

ARTÍCULO

HISTOLOGÍA OVÁRICA Y DESARROLLO FOLICULAR DE LA SERPIENTE *AMEROTYPHLOPS BRONGERSMIANUS* (SCOLECOPHIDIA: TYPHLOPIDAE)

Ovarian histology and follicular development of the snake Amerotyphlops brongersmianus (Scolecophidia: Typhlopidae)

Sandoval, M. T. * ¹ , Ruiz García, J. A. ¹  & Álvarez, B. B. ¹

RESUMEN: El ovario es una estructura muy dinámica la cual se modifica estacionalmente a lo largo del ciclo reproductor de las hembras. El desarrollo folicular se produce en dos etapas: previtelogénica y vitelogénica donde ocurren importantes cambios en la estructura de los ovocitos, así como también del epitelio folicular. El conocimiento de estos eventos es fundamental para interpretar las características reproductoras de una especie. Basado en ejemplares pertenecientes a una Colección Herpetológica, en este trabajo se describió la morfología ovárica y folicular de hembras juveniles y adultas de la serpiente *Amerotyphlops brongersmianus* (Scolecophidia: Typhlopidae), una especie con hábitos semifosoriales, común en el nordeste de Argentina. Los ovarios de las hembras juveniles presentaron nidos germinales con ovogonias y ovocitos en folículos en estadios iniciales de la previtelogénesis. Los ovarios de las hembras adultas presentaron folículos es diferentes estadios de la previtelogénesis y vitelogénesis, nidos germinales y folículos en proceso de atresia. Este trabajo representa la primera contribución al conocimiento de la morfología ovárica de *A. brongersmianus* y pone de manifiesto un patrón morfológico similar al de otras especies estudiadas del Orden Squamata.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo folicular, Ovario, Ovogénesis, Atresia folicular, Squamata.

¹ Laboratorio de Herpetología. FaCENA-UNNE. Av. Libertad 5470. Corrientes.

* Autor de correspondencia: María Teresa Sandoval. E-mail: tetesandoval@hotmail.com

Como citar este artículo: Sandoval, M. T., Ruiz García, J. A. & Álvarez, B. B. (2024). Histología ovárica y desarrollo folicular de la serpiente *Amerotyphlops brongersmianus* (Scolecophidia: Typhlopidae). Revista FACENA 34(1), 15-36. Doi: <https://doi.org/10.30972/fac.3417408>

Recibido/Received: 27/10/2023. Revisión: 16/11/2023. Aceptado/Accepted: 15/12/2023.

Editor asociado: Federico Marangoni .

Publicado en línea: 20/05/2024. ISSN 1851-507X en línea.

ABSTRACT: The ovary is a dynamic structure that changes seasonally throughout the reproductive cycle of females. Follicular development occurs in two stages: previtellogenesis and vitellogenesis, where significant changes occur on oocytes and follicular epithelium structure. The knowledge of these events is essential to interpret the reproductive characteristics of a species. Based on specimens belonging to a Herpetological Collection, in this work, the ovarian and follicular morphology of juvenile and adult females of *Amerotyphlops brongersmianus* (Scoleophidia: Typhlopidae), a semifossorial species inhabiting in northeastern of Argentina, was described. Ovaries of the juvenile females presented germinal beds with oogonia and oocytes in follicles in early stages of previtellogenesis. Adult females showed ovaries with follicles in different stages of previtellogenesis and vitellogenesis, germinal beds and atretic follicles. This work is the first description of the ovarian morphology of *A. brongersmianus* and reveals a morphological pattern similar to other species of the Order Squamata.

KEYWORDS: Follicle development, Ovary, Oogenesis, Follicular atresia, Squamata.

INTRODUCCIÓN

Durante la reproducción de los vertebrados ocurren cambios morfológicos y fisiológicos a nivel de las gónadas, asociados a la diferenciación y maduración de las gametas. El conocimiento de la morfología testicular y ovárica, y sus variaciones cíclicas estacionales, permiten determinar las etapas de la maduración de las gametas y el estado reproductor de un individuo. La caracterización de la estructura gonadal a lo largo del ciclo reproductor es fundamental para interpretar la estrategia reproductora de una especie (Johnson y Woods, 2007).

Los ovarios de los vertebrados generalmente son estructuras pares, pueden presentar diversas formas (alargada, lobular o irregular), y su tamaño varía en relación a la fisiología del ciclo reproductor de las hembras. Existen dos tipos de ovario, según la estructura de la región medular. El tipo compacto, está organizado en una médula formada por un estroma vascularizado, mientras que el tipo sacular se caracteriza por presentar

una cavidad medular llena de líquido. La corteza ovárica está constituida por ovogonias y ovocitos, que pueden encontrarse dispersos o agrupados formando nidos germinales, y folículos ováricos con ovocitos, en distintas fases de la ovogénesis, rodeados por células foliculares. El epitelio folicular es variable entre los distintos grupos de vertebrados, pudiendo ser simple, estratificado o pseudoestratificado, de células planas, cúbicas, columnares o polimórfico (Uribe Aranzábal, 2002). Asimismo, la estructura del epitelio folicular varía durante la folículogénesis, experimentando cambios en relación a la maduración de la gameta femenina.

El ovario es una estructura muy dinámica la cual se modifica durante el desarrollo embrionario de las hembras y estacionalmente en cada ciclo reproductor. Durante la etapa embrionaria del desarrollo, la maduración de las gametas femeninas implica una serie de procesos celulares como folículogénesis, que se inicia cuando la ovogonia se rodea de células foliculares, y el inicio de la meiosis, que constituye al ovocito. Durante la etapa reproductora de las hembras, se produce el crecimiento del ovocito, por aumento del contenido citoplasmático (previtelogénesis) y por depósito de plaquetas vitelinas (vitelogénesis), y su maduración final, antes de la ovulación (Lozano *et al.*, 2014). Estos eventos son esenciales para asegurar el proceso de fecundación y posterior desarrollo del embrión.

En la mayoría de los reptiles el crecimiento folicular y la vitelogénesis ocurren estacionalmente y la morfología ovárica cambia drásticamente durante el ciclo anual (Jones, 2011). La dinámica ovárica responde a diferentes condiciones ambientales y comprende tres fases: recrudescencia, climax y quiescencia gonadal (García Valdez *et al.*, 2011). Durante las dos primeras fases ocurre la proliferación de ovogonias, folículogénesis, crecimiento y maduración intrafolicular del ovocito, vitelogénesis, atresia folicular, ovulación, y formación del cuerpo lúteo (Aerts y Bols, 2010).

El neotrópico es un área con una gran diversidad de herpetozoos, sin embargo, hay pocos estudios sobre la biología de la reproducción que analicen la histología de las gónadas y los eventos ultraestructurales de la gametogénesis (Sanz Ochotorena *et al.*, 2021). La dinámica ovárica y folicular

se conoce para algunas especies de lagartos como *Calotes versicolor* (Varma, 1970; Shanbhag y Prasad, 1993), *L. lutzae* (Rocha, 1992), *Liolaemus altissimus*, *L. gravenhorsti*, *L. lemniscatus*, *L. leopardinus*, *L. nigroviridis*, *L. tenuis* (Leyton y Valencia, 1992), *L. wiegmanni* (Ramírez-Pinilla, 1991 a, b), *L. bitaeniatus* (Ramírez-Pinilla, 1995), *L. azarai* (Arrieta et al., 2017), *Sceloporus torquatus torquatus* (Guillette y Jones, 1985; Uribe Aranzábal et al., 1995), *S. grammicus* (Lozano et al., 2014), *Mabuya capensis* (Flemming, 1994), *M. mabuya* (Gómez y Ramírez-Pinilla, 2004), *M. brachypoda* (Hernández-Franyutti et al., 2005), *M. spp* (Vieira et al., 2010), *Anolis spp.* (Gorman y Licht, 1974), *A. sagrei* (Sanz-Ochotorena y Uribe Aranzábal, 1999), *A. porcatus* (Sanz-Ochotorena et al., 2000, 2005), *A. homolechis*, *Leiocephalus carinatus* (Rodríguez-Gómez et al., 2017), *Hemidactylus mabouia* (Moodley y Van Wyk, 2007; Pérez y Sanz Ochotorena, 2016; Rodríguez-Gómez et al., 2017), *Ctenosaura pectinata* (Uribe Aranzábal y Guillette Jr., 1996), *Tupinambis merianae* (Manes et al., 2007), *Tropidurus hispidus*, *T. semitaeniatus* (Santos et al., 2015). En el caso de las serpientes, solo se conocen algunos aspectos del ciclo ovárico de *Naja naja* (Lance y Lofts, 1978), *Bothrops mattogrossensis* (Monteiro et al., 2006), *Demansia vestigiata* (Fearn y Trembath, 2009), *Thamnodynastes hypoconia* (Rebelato et al., 2016), *Cubophis cantherigerus*, *Caraiba andreae* y *Tropidophis melanurus* (Rodríguez-Gómez et al., 2017). Para las especies del infraorden Scolecophidia, los primeros conocimientos acerca de la morfología del sistema genital fueron reportados por Robb (1960). Este autor realizó un análisis de la anatomía interna de varias especies de la familia Typhlopiidae como *Anilius australis*, *A. ligatus*, *A. proximus* y *Sundatyphlops polygrammicus*, incluyendo una descripción detallada de su morfología urogenital. Fox y Dessauer (1962) y Fox (1965) describieron comparativamente características anatómicas e histológicas del tracto reproductor de especies de la familia Leptotyphlopidae (*Rena dulcis* y *R. humilis*) y Typhlopidae (*Afrotyphlops angolensis*, *Indotyphlops braminus*, *Letheobia simoni* y *Xerotyphlops vermicularis*).

Khouri et al. (2020), caracterizaron la morfología de las gónadas y conductos asociados de machos y hembras de una población de *Amerotyphlops brongersmianus* del sudeste de Brasil. Sin embargo, los autores no incluyeron en su descripción información sobre la histología

ovárica. En el presente trabajo se analizó la morfología e histología ovárica y folicular de hembras juveniles y adultas de *Amerotyphlops brongersmianus*, del nordeste de Argentina. Esta información contribuye al conocimiento de la dinámica ovárica de la especie y complementa la caracterización de la actividad gonadal durante el periodo reproductivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie seleccionada

Amerotyphlops brongersmianus (Vanzolini, 1972) se distribuye en América del Sur (Dixon y Hendricks, 1979). En Argentina está presente en las provincias fitogeográficas Chaqueña, Espinal y Paranaense (Alvarez *et al.*, 1996; Giraud y Scrocchi, 2002). Es ovípara y relativamente grande (más de 300 mm de longitud hocico cloaca). Tiene hábitos semifosoriales. Se refugia bajo la tierra, donde construye galerías, siendo habitual encontrarla debajo de troncos, rocas u hojarasca (Cacciali, 2009). Su estado de conservación es No Amenazado (Giraud *et al.*, 2012). A pesar de su amplia distribución, son escasos sus registros de campo, por lo que su biología es poco conocida. Se conocen algunos aspectos de la biología reproductora de una población de un bosque semidecíduo del centro de Brasil. Tiene un ciclo reproductor marcadamente estacional. Las hembras inician la vitelogénesis a finales de la estación seca (septiembre) y se encuentran ejemplares con huevos oviductales a principios de la estación húmeda (octubre), variando su número entre cuatro y cinco huevos (Ávila *et al.*, 2006).

Ejemplares analizados

Se analizaron 13 hembras de *Amerotyphlops brongersmianus* (una juvenil y 12 adultas), provenientes de diferentes localidades de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa, Argentina. Dichos ejemplares pertenecen a la Colección Herpetológica Corrientes de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNEC) y se encontraban fijados en formaldehído 10 % o solución de Bouin y conservados en alcohol etílico 70% (Tabla 1).

Tabla 1. Datos de colecta y estado reproductivo de los ejemplares analizados, pertenecientes a la Colección Herpetológica Corrientes - Universidad Nacional del Nordeste (UNNEC).

UNNEC	Fecha de colecta	Localidad/ Departamento	Provincia	Coordenadas geográficas	Estado reproductivo	LHC (mm)
372	24/2/1994	Curuzú Cuatiá/Curuzú Cuatiá	Corrientes	29° 16` 37` S, 58° 41` 38` O	Adulto	244
390	24/2/1994	Curuzú Cuatiá/Curuzú Cuatiá	Corrientes	29° 16` 37` S, 58° 41` 38` O	Adulto	228
6769	sep-92	San Cosme/San Cosme	Corrientes	27° 22` 13` S, 58° 30` 45` O	Adulto	212
7192	19/12/1997	Estancia Santa Lucía Ñú/ Santo Tomé	Corrientes	28° 05` 03` S, 56° 40` 03` O	Adulto	239
9686	22/9/2007	Isla Apipé Grande/ Ituzaingó	Corrientes	27° 28` 42` S, 56° 56` 34` O	Adulto	185
10326	21/12/2008	Estancia San Lorenzo/ Santo Tomé	Corrientes	28° 05` 48` S, 56° 41` 07` O	Adulto	s/d
11433	14/12/2011	Las Lomitas / Patiño	Formosa	24° 52` 07` S, 60° 51` 30` O	Adulto	277
12765	6/10/2011	Santa Ana de los Guácaras/San Cosme	Corrientes	27° 27` 18` S, 58° 39` 12` O	Adulto	22,9
12772	14/10/2011	Santa Ana de los Guácaras/San Cosme	Corrientes	27° 25` 34` S, 58° 38` 33` O	Adulto	235
12782	21/9/2012	San Cayetano / Capital	Corrientes	27° 33` 9` S, 58° 40` 47` O	Adulto	248
12794	17/10/2014	Perichón / Capital	Corrientes	27° 25` 35` S, 58° 44` 42` O	Adulto	222
12828	1/12/2011	Santa Ana de los Guácaras /San Cosme	Corrientes	27° 27` 18` S, 58° 39` 12` O	Juvenil	130
12835	8/11/2014	Rincón de Vences / General Paz	Corrientes	27° 47` 13` S, 58° 12` 18` O	Adulto	223

A cada ejemplar se le midió la Longitud Hocico-Cloaca (LHC) con calibre digital de 0,01 de precisión. Previa disección, el tracto reproductor fue aislado y fotografiado con lupa estereoscópica binocular Leica EZ4 equipada con una cámara digital y el software Leica Application Suite (LAS) EZ. Se contabilizó el número de folículos ováricos y se midió la longitud con ocular micrométrico, incorporado a la lupa estereoscópica.

Los ovarios fueron procesados siguiendo el protocolo convencional de histología consistente en: deshidratación en soluciones de concentración creciente de alcohol etílico (70, 80 y 96 %) y alcohol butílico (100 %), impregnación en una mezcla de alcohol butílico-parafina (50-50 %) e inclusión en parafina (100%). Se obtuvieron secciones de 5-7 μm de grosor con micrótomo rotatorio tipo Spencer. Las muestras fueron teñidas con Hematoxilina-Eosina (H-E). Las observaciones y fotografías se realizaron con un microscopio óptico binocular Leica DM500 equipado con cámara digital Leica ICC50HD y software Leica Application Suite (LAS) EZ. El procesamiento de las imágenes se realizó con el software Image J (version 1.48) (Schneider *et al.*, 2012). La caracterización morfológica de los folículos ováricos y folículos atrésicos se realizó en base a las descripciones de Uribe Aranzábal *et al.* (1995) y Gómez y Ramírez-Pinilla (2004).

RESULTADOS

Hembra juvenil

Los ovarios se observaron como un par de estructuras alargadas, de aspecto traslúcido. En su interior, se observaron entre 15 y 20 folículos ováricos dispuestos longitudinalmente. Estos presentaron forma ovoide, aspecto opaco y su longitud máxima no superó los 0,5 mm de longitud (Figura 1 a).

A nivel histológico el ovario presentó una cavidad medular amplia y una corteza rodeada por un epitelio simple cúbico. Los nidos germinales se localizaron en el epitelio ovárico y presentaron ovogonias y ovocitos

primarios en fases iniciales de la meiosis (Figura 1 b y c). Entre las ovogonias y ovocitos se observaron células somáticas (Figura 1 c). Los ovocitos primarios se caracterizaron por tener un núcleo central grande con un prominente nucléolo basófilo y estar rodeados externamente por una capa de células somáticas (pre-foliculares) con núcleos planos (Figura 1 d). La corteza estuvo constituida por estroma de células somáticas, y folículos ováricos en fases tempranas de la foliculogénesis. Los folículos ováricos mostraron distinto grado de desarrollo y, a diferencia de los nidos germinales, se observaron inmersos en el estroma cortical. Los folículos en estadio (E.) I

de la previtelogénesis se caracterizaron por la presencia de un ovocito primario con un citoplasma homogéneo rodeado por un epitelio folicular simple plano o cúbico (Figura 1 e), mientras que los folículos en E. II presentaron un epitelio folicular simple con células intermedias y células pequeñas (Figura 1 f).

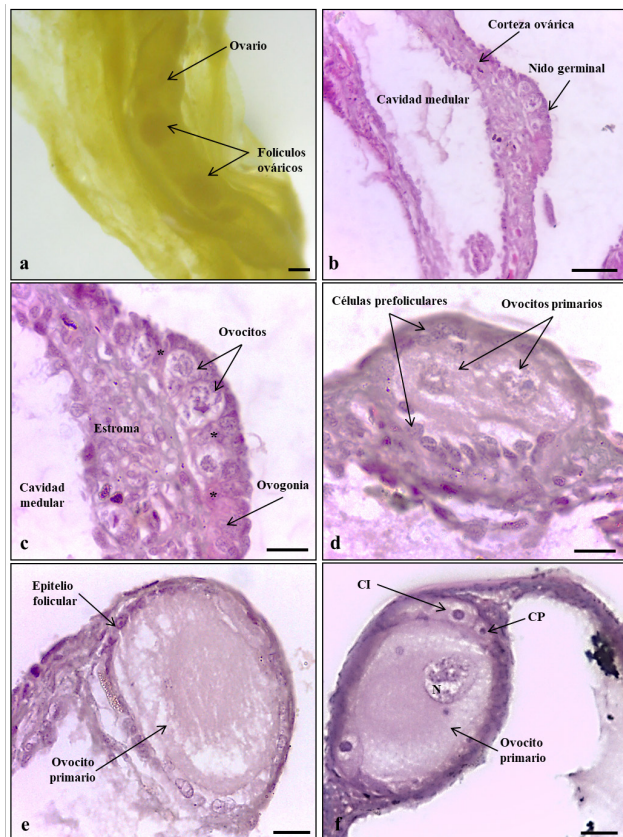


Fig. 1. Anatomía macroscópica e histología del ovario de una hembra juvenil de *Amerotyphlops brongersmianus*. a) Vista general del ovario. b) Vista general de una sección histológica del ovario. c) Detalle de la corteza y un nido germinal. d) Detalle de un nido germinal con ovocitos en fase inicial de la foliculogénesis. e) Detalle de un folículo ovárico en E. I de previtelogénesis. f) Detalle de un folículo en E. II de previtelogénesis. Referencias: CI: célula intermedia. CP: célula pequeña. N: núcleo. *: células somáticas. Escala: a) 1 mm, b) 20 μ m, c-d) 5 μ m, e-f) 10 μ m.

Hembras adultas

Los ovarios fueron alargados y de forma irregular debido a la presencia de folículos ováricos en distintos estadios del desarrollo. El número promedio de folículos fue de 22 con un mínimo de 10 y un máximo de 42. Se observaron folículos previtelogénicos y vitelogénicos de longitud variable (0,9 - 9,4 mm), según el estado reproductivo de la hembra (Figura 2 a-c). A nivel histológico, los ovarios mostraron una región cortical con folículos previtelogénicos, folículos vitelogénicos y folículos atrésicos, y una cavidad medular reducida a pequeños espacios lacunares llenos de sustancia amorfa (Figura 2 d). Asimismo, en algunas hembras, se observó un nido germinal con ovogonias y ovocitos (Figura 2 e).

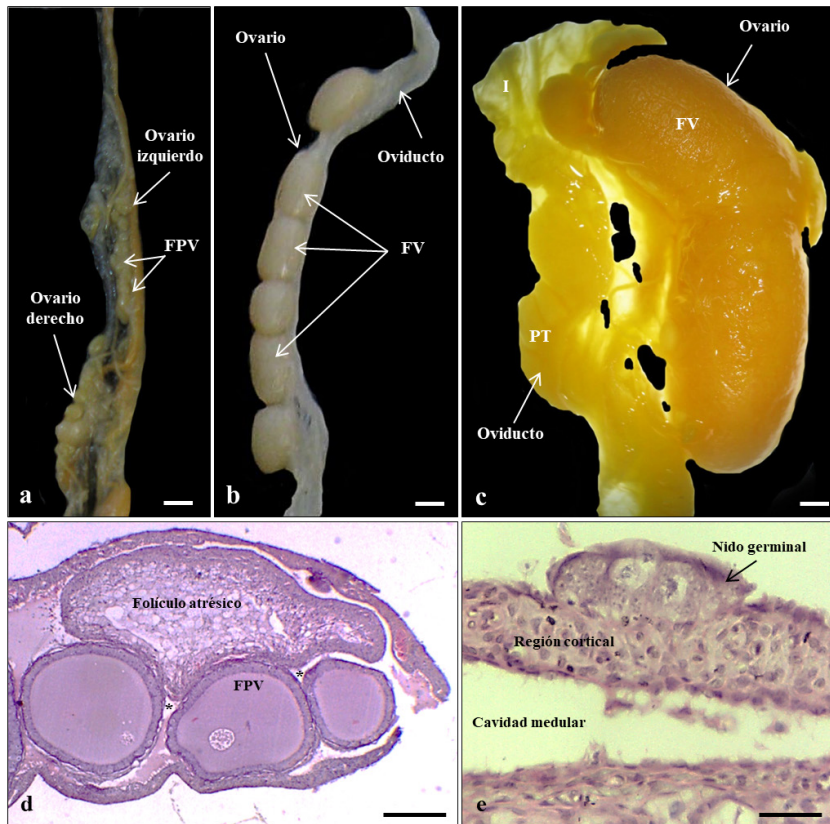


Fig. 2. Anatomía macroscópica e histología del ovario de hembras adultas de *Amerotyphlops brongersmianus*. a-c) Vista general del ovario. d) Vista general de una sección histológica del ovario. e) Detalle de la corteza y un nido germinal. Referencias: FPV: folículo previtelogénico. FV: folículo vitelogénico. PT: porción tubaria. *: espacios lacunares. Escala: a-c: 2 mm, d: 100 μ m, e: 20 μ m.

Se observaron folículos previtelogénicos y folículos vitelogénicos, en distintas fases de la maduración. No se observaron folículos en E. III. Los folículos previtelogénicos en E. IV presentaron un ovocito con citoplasma homogéneo y un núcleo claro de posición excéntrica (Figura 3 a-c) rodeado por una delgada membrana vitelina y un epitelio folicular estratificado polimórfico constituido por células foliculares pequeñas, intermedias y piriformes. En los folículos vitelogénicos en E. V, el ovocito presentó pequeñas vacuolas en la región cortical del citoplasma, mientras que el epitelio folicular que lo rodea, conservó la estructura estratificada y polimórfica. Externamente, se reconoció una teca de células planas (Figura 3 d-f). En los folículos vitelogénicos en E. VI, el ovocito presentó abundantes vacuolas dispersas y algunas plaquetas vitelinas pequeñas en la región cortical del citoplasma; en el epitelio folicular las células piriformes se observan en la periferia sin conexión con el ovocito (Figura 3 g-i). En los folículos vitelogénicos en E. VII, el ovocito presentó mayor cantidad de plaquetas vitelinas, de diferente tamaño, dispersas en el citoplasma periférico del ovocito; el epitelio folicular presentó células ovoides (Figura 3 j-l). En los folículos vitelogénicos en E. VIII, el citoplasma del ovocito estuvo ocupado en su totalidad por plaquetas vitelinas de diferente tamaño, estando las más pequeñas ubicadas en la región cortical del citoplasma; el epitelio folicular estuvo formado por una capa de células cúbicas pequeñas (Figura 3 m-ñ).

En algunas hembras, se observaron folículos previtelogénicos en distintas fases de atresia. Los folículos atrésicos tempranos conservaron el contorno ovoide, pero presentaron un epitelio folicular desorganizado con múltiples capas de células que ocuparon el interior del folículo. Estas células tuvieron forma irregular y presentaron aspecto vacuolado (Figura 4 a-c). Los folículos en atresia avanzada presentaron forma irregular con mayor desorganización del epitelio folicular, y se observaron células foliculares hipertróficas y lagunas en la región central (Figura 4 d-f).

Asimismo, se identificó un folículo en estado avanzado de vitelogénesis en proceso de atresia temprana. Éste se caracterizó por la desorganización del epitelio folicular, la pérdida de la membrana vitelina y membrana plasmática del ovocito y proliferación, hipertrofia, vacuolización e invasión de las células foliculares al citoplasma, con fagocitosis de plaquetas vitelinas (Figura 4 g-i).

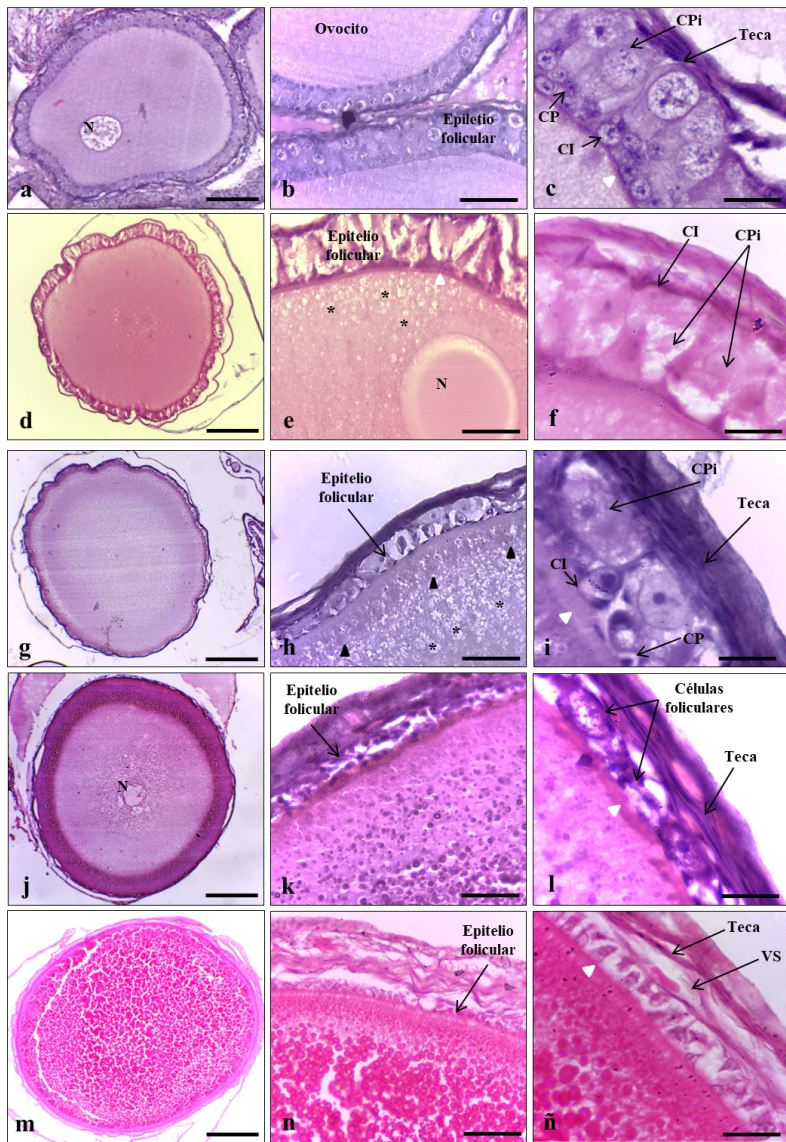


Fig. 3. Histología de folículos ováricos de *Amerotyphlops brongersmanus*. a-c) Folículo previtelogénico en E. IV. b) Detalle del epitelio folicular. c) Detalle del epitelio folicular polimórfico. d-f) Folículo vitelogénico en E. V. e) Detalle del citoplasma cortical del ovocito con vacuolas (*). f) Detalle del epitelio folicular. g-i) Folículo vitelogénico en E. VI. h) Detalle de la región cortical del ovocito con vacuolas (*) y plaquetas vitelinas (cabeza de flecha negra). i) Detalle del epitelio folicular. j-l) Folículo vitelogénico en E. VII. k) Detalle de la región cortical del ovocito con abundantes plaquetas vitelinas. l) Detalle del epitelio folicular con células foliculares ovoides. m-ñ) Folículo vitelogénico en E. VIII. n) Detalle de la región cortical del ovocito con abundantes plaquetas vitelinas. ñ) Detalle del epitelio folicular formado por una capa de células cúbicas pequeñas. Referencias: CI: células intermedias. CP: células pequeñas. CPI: células piriformes. N: núcleo. VS: vaso sanguíneo. Escala: a,d,g,j,m: 100 μ m, b,e,h,k,n: 20 μ m, c,f,i,l,ñ: 10 μ m.

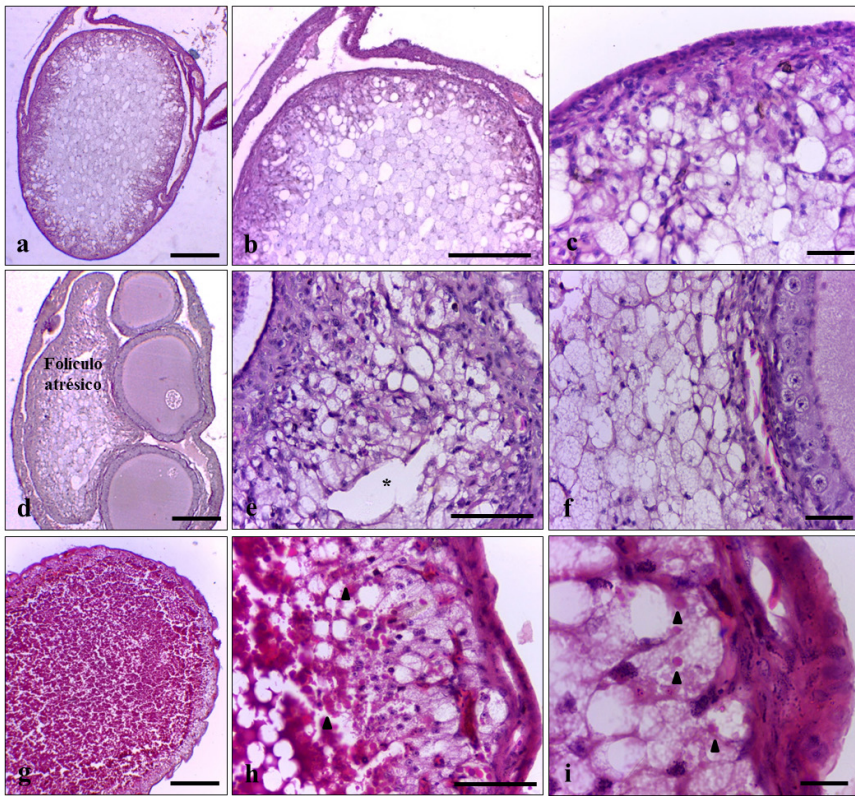


Fig. 4. Histología de folículos atrésicos de hembras adultas de *Amerotyphlops brongersmianus*. a-c) Folículo previtelogénico en atresia temprana. Obsérvese a desorganización del epitelio folicular y la vacuolización de las células. d-f) Folículo previtelogénico en atresia avanzada. Obsérvese la forma irregular, la hipertrofia y vacuolización de las células y la presencia de lagunas (*). g-i) Folículo vitelogénico en atresia temprana. Obsérvese la desorganización del epitelio folicular, la pérdida membrana vitelina y membrana plasmática del ovocito, la invasión de las células foliculares al citoplasma del ovocito y fagocitosis de plaquetas vitelinas (cabeza de flecha negra). Escala: a, d, g) 200 μm , b, e, h) 100 μm , c, f, i) 20 μm

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los aspectos morfológicos y fisiológicos de la estructura y dinámica ovárica de lagartos y serpientes han sido bien descritos por Guraya (2013) y muestran un alto grado de conservación. Algunas características distintivas de este grupo se refieren principalmente a la presencia de nidos germinales en la etapa adulta y la estructura de la capa folicular y sus variaciones durante el desarrollo y maduración folicular.

Los nidos germinales son estructuras formadas por ovogonias que mantienen la capacidad mitótica y dan origen a los ovocitos que inician la meiosis y posterior foliculogénesis. La presencia de nidos germinales durante la etapa adulta de lagartos y serpientes, demuestran que la ovogénesis y foliculogénesis puede ser continua durante toda vida reproductora de la hembra (Jones, 2011). El mantenimiento de la capacidad mitótica de la línea germinal permite la multiplicación de las ovogonias y la formación de nuevos folículos en cada ciclo reproductor (Guraya, 2013). El número de nidos germinales de cada ovario se considera un carácter especie-específico y ha sido relacionado con la fecundidad de una especie (Radder y Shine, 2007). Si bien, no se ha establecido una relación directa entre la cantidad de nidos germinales y la cantidad de ovocitos ovulados en cada ciclo, de modo general, las especies con elevada fecundidad que producen muchos huevos o tienen múltiples camadas por ciclo reproductor, tienen dos nidos germinales por ovario, mientras que las de baja fecundidad poseen solo uno (Radder y Shine, 2007). Este es el caso de *Amerotyphlops brongersmianus*, especie objeto de estudio de este trabajo, donde se observó la presencia de un único nido germinal por ovario y para la cual se ha reportado una fecundidad relativamente baja (Ávila *et al.*, 2006; Khouri *et al.*, 2020).

El desarrollo folicular en los reptiles incluye múltiples procesos y cambios morfológicos, bioquímicos y fisiológicos regulados por hormonas gonadotrópicas. Los principales cambios morfológicos se refieren a modificaciones estructurales del epitelio folicular y crecimiento del ovocito por depósito de distintos componentes citoplasmáticos y de plaquetas de vitelo, durante el desarrollo folicular, previo a la ovulación. Al igual que lo descrito para otras especies de escamados (Guraya, 2013), en *Amerotyphlops brongersmianus*, el epitelio folicular, inicialmente, está constituido por una capa de células cúbicas que proliferan y se diferencian, durante la previtelogénesis, constituyendo una capa polimórfica de células pequeñas, intermedias y piriformes. Hubert (1976) describió que las células

piriformes se conectan con el ovocito a través de puentes citoplasmáticos constituyendo un sincicio. Se ha sugerido que estas células sintetizan y transfieren ARN, ribosomas, vesículas y otros materiales celulares al ovocito, a través de dichos puentes citoplasmáticos, durante la fase previtelogénica. Cuando finaliza esta etapa, y concomitantemente con el depósito de vitelo y crecimiento del ovocito, las células intermedias y piriformes comienzan a degenerar de modo que al final de la vitelogénesis la capa folicular queda conformada por una sola capa de células foliculares planas (Jones, 2011).

La atresia folicular es un proceso degenerativo, controlado hormonalmente, por medio del cual los folículos ováricos pierden su integridad y son eliminados antes de la ovulación. La atresia folicular puede ocurrir en cualquier etapa del desarrollo folicular o del ciclo reproductor de la hembra y es considerada un mecanismo que regula del número de ovocitos que maduran y se liberan en cada ciclo reproductor (Uribe Aranzábal *et al.*, 2006). En la atresia folicular están implicados mecanismos de autofagia celular (Zhou *et al.*, 2019) proceso que permitiría reciclar componentes celulares y organelas actuando como un sistema de reciclaje (Kobayashi, 2015). En lagartos y serpientes se ha descrito atresia folicular en folículos previtelogénicos y vitelogénicos, dependiendo de la etapa reproductora de la hembra y de la estación del año (Guraya, 1965; Guraya, 1989). En *Calotes versicolor* la atresia de los folículos vitelogénicos maduros ha sido caracterizada como rara (Varma, 1970). Sin embargo en otras especies de lagartos como *Mabuya mabouya* (Gómez *et al.*, 2004), *Crotaphytus bicinctores* (Goldberg y Mahrtdt, 2011), *Sceloporus grammicus* (Lozano *et al.*, 2014), *Tropidurus hispidus* y *Tropidurus semitaeniatus* (Santos *et al.*, 2015), *Tropidurus catalanensis* (Delssin *et al.*, 2019) y serpientes como *Hypsiglena torquata* (Goldberg, 2001), *Masticophis flagellum* (Goldberg, 2002), *Storeria dekayi texana* (Goldberg, 2017) y en *Amerotyphlops brongersmianus*, analizada en este trabajo, la atresia folicular se interpreta como un evento normal de la dinámica ovárica que, además de regular la fecundidad, podría cumplir un rol en el reciclaje de nutrientes.

CONCLUSIONES

Este trabajo representa la primera contribución al conocimiento de la morfología ovárica y folicular de hembras juveniles y adultas de *Amerotyphlops brongersmianus* y aporta información de utilidad para interpretar el ciclo reproductor de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la SGCyT-UNNE 20F-002. Agradecemos al director de la Colección Herpetológica de la Universidad Nacional del Nordeste, Dr. Víctor H. Zaracho, por el préstamo de los ejemplares analizados. Agradecemos, también, a los revisores que han contribuido, con sus sugerencias, a mejorar el presente manuscrito.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

María Teresa Sandoval: Procesamiento y análisis de muestras. Redacción y edición del manuscrito y figuras. José Augusto Ruiz García: Colecta y procesamiento de ejemplares. Lectura crítica del manuscrito. Beatriz Álvarez: Lectura crítica y análisis del manuscrito.

REFERENCIAS

- Aerts, J.M.J., y P.E.J Bols. 2010. Ovarian follicular dynamics: a review with emphasis on the bovine species. Part I: Folliculogenesis and pre-antral follicle development. *Reproduction in domestic animals* 45(1):171-179. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01302.x>
- Alvarez, B.B., J.A. Céspedes, M.L. Lions, A. Hernando y R. Aguirre. 1996. Herpetofauna de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa (Argentina). *Facena* 12:119-134.
- Arrieta, M.B., M.T. Sandoval y B.B. Alvarez 2017. Estructura ovárica y dinámica folicular de *Liolaemus azarai* (Squamata: Liolaemidae). *Caldasia* 39(2):247-259. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n2.64967>

- Ávila, R.W., V.L. Ferreira, y V.B. Souza. 2006. Biology of the blindsnake *Typhlops brongersmianus* (Typhlopidae) in a semideciduous forest from central Brazil. *The Herpetological Journal* 16(4), 403-405.
- Cacciali, P. (2009). Guía para la identificación de 60 Serpientes de Paraguay. Asociación Guyra Paraguay. Asunción, Paraguay.
- Delssin, A.R., M.T. Sandoval, M.A. Ortiz y B.B. Alvarez. 2019. Development and differentiation of the reproductive system of *Tropidurus catalanensis* (Squamata: Tropiduridae). *Journal of Morphology* 280(2):244-258. <https://doi.org/10.1002/jmor.20940>
- Dixon, J.R. y F.S. Hendricks. 1979. The wormsnakes (family Typhlopidae) of the Neotropics, exclusive of the Antilles. *Zoologische Verhandelingen* 173(1):3-39.
- Fearn, S. y D.F. Trembath. 2009. Body size, food habits, reproduction and growth in a population of black whip snakes (*Demansia vestigiata*) (Serpentes: Elapidae) in tropical Australia. *Australian Journal of Zoology* 57(1):49-54. <https://doi.org/10.1071/ZO08078>
- Flemming, A.F. 1994. Male and female reproductive cycles of the viviparous lizard, *Mabuya capensis* (Sauria: Scincidae) from South Africa. *Journal of Herpetology* 28(3):334-341. <https://doi.org/10.2307/1564532>
- Fox, W. y H.C. Dessauer. 1962. The single right oviduct and other urogenital structures of female *Typhlops* and *Leptotyphlops*. *Copeia* 1962(3):590-597.
- Fox, W. 1965. A comparison of the male urogenital systems of blind snakes, *Leptotyphlopidae* and *Typhlopidae*. *Herpetologica*, 21(4):241-256.
- Giraudó, A.R., y G.J. Scrocchi. 2002. Argentinian snakes: an annotated checklist. *Smithsonian Herpetological Information Service* N° 132.
- Giraudó, A.R., V. Arzamendia, G.P. Bellini, C.A. Bessa, C.C Calamante, G. Cardozo, y J.D. Williams. 2012. Categorización del estado de conservación de las Serpientes de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26:303-326.

- Goldberg, S.R. 2001. Reproduction in the Night Snake, *Hypsiglena torquata* (Serpentes; Colubridae) from Arizona. *Texas Journal of Science* 53(2):107-114.
- Goldberg, S.R. 2002. Reproduction in the coachwhip, *Masticophis flagellum* (Serpentes: Colubridae), from Arizona. *Texas Journal of Science* 54(2):143-150.
- Goldberg, S.R. 2017. Reproduction in the Texas Brown Snake, *Storeria dekayi texana* (Serpentes, Colubridae) from Oklahoma. *Sonoran Herpetologist* 30(2):36-38.
- Goldberg, S.R. y C.R. Mahrtdt. 2011. Reproduction in the Great Basin Collared Lizard, *Crotaphytus bicinctores* (Squamata: Crotaphytidae). *Bulletin, Southern California Academy of Sciences* 110(3):189-192. <https://doi.org/10.3160/0038-3872-110.3.189>
- Gómez, D. y M.P. Ramírez-Pinilla 2004. Ovarian histology of the placentotrophic *Mabuya mabouya* (Squamata, Scincidae). *Journal of Morphology* 259(1):90-105. <https://doi.org/10.1002/jmor.10170>
- Gorman, G.C. y P. Licht, 1974. Seasonality in ovarian cycles among tropical *Anolis* lizards. *Ecology* 55(2):360-369. <https://doi.org/10.2307/1935223>
- Guraya, S.S. 1965. A histochemical study of follicular atresia in the snake ovary. *Journal of Morphology* 117(2):151-169. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051170203>
- Guillette Jr, L.J. y R.E. Jones. 1985. Ovarian, oviductal, and placental morphology of the reproductively bimodal lizard, *Sceloporus aeneus*. *Journal of Morphology* 184(1):85-98 <https://doi.org/10.1002/jmor.1051840109>
- Guraya, S.S. 1989. Follicular atresia. En: Bradshaw S.D., W. Burggren, H.C. Heller, S. Ishii, H. Langer, D.J. Randall & G. Neuweiler (Eds.), *Ovarian follicles in reptiles and birds*. pp. 201-238. Springer-Verlag. Berlin, Germany.

- Guraya, S.S. 2013. Ovarian follicles in reptiles and birds (Vol. 24). *Springer Science & Business Media*.
- Hernández-Franyutti, A., M.C. Uribe Aranzábal y L.J. Guillette Jr. 2005. Oogenesis in the viviparous matrotrophic lizard *Mabuya brachypoda*. *Journal of Morphology* 265(2):152-164. <https://doi.org/10.1002/jmor.10830>
- Hubert, J. 1976. Ultrastructural study of the piriform cells of the ovarian follicle in 5 reptiles. *Archives D'anatomie Microscopique et de Morphologie Experimentale* 65(1):47-58.
- Johnson, A.L. y D.C. Woods. 2007. Ovarian dynamics and follicle development. En: Jamieson B.G.M (ed.), *Reproductive Biology and Phylogeny of Birds*. pp. 243-277. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Jones, S.M. 2011. Hormonal regulation of ovarian function in reptiles. En: Norris D.O. & K.H. Lopez (eds.), *Hormones and Reproduction of Vertebrates*. pp. 89-115. *Academic Press*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374930-7.10004-4>
- Khouri, R.S., S. M. Almeida-Santos y D.S. Fernandes. 2020. Anatomy of the reproductive system of a population of *Amerotyphlops brongersmianus* from southeastern Brazil (Serpentes: Scolecophidia). *The Anatomical Record* 303(9):2485-2496. <https://doi.org/10.1002/ar.24382>
- Kobayashi, S. 2015. Choose delicately and reuse adequately: the newly revealed process of autophagy. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 38(8):1098-1103. <https://doi.org/10.1248/bpb.b15-00096>
- Lance, V. y B. Lofts. 1978. Studies on the annual reproductive cycle of the female cobra, *Naja naja*. IV. Ovarian histology. *Journal of Morphology* 157(2): 161-179. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051570205>
- Leyton, V. y J. Valencia. 1992. Follicular population dynamics: its relation to clutch and litter size in Chilean *Liolaemus* lizards. En: Hamlett W.C. (ed.), *Reproductive biology of South American vertebrates*. pp. 123-134. *Springer*, New York, NY.

- Lozano, A., A. Ramírez-Bautista y Uribe Aranzábal, M.C. 2014. Oogenesis and ovarian histology in two populations of the viviparous lizard *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from the central Mexican Plateau. *Journal of Morphology* 275(8):949-960. <https://doi.org/10.1002/jmor.20275>
- Manes, M.E., T. Noriega, F. Campos Casal y S. Apichela. 2007. Ovarian changes during the reproductive cycle of the *Tupinambis merianae* lizard raised in a temperate environment. *Cuadernos de Herpetología*, 21(1): 21-29. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/6445>
- Monteiro, C., C.E. Montgomery, F. Spina, R.J. Sawaya y M. Martins. 2006. Feeding, reproduction, and morphology of *Bothrops mattogrossensis* (Serpentes, Viperidae, Crotalinae) in the Brazilian Pantanal. *Journal of Herpetology* 40(3): 408-413. [https://doi.org/10.1670/0022-1511\(2006\)40\[408:FRAMOB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2006)40[408:FRAMOB]2.0.CO;2)
- Moodley, G.K. y J. H. Van Wyk. 2007. Folliculogenesis and ovarian histology of the oviparous gecko, *Hemidactylus mabouia* (Sauria: Gekkonidae). *African Journal of Herpetology* 56(2):115-135. <https://doi.org/10.1080/21564574.2007.9635558>
- Pérez, K.V. y A.C. Sanz-Ochotorena. 2016. Dinámica estacional de la morfología ovárica y de los cuerpos grasos del lagarto invasor *Hemidactylus mabouia* (Sauria: Gekkonidae) en La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas* 5(1):43-65.
- Radder, R. y R. Shine. 2007. Germinal bed condition in a polyautochronic single-clutched lizard, *Bassiana duperreyi* (Scincidae). *Amphibia-Reptilia* 28(1):159-162.
- Ramírez-Pinilla M.P. 1991a. Estudio histológico de los tractos reproductivos y actividad cíclica anual reproductiva de machos y hembras de dos especies del género *Liolaemus* (Reptilia: Sauria: Iguanidae). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo.
- Ramírez-Pinilla, M.P. 1991b. Reproductive and fat body cycle of the lizard *Liolaemus wiegmanni*. *Amphibia-Reptilia* 12(2):195-202.

- Ramirez-Pinilla, M.P. 1995. Reproductive and fat body cycles of the oviparous lizard *Liolaemus bitaeniatus* (Sauria: Tropiduridae). *Journal of Herpetology* 29(2):256-260. <https://doi.org/10.2307/1564562>
- Ramírez-Pinilla, M.P., G. Romero de Pérez y C. Alvarado-Ramírez. 2015. Oogenesis and the ovarian cycle. En: Rheubert, J., D.S. Siegel & S.E. Trauth (Eds.). *Reproductive Biology and Phylogeny of Lizards and Tuatara*. pp. 213-231. CRC Press (Francis & Taylor Group).
- Rebelato, M.M., G.M. Pontes y A.M. Tozetti. 2016. Reproductive biology of *Thamnodynastes hypoconia* (Serpentes: Dipsadidae) in Brazilian subtemperate wetlands. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 88:1699-1709. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620140569>
- Robb, J. 1960. The internal anatomy of *Typhlops schneider* (Reptilia). *Australian Journal of Zoology* 8(2):181-216.
- Rocha, C.F.D. 1992. Reproductive and fat body cycles of the tropical sand lizard (*Liolaemus lutzae*) of southeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 26(1):17-23. <https://doi.org/10.2307/1565016>
- Rodríguez-Gómez, Y., A. Sanz-Ochotorena, J. Torres-López, R. Lara-Martínez y M.D.L. Segura-Valdés. 2017. Folliculogénesis en seis especies de lagartos y serpientes del Orden Squamata (Reptilia). *Acta Microscopica* 27(3):182-188.
- Santos, H.S., J. Santos, M.H. Matos, N.B. Silva, E.M. Freire y L.B. Ribeiro. 2015. Ovarian follicular cycle of *Tropidurus hispidus* and *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata: Tropiduridae) in a semiarid region of Brazil. *Zoologia (Curitiba)* 32: 86-92. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702015000100014>
- Sanz-Ochotorena, A. y M.C. Uribe Aranzábal. 1999. Ciclo gonadal y de los cuerpos grasos de *Anolis sagrei* (Sauria: Iguanidae) en ciudad de La Habana, Cuba. *Biología* 13:26-30.
- Sanz-Ochotorena, A., M.C. Uribe Aranzábal, R.M. Coro Antich y F. Torres. 2000. Ciclo reproductivo de *Anolis porcatius* (Sauria: Polychrotidae) en ciudad de La Habana, Cuba. *Biología* 14(2):114-120.

- Sanz-Ochotorena, A., M.C. Uribe Aranzábal y L.J. Guillette, 2005. Seasonal gametogenic cycles in a Cuban tropical lizard, *Anolis porcatius*. *Journal of Herpetology* 39(3):443-454. <https://doi.org/10.1670/160-03A.1>
- Sanz-Ochotorena, A.C., Y. Rodríguez Gómez, M.D.L. Segura Valdéz y L.F. Jiménez García. 2021. Aportes al conocimiento de la morfología microscópica de las gónadas de anfibios y reptiles cubanos. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* 11(3):e1043
- Schneider, C.A., W.S Rasband y K.W. Eliceiri. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods* 9(7):671-675. doi:10.1038/nmeth.2089
- Shanbhag, B.A.y B.K. Prasad. 1993. Follicular dynamics and germinal bed activity during the annual ovarian cycle of the lizard, *Calotes versicolor*. *Journal of Morphology* 216(1):1-7. <https://doi.org/10.1002/jmor.1052160102>
- Uribe Aranzábal, M.D.C., M.E.M. Omana, J.G. Quintero y L.J. Guillette Jr. 1995. Seasonal variation in ovarian histology of the viviparous lizard *Sceloporus torquatus torquatus*. *Journal of Morphology* 226(1):103-119. <https://doi.org/10.1002/jmor.1052260107>
- Uribe Aranzábal, M.D.C & L.J. Guillette Jr. 1996. Ovarian folliculogenesis in the oviparous Mexican lizard *Ctenosaura pectinata*. *Journal of Morphology* 230(1): 99-112. <https://doi.org/10.1002/ar.24382>
- Uribe Aranzábal M.C. 2002. Aparato reproductor femenino. En: Estrada Flores E. & Uribe Aranzábal M.C. (comp). *Atlas de Histología de los vertebrados*. pp. 149-171. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Uribe Aranzábal, M.C., G. De la Rosa Cruz, A. García Alarcón, S. M. Guerrero-Estévez y M. Aguilar Morales 2006. Características histológicas de los estadios de atresia de folículos ováricos en dos especies de teleósteos vivíparos: *Ilyodon whitei* (Meek, 1904) y *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880) (Goodeidae). *Hidrobiológica* 16(1):67-73.

- García Valdez, M.V., S. Chamut, G.V. Jaen, O. Arce, y M. Manes. 2011. Dynamics of ovarian follicles in *Tupinambis merianae* lizards. *Acta Herpetologica* 6(2):303-313. https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-9341
- Varma, S.K. 1970. Morphology of ovarian changes in the garden lizard, *Calotes versicolor*. *Journal of Morphology*, 131(2):195-209. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051310206>
- Vieira, S., G.R., de Pérez y M.P. Ramírez-Pinilla. 2010. Ultrastructure of the ovarian follicles in the placentotrophic Andean lizard of the genus *Mabuya* (Squamata: Scincidae). *Journal of Morphology* 271(6):738-749. <https://doi.org/10.1002/jmor.10830>
- Zhou, J., X. Peng y S. Mei. 2019. Autophagy in ovarian follicular development and atresia. *International Journal of Biological Science* 15(4):726-737. [10.7150/ijbs.30369](https://doi.org/10.7150/ijbs.30369)