, 205-212.
- Phena-Guedes, A. P., Araujo, F. G., Costa de Azevedo, M. C. 2004.



- Estratègia tròfica dos linguados *Citharichthys spilopterus* Günther e *Symphurus tessellatus* (Quoy & Gaimard) (Actinopterygii, Pleuronectiformes) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* V. 21, No. 4.
- Renner, R. 2002. Conflict brewing over herbicide's link to frog deformities. *Science*, tomo 298, No. 5595. Washington. 938 p.
- Roe, J. H., Hopkins, W. A., DuRant, S. E., Unrine, J. M. 2006. Effects of competition and coal-combustion wastes on recruitment and life history characteristics of salamanders in temporary wetlands. *Aquatic toxicology* 79, 176-184.
- Ron, S. R. 2005. Predicting the distribution of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in the new world. *Biotropica*, 37 (2): 209-221.
- Royo-Vargas, F., Hernández-pardo, J., Hernández-Cuadrado, E., Insignares, A., Vargas-Zapata, C. 2007. Descripción Tisular del Tracto Digestivo de *Typhlonectes natans* (Amphibia: Gymnophiona). *Revista Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, Vol. 19, suplemento 1, 85.
- Rueda-Almonacid, J. V., J. D. Lynch & A. Amézquita (Eds). 2004. Libro Rojo de los Anfíbios 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. p.
- San Mauro, D., Gower, D. J., Oommen, O. V., Wilkinson, M., Zardoya, R. 2004. Phylogeny of Caecilians Amphibians (Gymnophiona) based on complete mitochondrial genomes and nuclear RAG1. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 33, 413-427.
- Santos-Barrera, G. 2004. Enfermedades infecciosas en poblaciones de anfibios. *Biodiversitas*, Boletín bimestral de la comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. No. 56, 2-6.
- Schlaepfer, M. A., Sherman, P. W., Blossey, B., Runge, M. C. 2005. Introduce species as evolutionary traps. *Ecology letters* 8, 241-246.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E. 2004. Status and trend of amphibians declines and extinction worldwide. *Science*, tomo 306, No. 5702. Washington. 1783 p.
- Summer, A. 1996. A comparative study of locomotion in 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.
- Tatis, R. 2005. Producción primaria fitoplanctónica de un sistema pulsante neotropical: complejo lagunar de Malambo (Departamento del Atlántico). Tesis de pregrado. Universidad el Atlántico, Barranquilla, Colombia
- Vamosi, S. M. 2005. On the role of enemies in divergent and diversification of prey: a review and síntesis. *Canadian Journal of Zoology* 83: 894-910.
- Wake, M. H. 1994. Caecilians (Amphibia:Gymnophiona).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.
- Waldman, B., Bishop, P. J. 2004. Chemical communication in a archaic anuran amphibian. *Behavioral Ecology*, vol. 15, No. 1. 88-93.
- Ward, A., Azizi, E. 2004. Convergence evolution of the head retraction escape response in elongate fishes and amphibians. *Zoology* 107, 215-217.
- Wilkinson, M., Nussbaum, R. A. 1999. Evolutionary relationships of the lungless caecilian *Atretochoana eiselti* (Amphibia:Gymnophiona: Typhlonectidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 126: 191-223.
- Wilkinson, M. 1996. The taxonomic status of the *Typhlonectes venezuelense*: Fuhrmann (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae). *Herpetological journal* 6: 30-31.
- Wilkinson, M., Sheps, J. A., Oommen, O. V., Cohen, B. L. 2002. Phylogenetics relationships of Indian caecilians (Amphibia: Gymnophiona) inferred of mitochondrial rRNA gene sequences. *Molecular Phylogenetics and evolution* 23, 401-407.
- Young, B. E., Lips, K. R., Reaser, J. K., Ibáñez, R., Salas, A. W., Cedeño, J. R., Coloma, L. A., La Marca, E., Meyer, J. R., Muñoz, A., Bolaños, F., Chávez, G., Romo, D. 2001. Population decline and priorities for amphibian conservation in latin America. *Conservation biology* vol.15, No. 5, 1213-1223.
- Zardoya, R., Meyer, A. 2000. Mitochondrial evidence on the phylogenetic position of caecilians (Amphibia: Gymnophiona). *Genetics*, Bethesda, tomo 55, 765 p.