

HISTOLOGÍA DEL RIÑÓN DE LA BABA (CAIMAN CROCODILUS CROCODILUS)

Histology of the Spectacled Caiman Kidney (*Caiman crocodilus crocodilus*)

Francisco J. Cabrera A.^{*1} y Gisela C. García C.*

* *Cátedra de Histología y Embriología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay 2101A, estado Aragua, Venezuela*

Correo-E:francisco.cabrera@ucv.ve

Recibido: 05/08/09 - Aprobado: 11/12/09

RESUMEN

Tras haberse reportado similitudes estructurales entre las nefronas de dos especies de crocodílidos poco relacionadas taxonómicamente, pero con hábitat similar, *Caiman crocodilus crocodilus* y *Crocodilus acutus*, y con el fin de determinar si estas estructuras ofrecen a *C. c. crocodilus* cierta ventaja en su capacidad de adaptación al hábitat, se llevó a cabo el estudio histológico del riñón de nueve babas macho adultas y de una hembra adulta, usando las coloraciones Hematoxilina-Eosina y tricrómica de Mallory. Entre otros hallazgos, se demostró la existencia de estructuras histológicas que permiten sugerir la presencia del aparato yuxtglomerular en esta especie.

(Palabras clave: *Caiman crocodilus crocodilus*, Riñón, histología)

ABSTRACT

Structural similarities have been reported between the nephrons of two crocodilian species (*Caiman crocodilus crocodilus* and *Crocodilus acutus*) not taxonomically related, but with a similar habitat. A histological study of the kidney was conducted to determine if these structures give the *C. c. crocodiles* certain advantages in its capacity for adaptation to the habitat. Nine adult male and one adult female caimans were used in the study. Samples were stained with hematoxylin-eosin and Mallory's tricromic stains. The results of the present study reveal the presence of microscopic structures that suggest the existence of a juxtglomerular apparatus in this species.

(Key words: *Caiman crocodilus crocodilus*, Kidney, histology)

¹ A quien debe dirigirse la correspondencia (To whom correspondence should be addressed)

INTRODUCCIÓN

La especie denominada baba o caimán de anteojos (*Caiman crocodilus crocodilus*), ha sido estudiada debido a la facilidad de criarse en cautiverio (PROFAUNA, 1991), por su valor como fuente de proteína para el consumo humano (Vidaurreta, 2000) y por el valor de su piel para la fabricación de prendas suntuarias (Thorbjarnarson, 1999). A esto debemos añadir su posible valor farmacológico, por las cocodrilinas obtenidas del plasma sanguíneo de los cocodrilidos (Cupul-Magaña, 2003) y la factibilidad de utilizar a esta especie, como sugirió Dantzler (1980), como una vía para el estudio comparativo de la fisiología renal de los animales domésticos, en áreas en las cuales la compleja estructura histológica renal de los mamíferos y aves constituyen dificultades añadidas.

El sistema urinario de los reptiles está compuesto por dos riñones dispuestos uno en cada lado de la columna vertebral, a nivel de la fosa lumbar; posee dos uréteres, los cuales desembocan en la cloaca, salvo en aquellas especies que poseen vejiga urinaria. Los túbulos colectores corren en ángulo recto en relación al eje longitudinal del riñón, originándose en las caras dorso lateral y ventral de cada lóbulo, para unirse al uréter en el vértice ventro medial de estos (O'Shea *et al.*, 1993). Se han llevado a cabo descripciones anatómicas detalladas de los riñones de los lagartos (O'Shea *et al.*, 1993), quelonios (Solomon, 1985) y algunos cocodrilidos (Reese, 1915; Davis y Schmidt-Nielsen, 1967; Jin *et al.*, 1995; Rivero *et al.*, 2002). Sin embargo, con la excepción del *Crocodylus acutus* (Davis y Schmidt-Nielsen, 1967) la descripción de la estructura interna de los riñones es bastante vaga. La irrigación renal está bien descrita en los lagartos: la arteria aorta emite varias arterias renales de cada lado -arteria renal craneal, media y caudal- (O'Shea *et al.*, 1993). En el *C. crocodilus crocodilus*, las arterias renales son únicas para cada riñón (Duque, 2005). En el *Caiman yacare*, cada lóbulo es recorrido longitudinalmente por una serie de venas tributarias de la vena renal, que aparentemente forman un sistema porta renal similar al de las aves (Jin *et al.*, 1995); sin embargo, tal sistema no ha sido descrito en cocodrilidos.

Las nefronas reptilianas están compuestas por corpúsculo renal (CR), túbulo proximal (TP), segmento intermedio (SI), túbulo distal (TD) y

segmento de conexión (SC) al túbulo colector (TC) (Gambarian, 1994), y se caracterizan por su relativa simplicidad. Las diferencias fundamentales con las nefronas de los mamíferos son el menor desarrollo del glomérulo renal y la ausencia del asa de Henle. Debido a la ausencia de esta asa, los reptiles no pueden utilizar el mecanismo de contracorriente ni producir orina hiperosmótica (Dantzler y Braun, 1980). El corpúsculo renal reptiliano está delimitado por la cápsula de Bowman, con un polo vascular que sirve como punto de entrada y salida de las arteriolas aferente y eferente, y un polo urinífero que conecta la luz de dicha cápsula con el túbulo proximal. El interior de la cápsula de Bowman encierra un espacio de filtración y un glomérulo renal (GR) más simple que los glomérulos de los mamíferos (Dantzler y Braun, 1980). El diámetro del corpúsculo renal oscila, según la especie, entre 60 y 170 μm (Peek y Mc. Millan, 1979b; Gambarian, 1994). El glomérulo renal consta de un capilar no ramificado que forma tres o más asas antes de salir del glomérulo como arteriola eferente.

En las tortugas, crocodilianos y serpientes puede haber un segmento corto o cuello que conecta el corpúsculo renal con el túbulo proximal, aunque no en todas las nefronas. Este cuello está ausente en los lagartos (Gambarian, 1994). El túbulo proximal de la nefrona reptiliana tiene diferente recorrido, dependiendo de la arquitectura renal de cada especie. En los crocodilianos, consta de dos segmentos bien diferenciados, el primero, se dirige a la superficie renal en ángulo recto al túbulo colector, en cuyas inmediaciones forma un asa que regresa hacia la zona profunda del riñón. Su epitelio de revestimiento tiene características parecidas a las de los mamíferos (Peek y Mc. Millan, 1979a) y sus mecanismos fisiológicos han sido ampliamente estudiados por diversos autores: excreción de uratos (Benyajati y Dantzler, 1988), secreción y reabsorción de iones, mecanismos de transporte transmembrana y rutas paracelulares de reabsorción de agua (Benyajati *et al.*, 1985; Beyenbach, 1986; Dantzler, 1989; Brokl *et al.*, 1994).

El segmento intermedio es una transición entre el túbulo proximal y el túbulo distal. Es un tubo convoluto, provisto de epitelio cúbico simple con un borde en cepillo prominente en su cara apical. Se ha mencionado la presencia de cilios solitarios en cada célula epitelial, así como gránulos de secreción

de carácter mucoide en serpientes (Peek y Mc. Millan, 1979a), tortugas (Solomon, 1985; Zvasti *et al.*, 1987) y lagartos (O'Shea *et al.*, 1993). No hay reportes de la presencia de tales cilios en los crocodilianos. En el *C. yacare*, los gránulos encontrados en el segmento intermedio son de carácter lipídico (Jin *et al.*, 1995).

El túbulo distal es significativamente más corto que el túbulo proximal, iniciándose en la porción profunda del parénquima renal. En este punto es convoluto, seguido de un segmento de trayecto rectilíneo que asciende hasta el espacio subcapsular del riñón, donde se conecta al túbulo colector a través de un segmento de conexión. El túbulo distal posee un epitelio cúbico simple con células que protruyen hacia la luz, con un borde en cepillo apical de forma irregular. En las tortugas, este borde puede mostrar cilios solitarios (Solomon, 1985). La porción rectilínea del túbulo distal reptiliano suele estar tapizada por el mismo epitelio descrito en el caso de la porción convoluta. Las caras laterales de las células epiteliales del túbulo distal, en los reptiles no crocodilianos, se interdigitan de manera muy compleja y presentan canales intercelulares que intervendrían en el proceso de reabsorción de solutos y agua (Schmidt-Nielsen y Davis, 1968; Davis *et al.*, 1976; Peek y Mc. Millan, 1979a; Meseguer *et al.*, 1987).

En todos los reptiles, al igual que en aves y mamíferos, el túbulo distal pasa cerca del polo vascular del corpúsculo renal de origen. Las células yuxtglomerulares son células musculares lisas de la túnica media arteriolar, con gránulos citoplasmáticos tintorialmente neutros y, al igual que la secreción de renina, han sido identificadas en los reptiles; sin embargo, no existen mácula densa ni células mesangiales extraglomerulares, y las propias células yuxtglomerulares se ubican sólo alrededor de la arteriola aferente (Dantzler y Braun, 1980, O'Shea *et al.*, 1993). Diversos estudios (Cipolle y Zehr, 1984; Stephens y Creekmore, 1984; Cipolle y Zehr, 1985) demuestran que el aparato yuxtglomerular reptiliano no posee un mecanismo barorreceptor, pero responde a las disminuciones de la presión sanguínea provocadas por vasodilatación o por hemorragia aguda, siendo activado por el aumento del nivel de catecolaminas en la sangre (Zehr *et al.*, 1981; Cipolle *et al.*, 1986). Es posible que la angiotensina II actúe directamente sobre el endotelio de la arteriola

aferente, el sistema nervioso y las paraneuronas de la médula adrenal reptiliana, estimulando la secreción de catecolaminas (Wilson, 1984). Por otro lado, el aparato yuxtglomerular de los reptiles puede tener una función citocrina a nivel de la arteriola aferente, que controlaría el flujo de sangre al interior de cada glomérulo individual. Así, la tasa de filtración renal puede ser modulada cerrando el paso de sangre al interior de un número variable de glomérulos, con lo que cada nefrona actúa de forma intermitente (Dantzler y Braun, 1980).

Los segmentos de conexión o túbulos colectores primarios (Peek y Mc. Millan, 1979a) generalmente están formados por un epitelio cúbico simple o cilíndrico simple con borde en cepillo definido y citoplasma pálido. Por lo general, los uratos empiezan a precipitar a este nivel. Los túbulos colectores poseen un epitelio cilíndrico simple que cambia a urotelio a medida que los túbulos colectores se fusionan y desembocan en el uréter. Los túbulos colectores pueden intervenir en la recuperación de solutos y agua por estímulo de la hormonas antidiurética y aldosterona, pero el mecanismo disparador de la secreción hormonal aún no se ha dilucidado (Braun y Dantzler, 1984; Dantzler, 2005).

La mayoría de los lagartos y serpientes machos poseen un segmento sexual renal entre el segmento de conexión y los túbulos colectores, que consiste en una zona de epitelio que se hipertrofia durante la época reproductiva, en correlación con la actividad testicular y la secreción de andrógenos, sufriendo regresión el resto de año. Se cree que esta región provee parte del fluido seminal (Gabri, 1983; Sever *et al.*, 2002; Krohmer, 2004; Sever y Hopkins, 2005). En los lagartos y serpientes hembras, el segmento sexual tiene menos desarrollo y no sufre cambios estacionales (Del Conte, 1972; Sever y Hopkins, 2005), mientras que no se presenta en los quelonios y crocodilianos. Sin embargo, en el caso del *C. yacare* se ha postulado que el segmento intermedio podría tener características funcionales similares al del segmento sexual arriba descrito (Jin *et al.*, 1995).

De acuerdo a los estudios realizados en el *C. yacare*, sus nefronas poseen corpúsculos renales con polos urinarios orientados hacia el plexo arteriovenoso ubicado en el centro del lóbulo (Jin *et al.*, 1995). Cabrera *et al.* (2005) sugieren que el *C. crocodilus* posee nefronas diferentes, con el polo urinario orientado hacia la cápsula orgánica,

siguiendo un modelo estructural observado en el *C. acutus* (Davis y Schmidt- Nielsen, 1967). Resulta intrigante el hecho de que dos especies pertenecientes a diferentes familias de crocodylianos y cuyos hábitats se superponen, tengan similitudes estructurales a nivel renal, características que *C. c. crocodilus* no comparte con una especie taxonómicamente relacionada pero de distinto hábitat como lo es *C. yacare*. Es necesario determinar si el recorrido que realizan los túbulos de la nefrona en el interior del riñón reptiliano pudiera tener alguna importancia en las capacidades de absorción y secreción tubular, al variar la superficie tubular efectiva que interviene en estas funciones (Dantzler y Braun, 1980), dando a *C. c. crocodilus* cierta ventaja en su capacidad de adaptación al hábitat, para lo cual se hace necesario conocer en primer lugar la estructura histológica de la totalidad del sistema urinario de *C. c. crocodilus*, tarea que iniciamos con el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de la histología normal del riñón de nueve machos adultos y de un ejemplar adulto femenino de la especie *C. c. crocodilus*, conocida localmente como baba. Los especímenes fueron animales salvajes capturados durante los meses de mayo a julio, en el ecosistema de sabana anegadiza del Distrito Muñoz, estado Apure, Venezuela. Las muestras histológicas obtenidas mediante necropsia, se fijaron en formol al 10% amortiguado a pH 7,0 durante 48 h; tales muestras se procesaron en el Laboratorio de Histoquímica de la Cátedra de Histología de la FCV-UCV, donde se usa el Manual de Métodos Histológicos de la AFIP (Prophet *et al*, 1995) para la realización de las técnicas histológicas y de coloración. Las muestras previamente fijadas fueron procesadas con la técnica de inclusión en parafina y cortadas en secciones de 5 μm de grosor. Las secciones obtenidas fueron teñidas con la coloración de rutina Hematoxilina-Eosina y la tinción Tricrómica de Mallory, para diferenciar entre tejidos conectivos y tejidos musculares. Los campos microscópicos de interés, así como una escala PZO de 0,01 mm (escala de 1 mm con divisiones cada 100 μm), fueron fotografiados mediante el uso de un fotomicroscopio trinocular NIKON ECLIPSE, Modelo E400, provisto de una montura F y cámara digital NIKON COOLPIX 950 de 2,1 mega píxeles. Las

micrografías obtenidas fueron procesadas mediante el uso del programa ADOBE® Photoshop 6.0.

RESULTADOS

El examen histológico de los riñones del *C. c. crocodilus* reveló la presencia de un parénquima lobulado, con una cápsula de tejido conectivo denso regular rodeada por tejido conectivo laxo e infiltrada con algunos folículos linfáticos. A nivel subcapsular se ubican túbulos colectores, dispuestos radialmente, que confluyen en el hilio. El parénquima está dividido en dos hemilóbulos, separados por un plexo de vasos sanguíneos. El parénquima de cada hemilóbulo está dividido en dos zonas perfectamente diferenciables: la zona externa o región cortical, está constituida por tubos rectilíneos que se extienden entre la cápsula y grupos de corpúsculos renales. Estos grupos de corpúsculos renales marcan la línea de separación entre la región cortical y la zona profunda o región medular (Figuras 1A y 5A). Esta última, se extiende entre los corpúsculos renales y el plexo de vasos sanguíneos antes mencionado, y está compuesta por algunos túbulos que descienden desde la corteza y otros de trayecto tortuoso. La región cortical ocupa aproximadamente cuatro quintas partes del grosor del hemilóbulo, quedando el resto ocupado por la zona medular. Los corpúsculos renales marcan la separación entre ambas zonas, y se considerarán a partir de ahora como parte de la región cortical.

La aplicación de la tinción tricrómica de Mallory muestra un estroma muy fino de fibras de colágeno I alrededor de túbulos y corpúsculos renales (Figura 1A). El parénquima renal está organizado en lobulillos sin delimitación clara, de aproximadamente 200 μm de diámetro, que se forman alrededor de los grupos de corpúsculos renales (Figura 1A), y de los túbulos colectores. Se ha podido observar la presencia de vasos sanguíneos paralelos a los túbulos proximales de la corteza, aproximadamente a la mitad de distancia entre grupos de corpúsculos renales. Esto parece realzar la organización en forma de lobulillos planos y paralelos, donde cada grupo de corpúsculos actúa como centro del sistema de túbulos de cada lobulillo.

La región cortical está constituida principalmente por túbulos rectilíneos y paralelos entre sí, perpendiculares a la cápsula orgánica. Se pueden diferenciar tres tipos de túbulos: túbulo proximal

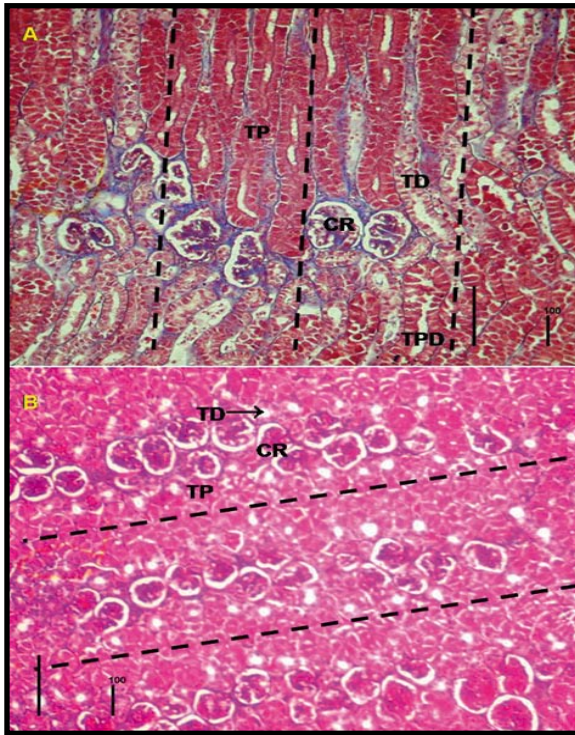


Figura 1. Riñón de *Caiman crocodilus crocodilus*: **A:** Corte transversal del hemilóbulo: se muestra un fino estroma de tejido conectivo laminar alrededor de los túbulos renales y a nivel glomerular (color azul). TPD: Túbulo Proximal Descendente a nivel medular. Tinción Tricrómica de Mallory. **B:** Corte en plano horizontal a nivel de los corpúsculos renales. La disposición de éstos en filas separadas por Túbulos Proximales se hace muy notoria. Tinción Hematoxilina-Eosina. En ambas micrografías: las líneas punteadas marcan el límite propuesto para las áreas lobulillares. TP: Túbulo Proximal; TD: Túbulo Distal; CR: Corpúsculo Renal; Escala: 100 μm

ascendente, túbulo proximal descendente y túbulo distal. Cada túbulo colector, ubicado a nivel subcapsular, está situado perpendicularmente por encima de un grupo de corpúsculos renales (Figura 1A). En los cortes transversales a los túbulos colectores, estos grupos de corpúsculos poseen de dos a cuatro elementos. Tales grupos de corpúsculos son en realidad filas que corren paralelas al túbulo colector situado dorsalmente (Figura 1B). Los túbulos distales se ubican preferentemente en el eje trazado entre los corpúsculos renales y los túbulos colectores, mientras que los túbulos proximales se ubican a cada lado de este eje. De ahí surge la imagen de la organización lobulillar del parénquima que se muestra en las Figuras 1 y 6.

La región medular se caracteriza por la presencia de porciones del túbulo proximal descendente y túbulo distal, así como por la abundancia de asas intermedias

(segmento intermedio) que conectan a los ya citados túbulos; la estructura histológica de estas asas es una transición entre los mismos: el segmento intermedio pasa de epitelio cilíndrico simple a un epitelio cúbico simple con un borde en cepillo inconstante, pero muy prominente, citoplasma acidófilo vacuolado y núcleos redondos, pálidos y de posición basal (Figura 5). La vacuolización citoplasmática puede deberse a la presencia de sustancias neutras (mucinas o lípidos).

Estructura Histológica de la nefrona de *C. c. crocodilus*: Cada corpúsculo renal está formado por una cápsula de epitelio plano simple (cápsula de Bowman), un espacio de filtración y un glomérulo, este último muestra poco desarrollo y no supera los 70 μm de diámetro. La forma de los corpúsculos parece adaptarse a la presión ejercida por el parénquima, ya que la mayoría son alargados en sentido perpendicular a la cápsula orgánica. Así, el largo y ancho del corpúsculo renal es de aproximadamente 100 y 50 μm , respectivamente (Figura 2A).

La cápsula de Bowman presenta un polo vascular de posición variable. Este polo puede ubicarse hacia la región medular o en un costado del corpúsculo renal. Sin embargo, todos los polos urinarios observados en los corpúsculos renales de *C. c. crocodilus* se orientan hacia la región cortical (Figura 2A). Cada polo urinario se conecta con un túbulo proximal ascendente a través de un segmento de conexión corto, de unos 25 μm de longitud. El glomérulo renal está formado por unas cuantas asas capilares rodeadas por una notoria lámina basal y células de la hoja visceral de la cápsula de Bowman. Las células mesangiales intraglomerulares son escasas y no se evidencian las células mesangiales extraglomerulares (Figura 2B). La presencia de colágeno I en el interior del glomérulo renal es notoria (Figura 1A). Aunque se identifican las arteriolas, aferente y eferente, con facilidad (Figura 2), incluyendo su relación topográfica cercana con el túbulo distal, no se ha encontrado evidencia de la presencia de mácula densa. Las células yuxtaglomerulares fueron localizadas de acuerdo a sus características histológicas, alrededor de la arteriola aferente, como se muestra en la Figura 2B.

El túbulo proximal (TP) se extiende por toda la región cortical y parte de la región medular. Se observan dos porciones, un túbulo proximal ascendente que se desarrolla desde el segmento de

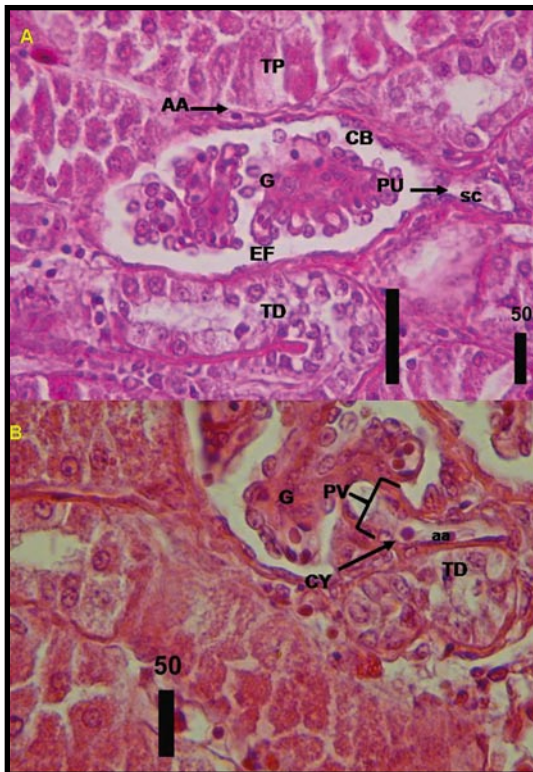


Figura 2. A. Corte transversal de la corteza renal de *Caiman crocodilus crocodilus*: Corpúsculo renal. G: Glomérulo renal; CB: Cápsula de Bowman; EF: Espacio de filtración; PU: Polo Urinario; sc: segmento de conexión al Túbulo Proximal; AA: Arteriola Aferente; TP: Túbulo Proximal; TD: Túbulo Distal. Coloración Hematoxilina-Eosina. Escala: 50 μm . **B.** Aparato Yuxtaglomerular. G: Glomérulo renal; PV: Polo Vascular; aa: Arteriola Aferente; TD: Túbulo Distal. Las Células Yuxtaglomerulares (CY y flecha) se reconocen en la túnica muscular de la arteriola aferente por su cercanía al túbulo distal, su núcleo redondo y citoplasma vacuolado, muy diferente del aspecto de las fibras musculares lisas. Coloración Hematoxilina-Eosina. Escala: 50 μm

conexión hasta la zona subcapsular, y un túbulo proximal descendente que se forma a partir del asa de retorno (túbulo arqueado) del segmento anterior (Figura 3A) y penetra profundamente en la región medular. El túbulo proximal ascendente está constituido por un epitelio cilíndrico simple alto con núcleo basal redondo y de color azul pálido, y un citoplasma acidófilo lleno de gránulos de gran tamaño con un grado de acidofilia mayor y cierta refringencia. Este epitelio posee un marcado ribete en cepillo que ocupa parcialmente la luz tubular. El diámetro exterior del túbulo proximal varía entre 50 y 80 μm , mientras que su calibre interno puede oscilar entre 10 y 20 μm (Figura 3B). El túbulo proximal descendente (TPD) se extiende desde la región cortical del riñón hasta la región medular, flanqueando los grupos de

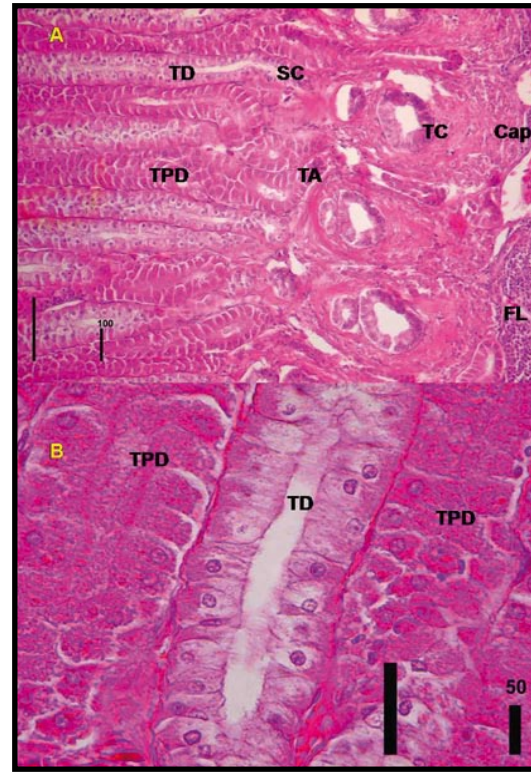


Figura 3. A. Corte transversal de la corteza renal de *Caiman crocodilus crocodilus*: TPD: Túbulo Proximal Descendente; TD: Túbulo Distal; SC: Segmento de Conexión; TA: Túbulo Arqueado; TC: Túbulo Colector; Cap.: Cápsula orgánica; FL: Folículo Linfático. Descripción en el texto. Coloración Hematoxilina-Eosina. Escala 100 μm . **B.** Corte transversal de la corteza renal de *Caiman crocodilus crocodilus*: Corteza renal. TPD: Túbulo Proximal Descendente; TD: Túbulo Distal. Descripción en el texto. Coloración Hematoxilina-Eosina. Escala 50 μm

corpúsculos renales (Figuras 1A y 5A). Posee un epitelio cilíndrico simple; los núcleos de estas células epiteliales son redondos, pálidos, de ubicación basal y su citoplasma es acidófilo y de aspecto finamente granular; las células epiteliales son ligeramente más altas que las del túbulo proximal ascendente y la luz del túbulo es menos visible por estar llena con un material eosinófilo; y en la superficie apical se observa un ribete en cepillo bien desarrollado (Figura 3B).

El túbulo distal asciende desde la región medular hasta la zona subcapsular de la región cortical, donde se une a los túbulos colectores (TC) a través de un segmento de conexión (SC). El aspecto del túbulo distal varía según la región que ocupe: posee epitelio cúbico simple, con núcleos redondos y citoplasma pálido en la región medular del riñón, epitelio que aumenta de altura a medida que el túbulo distal se

acerca a la cápsula renal (Figuras 2A y 3B), su diámetro varía entre 20 y 50 μm . El aumento del volumen celular puede relacionarse a la presencia creciente de gránulos citoplasmáticos neutros. El borde apical del epitelio de revestimiento del túbulo distal muestra un corto ribete en cepillo y en algunas células, dicho borde puede mostrar estructuras solitarias semejantes a cilios. El calibre interno del túbulo distal puede superar los 10 μm . La porción cortical del túbulo distal corre por encima de los grupos de corpúsculos renales.

Tanto los segmentos de conexión como los túbulos colectores muestran un epitelio cúbico alto o cilíndrico simple, de núcleos basales, citoplasma acidófilo pálido, con abundantes gránulos sin afinidad tintorial por la coloración Hematoxilina-Eosina (Figuras 3A y 4A). Ambos túbulos presentan ribete en cepillo, menos evidente en el segmento de conexión. Este último tiene una extensión aproximada de 200 μm y es fácilmente diferenciable del túbulo distal por poseer una luz un poco más amplia y un epitelio ligeramente más bajo que el del túbulo distal (Figura 3A). El túbulo colector presenta tres túnicas que son muy evidentes con la coloración tricrómica de Mallory: una túnica mucosa revestida por epitelio cilíndrico simple, sustentado por un corion submucosa de tejido conectivo denso irregular aglandular. Posee además, una túnica muscular formada por capas entremezcladas de fibras musculares lisas. La túnica externa es una adventicia de tejido conectivo laxo que se confunde con la cápsula orgánica (Figura 4B).

DISCUSIÓN

La morfología macroscópica renal de la baba es similar a las de otros crocodilianos (Reese, 1915; Rivero *et al.*, 2002), aunque tales descripciones son muy someras. El parénquima renal de la baba está dividido en lóbulos y éstos a su vez en hemilóbulos, separados por un plexo de vasos arteriales y venosos, en forma muy similar al esquema presentado por Davis y Schmidt-Nielsen (1967) para el caso del *C. acutus*. Nuestras observaciones indican que el parénquima renal está organizado en lobulillos, los cuales tienen como línea base central el trayecto de los túbulos distales, desde las inmediaciones del corpúsculo renal hasta la desembocadura del mencionado túbulo distal en el túbulo colector. Cada lobulillo contiene un grupo de nefronas agrupadas en filas de dos a cuatro

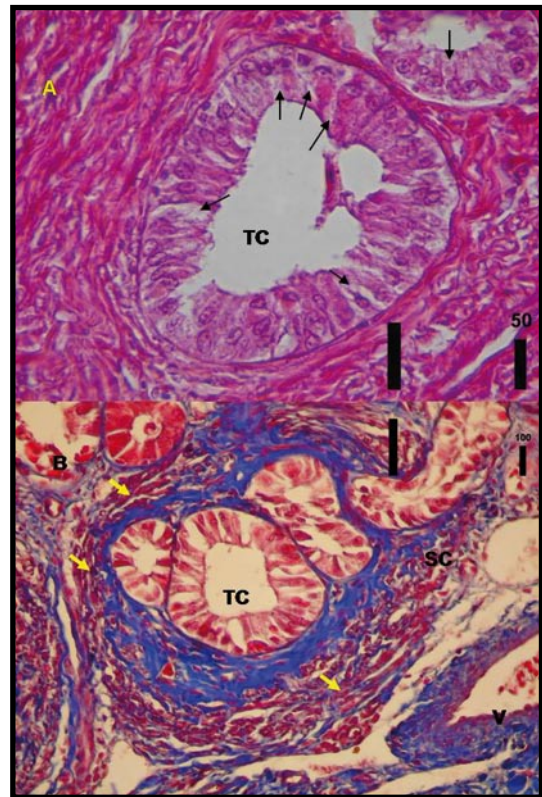


Figura 4. Corte transversal de la corteza renal de *Caiman crocodilus crocodilus*: Túbulo Colector. **A:** Granulación Citoplasmática neutra en el citoplasma epitelial del túbulo colector (Flechas). TC: Túbulo Colector. Descripción en el texto. Coloración Hematoxilina-Eosina. Escala 50 μm . **B:** Estructura Histológica del Túbulo Colector: TC: Túbulo Colector; SC: Segmento de Conexión. Flecha amarilla: Túnica Muscular. Coloración Tricrómica de Mallory. Escala 100 μm

nefronas de ancho, corriendo en sentido paralelo al túbulo colector en el que drenan todas ellas. A cada lado del centro del lobulillo renal encontramos las ramas ascendentes y descendentes del túbulo proximal, tal como se muestra en la interpretación expuesta en la Figura 6. Esta estructura podría ser una modificación del patrón general propuesto para los reptiles (Dantzler y Braun, 1980). Finalmente, podemos afirmar que cada lobulillo renal ocupa un espacio de 200 μm de ancho en sentido transversal (Figura 2B), siendo su longitud y altura variables según el tamaño del espécimen o la zona del lóbullo renal que se observe.

La nefrona de la baba posee un corpúsculo renal de tamaño similar a los de otros reptiles (Peek y Mc Millan, 1979b; Gamabarian, 1994; Cabrera *et al.*, 2005), pudiendo constatarse que los glomérulos renales de esta especie son algo más complejos de lo que cabría esperar de acuerdo a la

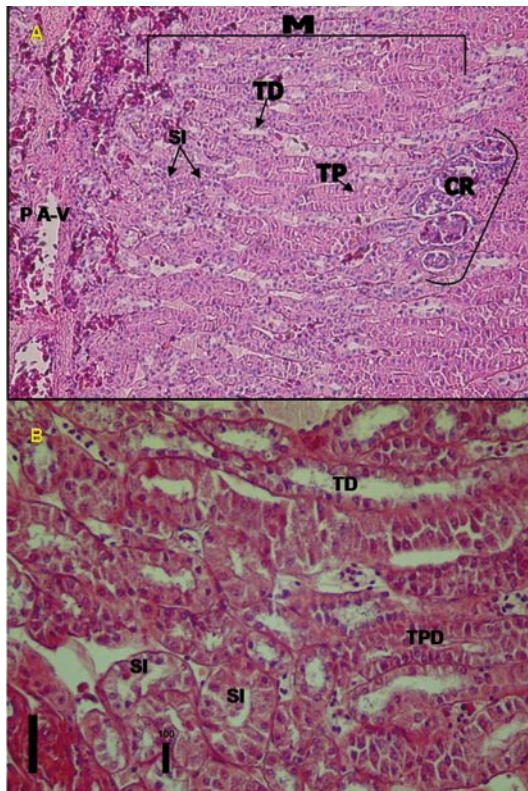


Figura 5. Corte transversal de la Región Medular del riñón de *Caiman crocodilus crocodilus*: **A:** Coloración Hematoxilina-Eosina. Aumento 40X. M: Médula; PA-V: Plexo arterio-venoso; CR: Corpúsculos renales. **B:** Coloración Hematoxilina-Eosina. Escala 100 μ m. En ambas micrografías: TP o TPD: Túbulo Proximal (descendente); TD: Túbulo Distal; SI: Segmento Intermedio

bibliografía consultada. Mientras que el glomérulo renal “reptiliano” de ave (Dantzer, 2005), no supera los 30 μ m de diámetro, los glomérulos renales de la baba superan los 50 μ m de diámetro. Por otro lado, se pudo observar que los segmentos de conexión al túbulo proximal fueron visibles en cada ocasión en que se logró el corte del corpúsculo renal a nivel del polo urinario; estos segmentos de conexión tienen una longitud aproximada de 25 μ m, lo cual confirma los datos iniciales aportados en relación a su pequeño tamaño (Gambarian, 1994). También se han confirmado las observaciones preliminares (Cabrera *et al.*, 2005) en relación a la orientación permanente del polo urinario del corpúsculo renal hacia la corteza renal. Nuestras observaciones parecen confirmar la presencia de un aparato yuxtaglomerular en la baba, con células yuxtaglomerulares en la túnica media de la arteriola aferente, y sin evidencia de poseer mácula densa ni células mesangiales extraglomerulares, similar a lo descrito previamente (Dantzer y Braun,

1980; O’Shea *et al.*, 1993).

El trayecto del túbulo proximal de la baba dentro de la corteza renal y su división en segmento I (ascendente) y II (descendente) sigue el patrón descrito para *C. acutus* (Davis y Schmidt-Nielsen, 1967) y se diferencia de la estructura postulada para el *C. yacare* (Jin *et al.*, 1995). La estructura histológica del túbulo proximal es muy similar a la descrita en otros reptiles (Peek y Mc Millan, 1979a); sin embargo, las técnicas histológicas utilizadas en este trabajo impiden confirmar o negar la presencia de estructuras ciliares en ningún túbulo de la nefrona. La estructura histológica del segmento intermedio como una transición entre el túbulo proximal y el túbulo distal concuerda con las descripciones realizadas en otros reptiles (Peek y Mc Millan, 1979-a; Solomon, 1985; Zvasti *et al.*, 1987; O’Shea *et al.*, 1993). En los segmentos de conexión no se detectaron modificaciones estructurales que sugieran la existencia de un segmento sexual asociado a éstos o al túbulo distal, confirmándose que este crocodiliano carece del mismo (Del Conte, 1972; Sever y Hopkins, 2005). La estructura histológica de los túbulos colectores resulta interesante por cuanto cada túbulo colector aparece como un pequeño órgano hueco, con una túnica mucosa y una túnica muscular bien definidas. La presencia de esta túnica muscular a nivel de túbulos colectores, puede relacionarse con

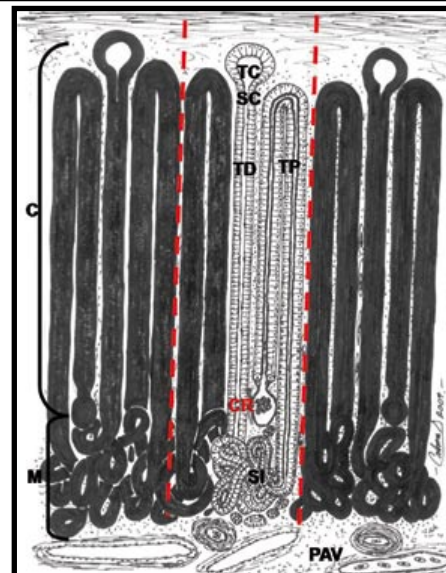


Figura 6. Esquema de la estructura histológica del hemilóbulo renal del *C. crocodilus crocodilus*: Cap.: Cápsula; C: Corteza; CR: Corpúsculo Renal; M: Médula; TC: Túbulo Colector; SC: Segmento de Conexión; TD: Túbulo Distal; TP: Túbulo Proximal; SI: Segmento Intermedio; PAV: Plexo Arterio-Venoso. Entre las líneas punteadas de rojo: Lobulillo Renal

la necesidad de movilizar orina pastosa mediante movimientos peristálticos. La túnica mucosa de los túbulos colectores de la baba muestra un epitelio cilíndrico con granulación citoplasmática sin afinidad tintorial por las coloraciones utilizadas en este trabajo, de forma similar a lo reportado en tortugas (Solomon, 1985).

CONCLUSIONES

Se pudo constatar que la estructura de la nefrona de la baba es similar a la de un crocodílido, *Crocodylus acutus*, en lugar de un aligatórido como el yacaré. La histología de la nefrona puede estar relacionada con una mayor capacidad de adaptación al medio por parte de *C. c. crocodilus*, en comparación a otros aligatóridos tropicales. Podemos sugerir que en la baba no existe formación del líquido seminal a nivel renal, ya que no se detectaron diferencias histológicas entre las nefronas de macho y hembra ni se pudo probar la existencia de una modificación estructural de la nefrona asociable con esta secreción. La presencia de túnica muscular en los túbulos colectores explicaría la aparente ausencia de aparatos ciliares en los túbulos colectores y puede relacionarse con la necesidad de movilizar la orina cargada de uratos precipitados mediante movimientos peristálticos, permitiendo producir volúmenes reducidos de orina isosmótica.

RECOMENDACIONES

Se estima necesario realizar estudios de citoarquitectura, reconstrucción tridimensional y de la estructura de la microvasculatura renal con el fin de confirmar las observaciones realizadas en relación a la estructura lobulillar del riñón de *C. crocodilus crocodilus*.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos extender nuestra gratitud al CDCH-UCV por financiar este trabajo de investigación como parte del Proyecto de Grupo PG 11-7089-2008-1.

REFERENCIAS

Beuchat, C. A. 1986. Phylogenetic distribution of the urinary bladder in lizards. *Copeia* 1986 N° 2:512-517.

- Benyajati, S.; Dantzler, W. H. 1988. Enzymatic and transport characteristics of isolated snake renal brush border membranes. *Am. J. Physiol.-Reg. Int. Comp. Physiol.*, 255:R52-R60.
- Benyajati, S.; Yokota, S. D.; Dantzler, W. D. 1985. Renal function in sea snakes. II. Sodium, potassium and magnesium excretion. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 249:R237-R245.
- Beyenbach, K. W. 1986. Secretory NaCl and volume flow in renal tubules. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 250:R753-R763.
- Braun, E. J.; Dantzler, W. H. 1984. Endocrine Regulation of Avian Renal Function. *J. Exp. Zool.*, 233:715-723.
- Brokl, O. H.; Braun, E. J.; Dantzler, W. H. 1994. Transport of PAH, urate, TEA and fluid by isolated perfused non-perfused avian renal proximal tubules. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 266:1085-R1094.
- Cabrera A. F. J.; Clavijo M., M. J.; García C.G.C.; González-Vera, M. A. 2005. Aspectos preliminares de la histología del riñón de la baba (*Caiman crocodilus crocodilus*). I Congreso Internacional, VI Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias, II Congreso AVECAL. Maracay.
- Cipolle, M. D.; Zehr, J. E. 1984. Characterization of the renin- angiotensin system in the turtle *pseudemis scripta*. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 247:R15-R23.
- Cipolle, M. D.; Zehr, J. E. 1985. Renin Release in Turtles: Effects of Volume Depletion and Furosemide Administration. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 249:R100-R105.
- Cipolle, M. D.; Zehr, J. E.; Reinhardt, G. A. 1986. Effect of autonomic agents in renin release in the turtle *pseudemis scripta*. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 251:R1103-R1108.
- Cupul-Magaña, F. G. 2003. Cocodrilo: medicina para el alma y el cuerpo. *Rev. Biomed.*, 14:45-48.
- Dantzler, W. H. 1980. Significance of comparative studies for renal physiology. *Am. J. Physiol. - Ren. Flu. Elec. Physiol.*, 238:F437-F444.
- Dantzler, W. H.; Braun, E. J. 1980. Comparative nephron function in reptiles, birds and mammals. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 239:197-R213.
- Dantzler, W. H. 1989. Membrane dynamics in relation to fluid absorption in reptilian proximal renal Tubules. *Am. J. Physiol. - Reg. Int. Comp. Physiol.*, 257:R982-R988.
- Dantzler, W. H. 2005. Challenges and Intriguing problems in comparative renal physiology. *J. Exp. Biol.* 208:587-594.
- Davis, L. E.; Schmidt-Nielsen, B. 1967. ultrastructure of

- the crocodile kidney (*Crocodilus acutus*) with special reference to electrolyte and fluid transport. *J. Morph.*, 121:255-276.
- Davis, L. E.; Schmidt-Nielsen, B.; Stolte, H. 1976. anatomy and ultrastructure of the excretory system of the lizard sceloporus cyanogenys. *J. Morph.*, 149:279-326.
- Del Conte, E. 1972. Granular secretion in the kidney sexual segments of female lizards *Cnemidophorus l. lemniscatus* (Sauria, Teiidae). *J. Morph.*, 137:181-192.
- Duque Y., M. 2005. Descripción morfológica del sistema cardiovascular de la baba (*Caiman crocodilus crocodilus*). Trabajo Especial de Grado. Programa de Maestría en Ciencias Morfológicas. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela.
- Gabri, M. S. 1983. Seasonal changes in the ultrastructure of the kidney collecting tubule in the lizard podarcis (=Lacerta) taurica. *J. Morph.*, 175:143-151.
- Gambarian, S. P. 1994. microdissectional investigation of the nephrons in some fishes, amphibians and reptiles inhabiting different environments. *J. Morph.*, 219: 319-339.
- Jin, S. M.; Rodriguez, A. M.; De Sousa, A. C. 1995. histología e histoquímica dos rins e uréteres do *Caiman crocodilus yacaré* (Daudin, 1802). *Rev. Bras. Biol.*, 55:97-103.
- Kromer, R. W. 2004. variation in seasonal ultrastructure of sexual granules in the renal segment of the northern water snake *Nerodia sipedon sipedon*. *J. Morph.*, 261:70-80.
- Meseguer, J.; García, A. A.; Aguilero, B. 1987. ultrastructure of the nephron of fresh water turtles, *Pseudemys scripta* and *Mauremys caspica*. *Cell. Tiss. Res.*, 248:381-391.
- O'Shea, J. E.; Bradshaw, S. D.; Stewart, T. 1993. Renal vasculature and excretory system of the agamid Lizard *Ctenophorus ornatus*. *J. Morph.*, 217:287-299.
- Peek, W. D.; Mc. Millan, D. B. 1979a. Ultrastructure of the tubular nephron of the garter snake *Thamniphis sirtalis*. *Am. J. Anat.*, 154:103-111.
- Peek, W. D.; Mc. Millan, D. B. 1979b. Ultrastructure of the renal corpuscle of the garter snake *Thamniphis sirtalis*. *Am. J. Anat.*, 155:83-102.
- PROFAUNA 1991. Taller sobre conservación y manejo de la especie baba (*Caiman crocodilus*) III. Caracas, Venezuela. 75 p.
- Prophet, E. B., Mills, B.; Arrington, J. B.; Sobin, L. H. 1995. Manual de métodos histotecnológicos del instituto de patología de las fuerzas armadas de los estados unidos de américa. Traducción de la 5ª Edición inglesa. Washington. 400 p.
- Reese, A. M. 1915. The Alligator and Its Allies. Electronic reprint © 2000 by Arment Biological Press from the original play edited by The Knickerbockers Press. New York; available at <http://www.strangeark.com/ebooks/Alligator.pdf> (consultada el 10-05-2007)
- Rivero, M.; Orós, J.; Arencibia, A. 2002. Anatomía de los Reptiles. Página web <http://www.ulpgc.es/reptilia> auspiciada por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (consultada el 10-05-2007).
- Schmidt-Nielsen, B.; Davis, L. E. 1968. Fluid transport and tubular intercellular spaces in reptilian kidneys. *Science*, 159:1105-1108.
- Sever, D. M.; Stevens, R. A.; Ryan, T. J.; Hamlett, W. C. 2002. Ultrastructure of the reproductive system of the black swamp snake (*Seminatrix pigaea*). III sexual segment of the male kidney. *J. Morph.*, 252:238-254.
- Sever, D. M., Hopkins, W. A. 2005. Renal sexual segment of the ground skink, *Scincella laterale* (Reptilia, Squamata, Scincidae). *J. Morph.*, 266:46-59.
- Solomon, S. 1985. The Morphology of the Kidney of the Green Turtle (*Chelonia midas*, L.). *J. Anat.*, 140:355-369.
- Stephens, G. A.; Creekmore, J. S. 1984. Response of plasma renin activity to hypotension and angiotensin converting enzyme inhibitor in the turtle. *J. Comp. Physiol. B: Biochem. Syst. Env. Physiol.*, 154:287-294.
- Thorbjarnarson, J. 1999. Economic incentives for management of Venezuelan Caiman. *Cons. Biol.*, 13:397-406.
- Vidaurreta S. J. L. 2000. Estudio integral de la baba (*Caiman Crocodilus*) como recurso alimentario (abstract). Trabajo de Ascenso para la Categoría de Agregado. Departamento de Biología de los Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar.
- Wilson, J. X. 1984. The renin-angiotensin system in non-mammalian vertebrates. *End. Reviews*. 5:45-61.
- Zehr, J. E.; Standen, D.J.; Cipolle, M.D. 1981. Characterization of Angiotensin Pressor Responses in the Turtle *Pseudemys scripta*. *Am. J. Physiol. -Reg. Int. Comp. Physiol.*, 240:R276-R281.
- Zvasti, A.; Ferrer, C.; Ballesta, J.; Pastor, L.M. 1987. Ultrastructure of the tubular nephron of *Testudo graeca* (Chelonia). A comparison between hibernating and non-hibernating animals. *Histol. Histopathol.*, 2:391-400.