

Historia natural de la serpiente de coral *Micrurus apiatus* (Jan, 1858) en la Península de Yucatán, México

Natural history of the coral snake *Micrurus apiatus* (Jan, 1858) in the Yucatan Peninsula, Mexico

Nidia Gabriela Blanco-Campos¹, David González-Solís¹, José Rogelio Cedeño-Vázquez¹ & Rubén Alonso Carbajal-Márquez^{2,*}

¹Departamento de Sistemática y Ecología Acuática, Unidad Chetumal, El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.

²Colección Zoológica, Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.

*E-mail: ruben.carbajal@edu.uaa.mx

RESUMEN

Micrurus apiatus es una serpiente de coral poco conocida que se distribuye desde el este del Istmo de Tehuantepec, México hasta el oeste de Honduras, incluyendo la Península de Yucatán. Describimos su dieta, variación morfológica y patrones de actividad basados en datos de 107 especímenes de museos provenientes de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, así como datos publicados. Su dieta consiste principalmente de otras serpientes, no fueron encontradas preferencias en el tipo de presa entre sexos, edades o estaciones; su alimentación ocurre a lo largo del año, observándose un ligero aumento en la temporada de lluvias. Agregamos ocho presas nuevas, incluyendo a *Adelphicos visoninum*, que representa un nuevo registro geográfico para Campeche, y sugerimos una dieta homogénea entre clases de edad, sexos y estaciones. *Micrurus apiatus* presenta dimorfismo sexual en longitud hocico-cloaca, longitud total, largo de la cabeza, escamas ventrales (mayor en hembras), longitud de cola y escamas subcaudales (mayor en machos). *Micrurus apiatus* mostró actividad durante todo el año, con un patrón de actividad aparentemente bimodal, con un pico de actividad a fines del invierno y primavera y el otro pico a mediados de verano y otoño. El momento de los eventos reproductivos de *M. apiatus* es similar al de otras serpientes de coral con patrón de color de anillos negros dispuestos en monadas. Estudios adicionales sobre esta especie y otras relacionadas aumentará nuestra comprensión sobre cómo su ecología difiere de aquellas especies con un patrón de anillos negros dispuestos en tríadas y bicolors.

Palabras clave: coralillo, dieta, dimorfismo sexual, Elapidae, patrón de actividad.

ABSTRACT

Micrurus apiatus is a poorly known coral snake distributed east of the Isthmus of Tehuantepec, Mexico, to western Honduras, including the Yucatán Peninsula. We describe its diet, morphological variation, and activity patterns based on data from 107 museum specimens from the states of Campeche, Quintana Roo, and Yucatán, as well as published data. Its diet consists mainly of other snakes; no preferences in the type of prey between sexes, ages, or seasons were found; their feeding occurs throughout the year, observing a slight increase in the rainy season. We added eight new prey, including *Adelphicos visoninum*, which represents a new geographic record for Campeche, and suggested a homogeneous diet between age classes, sexes and seasons. *Micrurus apiatus* presents sexual dimorphism in snout-vent length, total length, head length, ventral scales (greater in females), tail length, and subcaudal scales (greater in males). *Micrurus apiatus* showed activity throughout the year, with an apparent bimodal activity pattern, with one peak in late winter and spring and the other in mid-summer and fall. The timing of the reproductive events of this snake is similar to other coral snakes, with a color pattern of black rings arranged in monads. Additional studies on this and related species will increase our understanding of how their ecology differs from those species with a pattern of black rings arranged in triads and bicolored.

Keywords: activity pattern, coral snake, diet, Elapidae, sexual dimorphism.

INTRODUCCIÓN

Las serpientes de coral del género *Micrurus* son un grupo diverso de elápidos semifosoriales que habitan una amplia gama de hábitats y se distribuyen desde el sureste de Estados Unidos de América hasta Argentina; son conocidas por ser venenosas y por sus patrones de coloración aposemáticos, generalmente dispuestos en patrones anillados; a pesar de su alta diversidad y amplia distribución, tienen una morfología externa altamente conservada (Roze 1996; Campbell & Lamar 2004; Reyes-Velasco *et al.* 2020). Se ha documentado que las especies de *Micrurus* con patrón de anillos negros dispuestos en tríadas (ANT) generalmente presentan dimorfismo sexual en tamaño, siendo los machos de mayor o de igual tamaño que las hembras, hay comportamiento de combate entre machos, el apareamiento ocurre en otoño y la oviposición a finales de la primavera (Campbell & Lamar 2004; Marques *et al.* 2013; Mendes *et al.* 2021). Por otra parte, en especies de serpientes de coral con patrón de anillos negros dispuestos en móradas (ANM), las hembras son generalmente de mayor tamaño que los machos, el combate entre machos está ausente, el apareamiento ocurre en primavera y la oviposición a finales de primavera y verano, por lo que, las crías emergen a finales del verano y otoño (Marques 2006; Marques *et al.* 2013).

La historia natural de la mayoría de las especies de *Micrurus* es poco conocida, probablemente por sus hábitos secretivos, por lo que hay pocos estudios que aborden aspectos de su biología y ecología (Marques 2002; Almeida-Santos *et al.* 2006; Marques *et al.* 2006, 2013; Ávila *et al.* 2010; Rodríguez *et al.* 2018). Además, los estudios de dieta de serpientes de coral son importantes para los inventarios herpetofaunísticos, ya que por sus hábitos semifosoriales, permiten documentar y describir especies presa que son raramente observadas en la naturaleza (Campbell *et al.* 2018). Obtener información mediante avistamientos de forrajeo en el medio natural de organismos con hábitos sigilosos es difícil e impredecible (Schmidt 1932), por lo que, caracterizar la dieta, así como los patrones de actividad de serpientes tropicales generalmente resulta complicado; sin embargo, se pueden obtener datos fácilmente de ejemplares de museos (Marques *et al.* 2006).

La serpiente de coral de hocico manchado *Micrurus apiatus* (Jan, 1858) actualmente es considerada una especie válida, perteneciente al grupo *Micrurus diastema* (*M. apiatus*, *M. diastema* y *Micrurus* sp.; ver Reyes-Velasco *et al.* 2020), que se distribuye desde el este del Istmo de Tehuantepec en México hasta el oeste de Honduras, incluyendo la Península de Yucatán. Los ejemplares de esta especie tienen un patrón de coloración ANM muy variable, suelen ser avistados en áreas de terracería que bordean la selva e incluso cruzando carreteras durante la noche (Lee 1996; Campbell & Lamar

2004; Heimes 2016). La información sobre la ecología de *M. apiatus* es escasa, no obstante, se sabe que esta serpiente de coral se encuentra activa durante las primeras horas de la mañana y durante la tarde y noche, y que su dieta consiste principalmente de otras serpientes y lagartijas (Lee 1996; Campbell 1998; Köhler 2003; West *et al.* 2019).

Bajo el contexto anterior, en este trabajo se analizó la composición taxonómica de la dieta de *M. apiatus* para toda su distribución, basada en ejemplares de museo provenientes de la porción mexicana de la Península de Yucatán y literatura especializada. Además, se provee información sobre la variación sexual, ontogenética y estacional en la dieta de *M. apiatus*, así como, datos sobre su variación morfológica, patrón de actividad y reproducción, que pueden ser utilizados para el diseño de estrategias de conservación de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

FUENTES DE DATOS Y BIOMETRÍA

Se analizaron 107 ejemplares de *M. apiatus* depositados entre 1989–2019, en cuatro colecciones de referencia: Colección Herpetológica del Museo de Zoología de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal (ECO-CH-H); Colección Herpetológica Unidad San Cristóbal de las Casas (ECO-SC-H); Colección Científica Regional de Anfibios y Reptiles, UNAM, Unidad Mérida (CRAR-UNAM); Colección Herpetológica del Tecnológico Nacional de México, Campus Chiná (ARITCH). Los ejemplares provienen de los estados de Campeche (CM), Quintana Roo (QR) y Yucatán (YU), se encuentran preservados en alcohol al 70% (Fig. 1; Apéndice 1). Adicionalmente, se obtuvieron los registros de dieta publicados para toda la distribución de *M. apiatus* (ej., Greene 1973; Roze 1996; Campbell 1998; West *et al.* 2019).

A cada serpiente se le midió la longitud hocico-cloaca (LHC), longitud total (LT) y longitud cloaca-cola (LCC, restando la LHC de la LT) con una cinta métrica flexible con precisión de 1 mm; mientras que la longitud de la cabeza (LC = desde la punta del hocico al borde posterior de la última escama supralabial) se midió con un vernier digital (Truper Stainless steel, 0.01 mm de precisión). Usamos solo la LC porque variaba menos que el ancho de la cabeza cuando se trataba de serpientes atropelladas. Para cada variable morfométrica se calculó el promedio, la desviación estándar y el intervalo (talla mínima y máxima). Se identificó el sexo por medio de la presencia/ausencia de hemipenes (Almeida-Santos *et al.* 2014). En cuanto a las clases de edad de *M. apiatus*, se clasificaron en cuatro categorías de tamaño: machos juveniles aquellos ejemplares que midieron ≤ 400 mm de LHC, hembras juveniles ≤ 500 mm de LHC, machos adultos

> 400 mm de LHC y hembras adultas > 500 mm LHC, de acuerdo con la LHC de madurez sexual de *Micrurus tener*, una especie estrechamente relacionada y que tiene talla similar a *M. apiatus* (Quinn 1979; Reyes-Velasco et al. 2020). Para los análisis de dimorfismo sexual de *M. apiatus*, se consideraron las siguientes medidas: LHC, LT, LCC, LC, número de escamas ventrales (VEN) y escamas subcaudales (SUB). Los ejemplares que se encontraron incompletos fueron excluidos de los análisis que involucraron LT, LCC y SUB.

IDENTIFICACIÓN DE PRESAS

A todos los ejemplares se les realizó una incisión en la sección media-ventral para extraer el contenido del tracto gastrointestinal. Las presas que se encontraron en buenas condiciones fueron identificadas y preservadas junto con el ejemplar diseccionado en un contenedor individual. El contenido degradado se colocó en una caja de Petri con alcohol al 70% y se observó con un microscopio estereoscópico (modelo LABOMED-CZM6), para buscar restos de elementos que pudieran ser útiles para la identificación de las presas consumidas (ej., escamas, garras, pelos). Se consultó literatura especializada para la identificación de las presas (Lee 1996;

Köhler 2003; Heimes 2016) y se utilizaron ejemplares de referencia de la colección ECO-CH-H para comparar los restos de organismos encontrados en el tracto gastrointestinal de los individuos disectados. Adicionalmente, usamos la distribución geográfica conocida de las especies presa como criterio para llegar a la identificación a nivel de especie.

ANÁLISIS DE DATOS

Se probó la normalidad y la homocedasticidad de todos los datos sin procesar con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Se usaron pruebas paramétricas cuando se cumplieron los supuestos. Para comparar la LHC de las serpientes que consumieron los dos tipos de presas más frecuentes (serpientes y lagartijas), se utilizó la prueba de Mann-Whitney. Para conocer si existe dimorfismo sexual en la LHC, LT, VEN y SUB de todos los ejemplares y de ejemplares adultos, se realizó una prueba t de Student. Se calculó el grado de dimorfismo sexual en la LHC siguiendo a Gibbons y Lovich (1990) y Shine (1994). Posteriormente, se hizo un análisis de covarianza (con el sexo como la variable independiente y la LHC como covariable) para detectar diferencias entre sexos en la LCC y la LC.

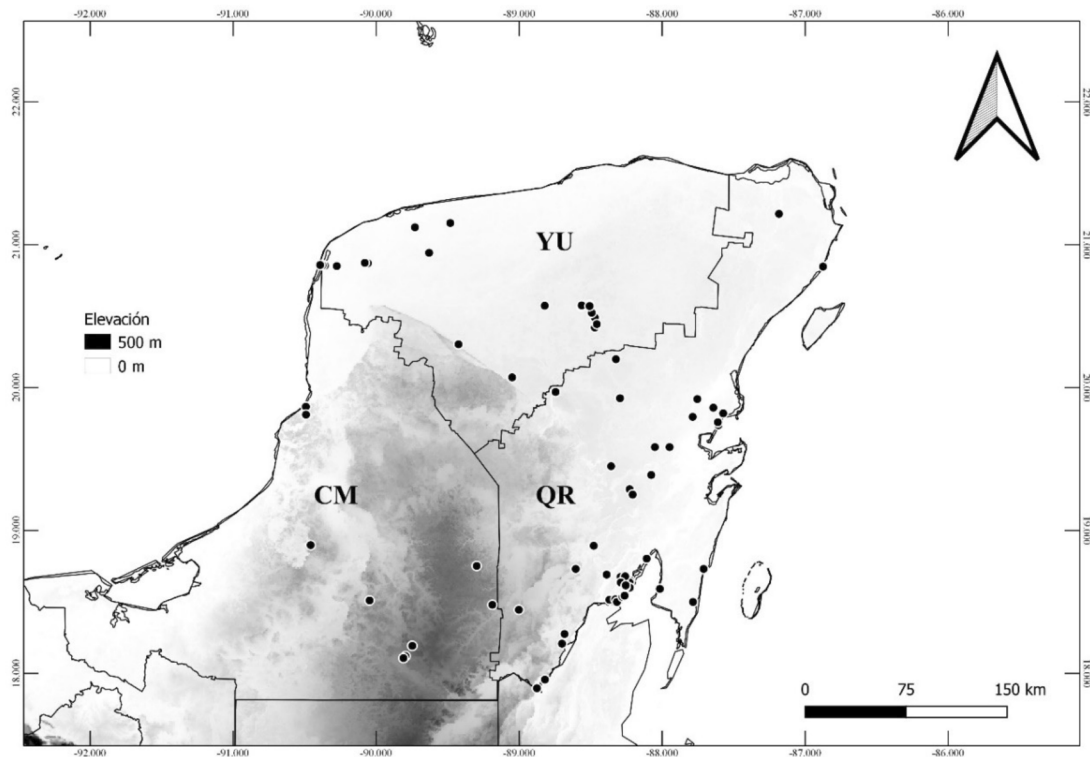


FIGURA 1. Localidades de colecta de especímenes analizados de *Micrurus apiatus* en la porción mexicana de la Península de Yucatán. Los círculos negros representan las localidades registradas, los límites estatales están indicados por líneas negras. Abreviaturas: CM = Campeche; QR = Quintana Roo; YU = Yucatán. / Collecting localities of specimens analyzed for *Micrurus apiatus* in the Mexican portion of the Yucatán Peninsula. Black circles represent recorded localities, and black lines indicate state boundaries. Abbreviations: CM = Campeche; QR = Quintana Roo; YU = Yucatán.

Para comparar el tipo de presa (serpientes y lagartijas) de acuerdo con los sexos y las clases de edad de los ejemplares de *M. apiatus*, fue utilizada la prueba exacta de Fisher. Las estaciones del año fueron delimitadas con base en los periodos equinoccial y solsticial del Hemisferio Norte: Primavera (21 de marzo al 21 de junio), Verano (22 de junio al 22 de septiembre), Otoño (23 de septiembre al 21 de diciembre) e Invierno (22 de diciembre al 20 de marzo). Las temporadas climáticas fueron secas (noviembre-abril) y lluvias (mayo-octubre), de acuerdo con lo propuesto para el área de estudio por Torrescano-Valle & Folan (2015). Finalmente, se calculó la relación entre los sexos y las clases de edad de los ejemplares con respecto a las temporadas climáticas, así como los datos de los ejemplares con/sin contenido gastrointestinal y los tipos de presa en relación con las temporadas climáticas empleando la prueba exacta de Fisher. Las pruebas estadísticas fueron realizadas en PAST 4.10 (Hammer *et al.* 2001) con una $\alpha < 0.05$.

RESULTADOS

ECOLOGÍA TRÓFICA

Como resultado del rastreo de registros de dieta en la literatura especializada y los ejemplares analizados en este estudio, se obtuvo el listado de las especies presa de *M. apiatus*, con su taxonomía actualizada. Los reptiles (81,67%) son las presas más consumidas por *M. apiatus*, seguidas por los contenidos no identificados (11,67%), cecilias (2,50%), anguilas (1,67%), mamíferos (0,83%), quilópodos (0,83%) y oligoquetos (0,83%). Las serpientes (71,66%) son las principales presas de *M. apiatus*, siendo la familia Dipsadidae (42,50%) la más importante, seguida por la familia Colubridae (13,33%). Las especies consumidas con mayor frecuencia en la dieta de *M. apiatus* son *Ninia sebae* (15,83%) y *Geophis sanniolus* (10,83%) (Tabla 1).

Al tratarse exclusivamente de los 107 *M. apiatus* provenientes de la porción mexicana de la Península de Yucatán, se encontró que seis ejemplares carecen de fecha de colecta y otros 10 se encontraron dañados, por lo que su sexo y clase de edad no fue determinado, pero sí, la presencia/ausencia de contenido gastrointestinal, todos contaban con datos de localidad y coordenadas geográficas. De estos 107 ejemplares, 20 (19%) presentaron contenido gastrointestinal identificable, 14 (13%) con fragmentos muy degradados no identificables y los 73 (68%) restantes no presentaron

contenido gastrointestinal. Se identificaron 23 organismos ingeridos que incluyen ocho nuevos tipos de presa en la dieta de *M. apiatus*; algunos ejemplares de *M. apiatus* contenían más de un organismo en el tracto gastrointestinal (Tabla 1). Las serpientes fueron el grupo más frecuente, encontrándose cinco nuevas especies en la dieta de *M. apiatus*: *Adelphicos visoninum* (Calakmul, CM), *Coniophanes imperialis* (Luis Echeverría, QR), *Pliocercus elapoides* (Champotón, CM) (Dipsadidae), *Scaphiodontophis annulatus* (Calderitas, QR; Sibynophiidae), e *Indotyphlops braminus* (Laguna Guerrero y Felipe Carrillo Puerto, QR; Typhlopidae). Además, la serpiente *A. visoninum* (Dipsadidae; ECO-CH-1353) constituye un nuevo registro de distribución para CM, 15 km al norte de Zoh-Laguna, municipio de Calakmul (18,731389°, -89,395278°; WGS84; elevación 260 m). El segundo grupo más frecuente en la dieta estuvo representado por las lagartijas (9%), con *Marisora lineola* (Celestún, YU; Mabuyidae) como un nuevo registro en la dieta de *M. apiatus*. Finalmente, se encontraron mamíferos y huevos de serpientes (Felipe Carrillo Puerto, QR) en igual proporción (4%). Tanto la musaraña *Cryptotis mayensis* (Felipe Carrillo Puerto, QR; Soricidae), como los huevos de serpiente, representan nuevos registros en la dieta de *M. apiatus* (Tabla 1).

Se obtuvieron contenidos gastrointestinales de 13 serpientes juveniles (machos $n = 3$, LHC = 365–395 mm; hembras $n = 10$, LHC = 214–473) y 21 adultos (machos $n = 16$, LHC = 405–706 mm; hembras $n = 5$, LHC = 532–770). Los tipos de presas más consumidos (serpientes y lagartijas) fueron independientes de la LHC de la serpiente ($Z = -0,35$, $p = 0,71$; Fig. 2). Tomando en cuenta las serpientes y lagartijas consumidas por *M. apiatus*, se determinó que los machos consumieron 12 serpientes y una lagartija, mientras que las hembras consumieron siete serpientes y una lagartija; por lo tanto, no hubo diferencias (prueba exacta de Fisher, $p = 1$). Los juveniles consumieron cinco serpientes y ninguna lagartija, mientras que los adultos se alimentaron de 14 serpientes y dos lagartijas, por lo que tampoco existe diferencia entre las clases de edad y el tipo de presa (prueba exacta de Fisher, $p = 1$). Los ejemplares más pequeños analizados y que probablemente se traten de neonatos, son una hembra con LT = 239 mm, encontrada en el mes de julio, que se había alimentado de la serpiente *G. sanniolus*, y otro ejemplar con una LT = 270 mm, sexo indeterminado y registrado en octubre, en ambos casos corresponde a la temporada de lluvias.

TABLA 1. Frecuencia y porcentaje de presas que comprenden la dieta de *Micrurus apiatus* analizados en este estudio y de datos publicados. Los asteriscos indican las nuevas presas encontradas en este estudio. (Referencias: 1 = Greene 1973; 2 = Blaney & Blaney 1978; 3 = Seib 1985; 4 = Lee 1996; 5 = Roze 1996; 6 = Campbell 1998; 7 = McCranie 2011; 8 = Köhler *et al.* 2016; 9 = Carbajal-Márquez *et al.* 2019; 10 = Este estudio). / Frequency and percentage of occurrence of prey that comprise the diet of *Micrurus apiatus* analyzed in this study and from published data. Asterisks indicate new prey found in this study. (References: 1 = Greene 1973; 2 = Blaney & Blaney 1978; 3 = Seib 1985; 4 = Lee 1996; 5 = Roze 1996; 6 = Campbell 1998; 7 = McCranie 2011; 8 = Köhler *et al.* 2016; 9 = Carbajal-Márquez *et al.* 2019; 10 = This study).

Taxón	Frecuencia	%	Referencia
CLITELLATA		0,83	
Oligochaeta			
Lombriz no identificada	1		6
CHILOPODA		0,83	
Quilópodo no identificado	1		8
ACTINOPTERYGII		1,67	
Synbranchiformes			
Synbranchidae			
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	1		8
<i>Synbranchus marmoratus</i>	1		6
AMPHIBIA		2,5	
Gymnophiona			5
Dermophiidae			
Cecilia no identificada	1		5
<i>Gymnopsis syntrema</i>	2		6
REPTILIA	98	81,67	
Reptil no identificado	2	1,66	1
Serpentes	86	71,66	
Colubridae	16	13,33	
<i>Dendrophidion vinitor</i>	1		6
<i>Ficimia publia</i>	3		1; 8
<i>Leptophis mexicanus</i>	1		7
<i>Pseudelaphe phaescens</i>	1		1
<i>Stenorrhina degenhardtii</i>	2		1; 3
<i>Stenorrhina freminvillei</i>	4		1
<i>Tantillita canula</i>	4		1; 10
Dipsadidae	51	42,5	
<i>Adelphicos quadrivirgatum</i>	3		1; 6
<i>Adelphicos visoninum*</i>	1		10
<i>Adelphicos sargii</i>	2		1
<i>Coniophanes fissidens</i>	1		6
<i>Coniophanes imperialis*</i>	1		10
<i>Coniophanes sp.</i>	1		4
<i>Dipsas brevifacies</i>	2		9; 10
<i>Geophis carinosus</i>	1		1

Continuación TABLA 1.

Taxón	Frecuencia	%	Referencia
<i>Geophis fulvoguttatus</i>	1		7
<i>Geophis sanniolus</i>	13		1; 10
<i>Geophis sartorii</i>	4		4; 5; 6
<i>Ninia diademata</i>	1		1
<i>Ninia sebae</i>	19		1; 3; 5; 6; 8; 9; 10
<i>Pliocercus elapoides*</i>	1		10
Elapidae		5	
<i>Micrurus apiatus</i>	6		3; 8; 10
Sibynophiidae		0,83	
<i>Scaphiodontophis annulatus*</i>	1		10
Typhlopidae		5,83	
<i>Amerotyphlops microstomus</i>	5		1; 4; 6
<i>Indotyphlops braminus*</i>	2		10
Serpiente no identificada	5	4,16	
Huevos de serpiente*	1	0,83	10
Lacertilia	9	7,5	
Mabuyidae		0,83	
<i>Marisora lineola*</i>	1		10
Teiidae		1,66	
<i>Holcosus undulatus</i>	2		1
Scincidae		4,16	
<i>Mesoscincus schwartzei</i>	4		2; 6; 10
<i>Scincella cherriei</i>	1		6
Xantusiidae		0,83	
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	1		5
MAMMALIA		0,83	
Eulipotyphla			
Soricidae			
<i>Cryptotis mayensis*</i>	1		10
Contenidos no identificados	14	11,67	
Total	120	100	

De los 101 ejemplares con datos de colecta, recuperamos 32 ejemplares con contenidos gastrointestinales de febrero a diciembre y dos ejemplares con contenido sin fecha de colecta. Se encontraron ejemplares con presas en todos los meses, excepto enero. La frecuencia de ejemplares con contenido en cada mes varió de uno a seis, siendo julio y septiembre los meses con mayor frecuencia con seis y cinco

ejemplares, respectivamente (Fig. 3A y B). Durante las lluvias 19 ejemplares presentaron contenido gastrointestinal y 43 sin contenido, mientras que en secas, 13 con contenido y 26 sin contenido gastrointestinal; el análisis no mostró diferencias en la alimentación entre temporadas (prueba exacta de Fisher, $p = 0,83$; se excluyeron seis ejemplares sin fecha de colecta). No se encontró diferencia en machos y hembras con contenido

entre las temporadas de secas y lluvias (prueba exacta de Fisher, $p = 0,44$; Fig. 3A). Al comparar entre juveniles y adultos con contenido gastrointestinal entre las temporadas de secas y lluvias, no se encontraron diferencias (prueba exacta de Fisher, $p = 0,38$; Fig.3B). De acuerdo con los principales tipos

de presas y temporadas climáticas, durante las lluvias, *M. apiatus* consumió ocho serpientes y una lagartija, durante las secas consumió siete serpientes y una lagartija, sin presentar diferencias en el consumo de serpientes y lagartijas entre temporadas (prueba exacta de Fisher, $p = 1$).

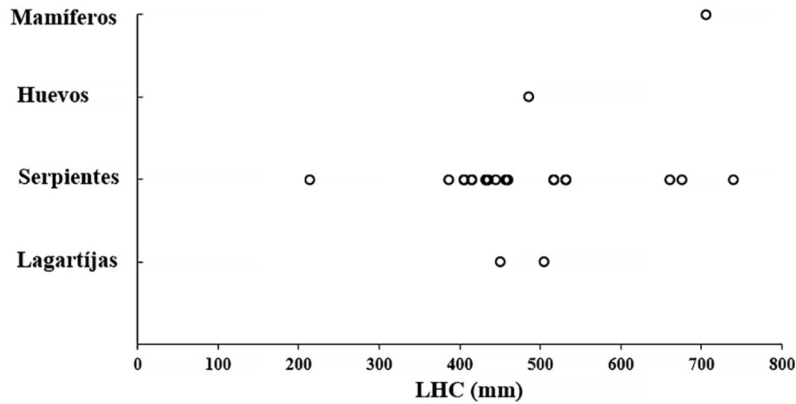


FIGURA 2. Relación entre los tipos de presa (lagartijas, serpientes, huevos de serpiente y mamíferos) y la longitud hocico-cloaca (LHC en mm) de ejemplares de *Micrurus apiatus* de la porción mexicana de la Península de Yucatán. / Relationship between the types of prey (lizards, snakes, snake eggs, and mammals) and the snout-vent length (SVL in mm) of *Micrurus apiatus* specimens from the Mexican portion of the Yucatán Peninsula.

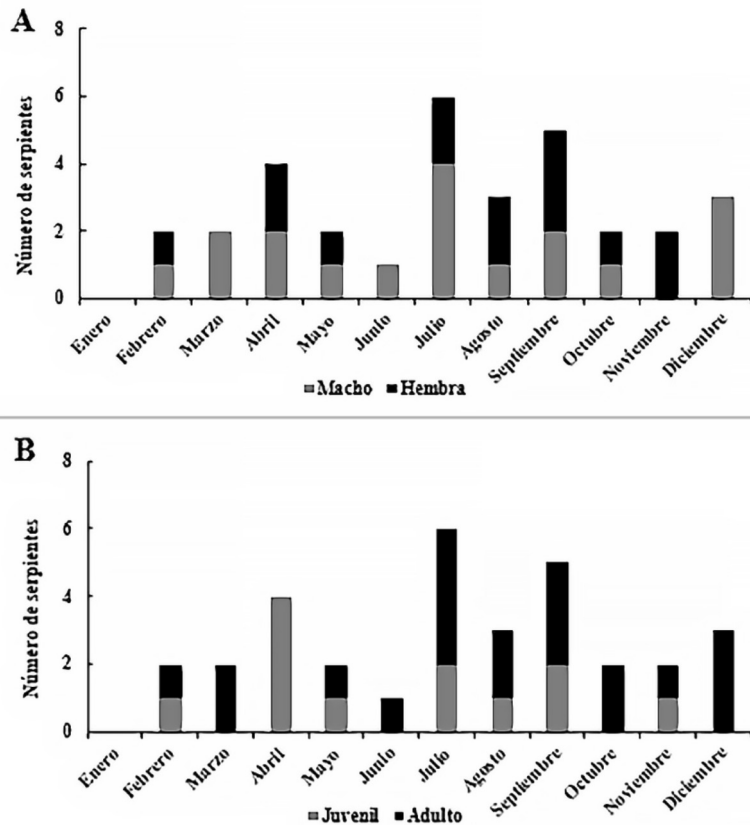


FIGURA 3. Frecuencia mensual de ejemplares de *Micrurus apiatus* de (A) ambos sexos y (B) clases de edad, con presas en el tracto gastrointestinal encontrados en este estudio. / Monthly frequency of *Micrurus apiatus* specimens of (A) both sexes and (B) age classes, with prey in the gastrointestinal tract found in this study.

TAMAÑO Y MORFOLOGÍA

La LHC de *M. apiatus* tuvo un intervalo de 214–925 mm (518 ± 127 mm; n = 97), y una LT de 239–1030 mm (599 ± 142 mm; n = 92). El macho más largo en nuestra muestra midió 800 mm de LT (LHC = 675 mm, LCC = 125 mm) y la hembra más larga midió 1030 mm de LT (LHC = 925 mm, LCC = 105 mm). La LHC de los juveniles tuvo un intervalo de 214–473 mm (401 ± 70 mm, n = 25) y una LT de 239–557 mm (451 ± 84 mm; n = 22). La LHC de 72 ejemplares adultos fue 401–925 mm (562,8 ± 105,8 mm). Existe dimorfismo sexual en la LHC de todos los ejemplares ($t = 3,41$, $gl = 95$, $p = 0,001$) y en los adultos ($t = 6,76$, $gl = 70$, $p = 0,001$), con las hembras presentando mayor tamaño que los machos. El grado de dimorfismo sexual en la LHC fue de 0,27. Se determinó que existe dimorfismo sexual en la LT de todos los ejemplares ($t = 2,60$, $gl = 90$, $p = 0,01$), así como en la LT de 70 ejemplares adultos (648,5 ± 111,8 mm; 470–1030 mm; excluyendo dos machos con cola incompleta), donde las hembras presentaron

mayor tamaño ($t = 6,01$, $gl = 68$, $p = 0,001$). La LCC para los 22 juveniles fue de 25–87 mm (57 ± 14 mm). La LCC para los 70 adultos fue de 30–125 mm (85,8 ± 15,8 mm). Al remover el efecto de la LHC en la LCC de todos los ejemplares ($F_{1,89} = 77,49$, $p = 0,001$) y de ejemplares adultos ($F_{1,67} = 19,20$, $p = 0,001$), se encontraron diferencias entre sexos, donde los machos tienen la cola más larga que las hembras.

La LC de *M. apiatus* osciló entre 5,7–20,3 mm (11,34 ± 2,63; n = 97) y se determinó que existe dimorfismo sexual ($F_{1,94} = 167,15$, $p = 0,001$), donde las hembras tienen una LC mayor. En juveniles de ambos sexos (n = 25) la LC tuvo un intervalo de 5,7–13,1 mm (9,2 ± 1,7 mm; Tabla 2). La LC en adultos de ambos sexos (n = 72) osciló entre 8–20,3 mm (12 ± 2,5 mm), y se determinó que existe dimorfismo sexual ($F_{1,69} = 93,56$, $p = 0,001$), donde las hembras tienen un mayor tamaño. El número de escamas VEN fue mayor en las hembras ($t = -5,98$, $gl = 86$, $p = 0,0001$) y el número de SUB fue mayor en machos ($t = 8,56$, $gl = 87$, $p = 0,0001$; Tabla 2).

TABLA 2. Tamaño de muestra (n), promedio (± desviación estándar) e intervalo de la longitud hocico-cloaca (LHC), longitud cloaca-cola (LCC), longitud total (LT) y longitud de la cabeza (LC) de machos juveniles (MJ), hembras juveniles (HJ), machos adultos (MA) y hembras adultas (HA); así como la escamación ventral (VEN) y subcaudal (SUB) de machos y hembras de *Micrurus apiatus* analizados en este estudio. / Sample size (n), mean (± standard deviation), and range of snout-vent length (LHC), tail length (LCC), total length (LT), and head length (LC) of juvenile males (MJ), juvenile females (HJ), adult males (MA) and adult females (HA); as well as the ventral (VEN) and subcaudal (SUB) scales of males and females of *Micrurus apiatus* analyzed in this study.

	MJ	HJ	MA	HA
n	7	18	47	25
LHC	384,4 ± 34,4 330-395	413,1 ± 75,7 214-473	513,5 ± 72,6 401-706	653,4 ± 99,2 500-925
n	6	16	45	25
LCC	59 ± 11 50-72	56,9 ± 14,8 25-84	88,6 ± 15,8 30-125	82,9 ± 13,5 54-107
LT	444,7 ± 46 380-507	463,7 ± 90,3 239-557	599,8 ± 80,5 470-800	736,3 ± 107,5 580-1030
n	7	18	47	25
LC	9 ± 1 6,9-10,2	9,3 ± 2 5,7-13,1	11,2 ± 1,9 8-15,5	13,7 ± 2,6 10,1-20,3
	Macho		Hembra	
n	49		39	
VEN	203,8 ± 6,3 188-221		212,6 ± 7,4 196-231	
n	49		40	
SUB	50,6 ± 3,4 38-55		43,5 ± 4,5 37-54	

PATRÓN DE ACTIVIDAD

De acuerdo con la muestra analizada, *M. apiatus* presenta un patrón de actividad aparentemente bimodal, ya que muestra actividad durante la primavera (17 registros incluyendo juveniles y adultos), disminuyendo a inicio del verano en el mes de junio, y aumenta de nuevo a mediados del verano (39 registros incluyendo juveniles y adultos), seguido por el otoño (31 registros incluyendo juveniles y adultos), para disminuir en invierno (14 registros incluyendo juveniles y adultos) con poca actividad a finales de diciembre y enero. *Micrurus apiatus* presenta mayor actividad durante la temporada de lluvias (62 registros) que durante la temporada de secas (39 registros; Fig. 4A y B). Respecto a la relación entre la actividad de cada sexo y las temporadas climáticas, durante las lluvias se registraron 28 machos y 25 hembras,

mientras que en la temporada de secas fueron 23 machos y 15 hembras, sin encontrar diferencias (prueba exacta de Fisher, $p = 0,52$; Fig. 4A). De manera similar, no se observaron diferencias entre las clases de edad y las temporadas (prueba exacta de Fisher, $p = 0,47$), registrándose 16 juveniles y 37 adultos durante la temporada de lluvias, y ocho juveniles y 30 adultos en secas (Fig. 4B). Se detectaron dos hembras grávidas a finales de invierno, la primera (ECO-SCH-0587, 12 de marzo; LHC = 537 mm, LT = 602 mm) con seis huevos desarrollados que midieron en promedio $34,3 \pm 9,6$ mm de largo y $9,0 \pm 0,9$ mm de ancho (largo = 18,6–42,6; ancho = 7,6–10,3) y la segunda con 17 huevos en formación (CRAR-UNAM-0058, 15 de marzo; LHC = 560 mm, LT = 631 mm), ambas sin contenidos gastrointestinales.

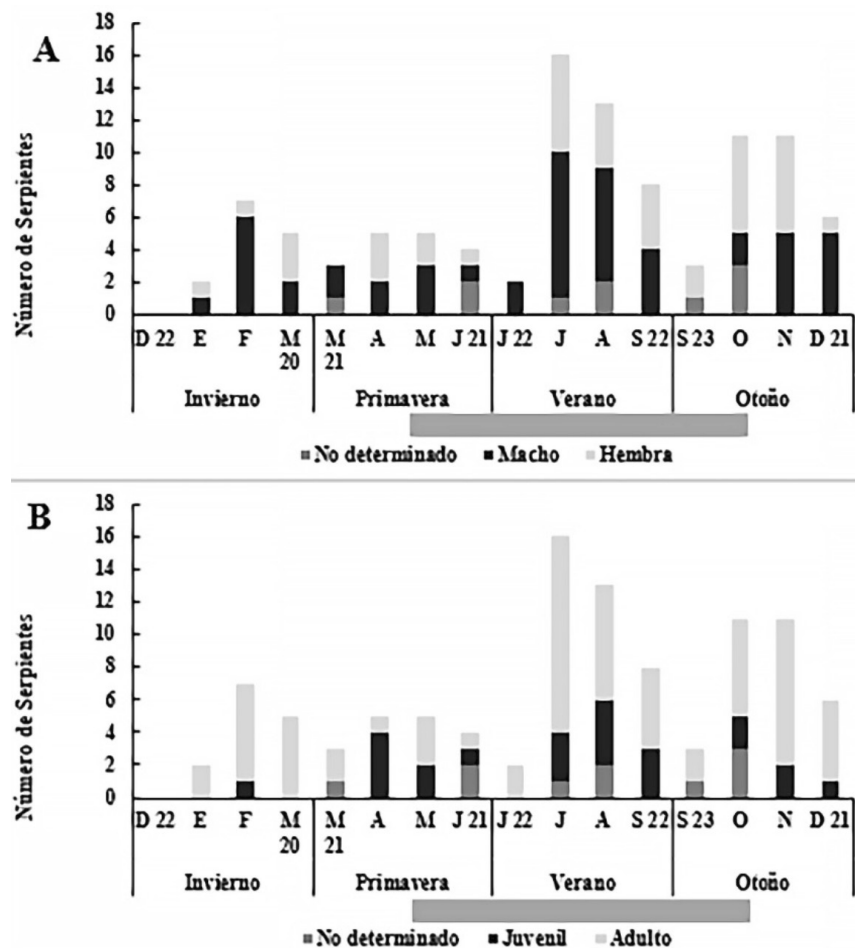


FIGURA 4. Número de ejemplares de (A) ambos sexos y no determinados y (B) clases de edad y no determinados de *Micrurus apiatus* analizados durante este estudio, encontrados cada mes y estación del año, basado en los periodos equinoccial y solsticial en el Hemisferio Norte. La barra gris debajo del eje X indica la temporada de lluvias (Mayo-Octubre). / Number of specimens of (A) both sexes and not determined, and (B) age classes and not determined of *Micrurus apiatus* analyzed during this study, found each month and season of the year, based on the solstitial and equinoctial periods in the Northern Hemisphere. The gray bar below the X axis indicates the rainy season (May-October).

DISCUSIÓN

ECOLOGÍA TRÓFICA

Nuestro estudio proporciona nuevos datos sobre los hábitos alimenticios, historia de vida y patrón de actividad de ejemplares silvestres de *M. apiatus*, así como datos morfológicos adicionales a los disponibles de estudios previos. A pesar de que la probabilidad de obtener presas en el contenido gastrointestinal de ejemplares depositados en colecciones científicas es baja, las aportaciones han sido valiosas, sobre todo los reportes que corresponden a especies raras o de hábitos semifosoriales como los son las serpientes de coral (Campbell *et al.* 2018; West *et al.* 2019; Guedes 2021). Las presas encontradas en este estudio indican que *M. apiatus* tiene una preferencia por consumir otras serpientes, principalmente de la familia Dipsadidae. Este patrón de alimentación donde se consumen principalmente serpientes es consistente con la reconstrucción para el ancestro de todos los elápidos y con el clado de las serpientes de coral (Maritz *et al.* 2021). Se ha demostrado que los elápidos del género *Micrurus* comúnmente consumen presas con forma alargada y delgada (Roze 1996; Marques & Sazima 1997; Bello-Sánchez *et al.* 2021); lo que coincide con las presas de *M. apiatus* previamente reportadas y las reportadas en este estudio, que incluye serpientes, lagartijas, cecilias y simbránquidos (Greene 1973; Blaney & Blaney 1978; Lee 1996; Roze 1996; Köhler *et al.* 2016; Carbajal-Márquez *et al.* 2019).

La mayoría de las presas de *M. apiatus* reportadas previamente y las encontradas en este estudio pertenecen a serpientes de la familia Dipsadidae, seguidas por la familia Colubridae. En la Península de Yucatán las serpientes de las familias Dipsadidae y Colubridae ocupan el primer lugar en riqueza específica, la primera con 23 especies (incluyendo el nuevo registro de *A. visoninum*) y la segunda con 22 especies (Díaz-Gamboa *et al.* 2020), y ambas incluyen serpientes delgadas y de una talla pequeña a mediana, por lo que pueden ser presa de *M. apiatus*. Sin embargo, gran parte de los dipsádidos tienen talla pequeña o mediana, hábitos terrestres y semifosoriales, y prefieren sustratos con hojarasca, en comparación con los colúbridos que contienen algunas especies con talla mediana o grande y algunas arborícolas (Heimes 2016; González-Sánchez *et al.* 2017; Díaz-Gamboa *et al.* 2020). El consumo mayor de dipsádidos, seguido por colúbridos y en menor medida lagartijas también ha sido reportado para *M. diastema*, especie hermana de *M. apiatus* (Bello-Sánchez *et al.* 2021). Adicionalmente, el consumo de dipsádidos ha sido reportado en varias especies de serpientes de coral como *Micrurus albicinctus* (Souza *et al.* 2011), *Micrurus altirostris* (Rodríguez *et al.* 2018), *Micrurus corallinus* (Marques & Sazima 1997; Travaglia-Cardoso & Lempek 2022), *Micrurus*

dissoleucus (Arévalo-Páez *et al.* 2015), *Micrurus ephippifer* (citado como *M. browni*) (Mata-Silva *et al.* 2016), *Micrurus fulvius* (Jackson & Franz 1981), *Micrurus paraensis* (Souza *et al.* 2011) y *Micrurus pyrrhocryptus* (Ávila *et al.* 2010).

Las especies *Dipsas brevifacies*, *Mesoscincus schwartzei*, *M. apiatus*, *N. sebae*, *G. sanniolus* y *Tantillita canula* que fueron registradas en este estudio, ya han sido previamente registradas en la dieta de *M. apiatus* (Köhler 2003; Heimes 2016; Carbajal-Márquez *et al.* 2019; West *et al.* 2019), lo que podría confirmar que son presas habituales de esta serpiente. Por otra parte, las serpientes *A. visoninum*, *C. imperialis*, *I. braminus*, *P. elapoides*, *S. annulatus*, así como la lagartija *M. lineola*, además de los hallazgos de huevos de serpiente y el mamífero *C. mayensis*, representan nuevos registros en la dieta de *M. apiatus*. Cabe mencionar, que algunos de las presas de *M. apiatus* como *C. imperialis* y *N. sebae* coinciden con reportes en la dieta de otras serpientes de coral como *M. diastema*, especie hermana de *M. apiatus* (Bello-Sánchez *et al.* 2021). Las serpientes de la familia Dipsadidae, Colubridae y Typhlopidae con frecuencia se han encontrado en los estómagos de las serpientes de coral (Schmidt 1932; Roze 1996), por ello, no es novedoso que se continúen sumando especies de estas familias en la dieta de *M. apiatus*.

Respecto a la culebra *A. visoninum*, no solo ha sido documentada como una nueva especie en la dieta de *M. apiatus*, sino también es un nuevo registro geográfico para el estado de CM, ya que anteriormente su distribución se limitaba a la vertiente del Atlántico, desde la Sierra de Juárez en el noreste de Oaxaca, sur de Veracruz, Tabasco, el norte y este de Chiapas y norte de Guatemala (Heimes 2016). El registro más cercano se trata de un ejemplar depositado en el Museo de Historia Natural de la Universidad de Colorado (UCM-Herp 22317) colectado en los alrededores de Sayaxché Departamento de Petén, Guatemala (16,539230°, -90,189260°; WGS84; elevación 118 m), a 257 km al sur de nuestro registro (GBIF 2022). Previamente se documentó a *Adelphicos sargii* y *Adelphicos quadrivirgatum* como presas de *M. apiatus* en Guatemala (Greene 1973; Campbell 1998). Adicionalmente, en los alrededores de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, se documentó a *A. quadrivirgatum* y *A. visoninum* como presas de *Micrurus* sp. (anteriormente considerada *M. browni*.; ver Reyes-Velasco *et al.* 2020), que es la especie hermana de *M. apiatus* (Blaney & Blaney 1978; Heimes 2016). Dado que las serpientes de coral son depredadores de especies con tamaño pequeño (Campbell *et al.* 2018), la revisión de su contenido gastrointestinal puede ser más eficiente para documentar especies que son poco conspicuas y que rara vez son encontradas por medio de recorridos para su búsqueda en campo.

Por otra parte, *I. braminus* es la primera especie exótica

incluida en la dieta de *M. apiatus*. La introducción de esta serpiente ciega ha sido previamente documentada en la Península de Yucatán, México, así como en 118 países más y, debido a su reproducción partenogenética, su colonización ha sido rápida (Wallach 2020). *Indotyphlops braminus* es una serpiente pequeña con una LHC máxima de 204 mm, por lo que fácilmente es consumida por adultos y juveniles de *M. apiatus* (este estudio), así como por otras serpientes de coral como *Micrurus browni* (Green 1973; Sánchez & López-Forment 1978). Las serpientes ciegas (Scolophoridae) son presas comunes de diferentes especies de *Micrurus*, incluyendo a *M. altirostris*, *M. diastema*, *M. corallinus*, *M. dissolucus* y *M. pyrrhocryptus* (Marques & Sazima 1997; Ávila et al. 2010; Arévalo-Páez et al. 2015; Rodríguez et al. 2018; Bello-Sánchez et al. 2021). Por lo tanto, es probable que *M. apiatus* y otras especies del género puedan regular las poblaciones de *I. braminus*, aunque se requieren estudios cuantitativos que lo demuestren.

Referente al primer registro de la lagartija *M. lineola* en la dieta de *M. apiatus*, ambas especies usan el mismo microhábitat de hojarasca, además las características morfológicas de *M. lineola* que al igual que *M. schwartzei* (Scincidae), las convierte en posibles presas para esta serpiente de coral (Blaney & Blaney 1978; Álvarez del Toro 1982). Además, las lagartijas de la familia Scincidae son comunes en la dieta de varias especies de serpientes de coral (Jackson & Franz 1981; Roze 1996; Marques & Sazima 1997). Por otra parte, el consumo de huevos de serpiente por *M. apiatus* es un registro interesante, ya que rara vez ha sido documentada la ingesta de huevos en serpientes de coral. Roze (1996) reportó un huevo en el estómago de un *Micrurus nigrocinctus zunilensis*, sin contenido adicional. De igual manera, Rodríguez et al. (2018) reportan dos ejemplares de *M. diastema* que consumieron huevos de reptil y West et al. (2019) reportan un ejemplar de *M. diastema* que consumió huevos de serpiente. Por lo tanto, nuestro estudio reafirma el consumo de huevos de reptil y probablemente esté presente en otras especies del género *Micrurus*.

En esta investigación, se observó que *M. apiatus* puede incluir entre sus presas a pequeños mamíferos como la musaraña *C. mayensis*, que fue obtenida del interior de una serpiente recolectada en el mes de julio durante la temporada de lluvias. Aun cuando la información sobre la biología y ecología de esta musaraña es escasa, se sabe que durante la temporada de lluvias los adultos y subadultos se desplazan con fines reproductivos, principalmente por el suelo de la selva, lo que la vuelve una presa potencial para *M. apiatus* (Choate 1970). Greene (1984) reporta que *M. tener* (especie emparentada con *M. apiatus*), ocasionalmente incluye en

su dieta a pequeños mamíferos, aunque no menciona la identidad taxonómica de los mismos.

Los ejemplares juveniles de *M. apiatus* que presentaron contenido gastrointestinal, almacenaban principalmente residuos de otras serpientes y no se encontraron diferencias en los tipos de presas consumidos por las distintas clases de edad, lo que indica que *M. apiatus* se alimenta mayormente de serpientes en cualquier etapa de su desarrollo. Esto concuerda en parte con los juveniles de *M. corallinus* donde se ha documentado que en su dieta predominan los anfibios, que son vertebrados fosoriales y de cuerpo alargado (Marques & Sazima 1997). En contraste, en los estómagos de algunos ejemplares juveniles de *M. tener*, se han observado colas de lagartijas y ocasionalmente anuros y pequeños mamíferos (Greene 1973, 1984).

Debido al avanzado grado de digestión de las presas, no se pudo obtener el tamaño de la mayoría de los ejemplares consumidos por *M. apiatus*. Es probable que existan diferencias en el tamaño de las presas ingeridas por machos y hembras debido al dimorfismo sexual en relación con el tamaño corporal. Marques & Sazima (1997) encontraron una relación positiva entre la LT de la presa y la LHC de *M. corallinus*, lo que apoyaría nuestra suposición. Asimismo, *M. apiatus* no mostró diferencias entre sexos observándose una similitud entre los tipos de presas consumidas. Lamentablemente, debido a los hábitos secretivos de las serpientes de coral, su baja abundancia, la rareza de observación de eventos de depredación en vida silvestre y que existen pocos ejemplares con contenidos gastrointestinales identificables (Roze 1996; Marques & Sazima 1997; Guedes 2021), se ha generado poca o nula información en relación con la talla de las presas y las serpientes de coral que las consumieron.

Micrurus apiatus se alimenta a lo largo del año, observando un ligero aumento en su frecuencia en la temporada de lluvias (julio-septiembre), aunque no significativamente y con un pico en el mes de abril al final de la temporada de secas. Este patrón de alimentación que continua a lo largo del año, puede deberse a que las condiciones climáticas de la Península de Yucatán son adecuadas para permitir la actividad continua de *M. apiatus* y sus principales presas, ya que la actividad de las serpientes esta influenciada por la temperatura y la humedad (Lillywhite 1987; Marques et al. 2006). Asimismo, este patrón coincide en parte con lo documentado para *M. fulvius*, que, aunque su alimentación podría extenderse a todo el año en Florida, su actividad de alimentación más intensa es en el otoño (septiembre-noviembre), con un pico menor a la mitad de la primavera (abril-mayo) (Jackson & Franz 1981). Además, este patrón de alimentación continuo a lo largo del año coincide con otras serpientes como *Agkistrodon russeolus*

y *Crotalus tzabcan*, dos crotálicos endémicos de la Península de Yucatán (Carbajal-Márquez *et al.* 2020; Ortiz-Medina *et al.* 2022).

VARIACIÓN EN TAMAÑO Y MORFOLOGÍA

Referente al dimorfismo sexual, las hembras de *M. apiatus* alcanzan mayor LHC y LT que los machos, aunque estos últimos tienen la cola más larga, lo que es común en las serpientes, ya que en la base de la cola es donde se alojan los hemipenes y los músculos asociados a los mismos (King 1989; Pinto *et al.* 2008). Además, el grado de dimorfismo sexual en la LHC de *M. apiatus* es cercano a la porción media del intervalo reportado en especies relacionadas (0,11–0,36; Marques *et al.* 2013). Con base en estudios previos sobre dimorfismo sexual en serpientes de coral, se ha observado que en especies con patrón de coloración ANM las hembras generalmente son de mayor tamaño que los machos, y no se ha documentado combate ritual entre machos para competir por las hembras y reproducirse (Marques 2002; Marques *et al.* 2013). Esto concuerda con lo encontrado en *M. apiatus* y con lo reportado para la especie emparentada *M. fulvius*, donde las hembras tienen un mayor tamaño corporal y colas más cortas que los machos (Jackson & Franz 1981). Además, las hembras de mayor longitud se ven favorecidas con una mayor fecundidad al producir mayor cantidad de huevos (Ford & Seigel 1989; Shine 1994, 2003). Por lo tanto, el dimorfismo sexual aparentemente reduce la competencia por el alimento y la reproducción (Marques 2002; Vincent *et al.* 2004).

Respecto al tamaño de la cabeza de *M. apiatus*, se observó dimorfismo sexual, lo que sugiere que pueden existir diferencias en el tamaño de las presas consumidas, cuestión que no pudo ser analizada en este estudio. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre sexos en el tipo de presas consumidas, indicando que las hembras y los machos de *M. apiatus* pueden consumir las mismas presas con cuerpos esbeltos, pero las hembras probablemente tienen la capacidad de ingerir presas de mayor diámetro. Se ha registrado que las serpientes ofiófagas pueden alimentarse de presas más largas que ellas, debido a la forma alargada y delgada de estas últimas, aunque la ingesta suele ser más lenta, en comparación con las serpientes que se especializan en consumir pequeños mamíferos, que generalmente son cortos y robustos (Colston *et al.* 2010; Silva-Banci *et al.* 2017).

Las crías de *M. apiatus* analizadas tienen tallas similares a las reportadas previamente para *M. apiatus* (< 250 mm; Campbell 1998), *M. fulvius* (177,8–211 mm; Allen & Neil 1950; Zegel 1975; Quinn 1979), y *M. tener* (200–205 mm; Campbell 1973). Aunque, la talla de las crías probablemente este influenciada por el tamaño de los huevos y de la puesta (Roze 1996). El intervalo de VEN y SUB en *M. apiatus* es

similar a lo previamente reportado (Lee 1996; Roze 1996; Campbell 1998). Además, encontramos diferencias sexuales en el número de VEN (mayor en hembras) y SUB (mayor en machos). Este patrón de variación morfológica coincide con lo previamente observado para *M. apiatus* y en serpientes de coral en general (Lee 1996; Roze 1996; Campbell & Lamar 2004).

VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE ACTIVIDAD

Micrurus apiatus muestra actividad a lo largo del año, con un patrón aparentemente bimodal, con mayor actividad a finales de invierno y primavera (febrero a inicios de junio), disminuyendo a finales de junio, e incrementa de nuevo a mitad de verano y otoño (julio a inicios diciembre), que coincide con la temporada de lluvias en la Península de Yucatán, para nuevamente disminuir su actividad en los meses más fríos de invierno (finales de diciembre a enero). Además, al no observarse diferencias al comparar la dieta, sexos y clases de edad de *M. apiatus* entre temporadas climáticas, podemos decir que esta serpiente de coral se encuentra activa durante todo el año. En la Península de Yucatán las temperaturas son cálidas a lo largo del año (22,2–31,6°C) (CONAGUA 2020), lo cual permite la actividad continua de *M. apiatus*, así como la disponibilidad de sus presas. Este patrón de actividad coincide con lo reportado para ejemplares de *M. apiatus* en la Península de Yucatán, Belice, Petén, Guatemala y Honduras, que muestran actividad la mayor parte del año, pero con un incremento en la temporada de lluvias (Henderson & Hoevers 1977; Blaney & Blaney 1978; Campbell 1998; McCranie 2011). Además, coincide con especies relacionadas que se distribuyen más al norte, como *M. fulvius* y *M. tener*, que son activas todos los meses del año, con un patrón bimodal, teniendo mayor actividad de marzo a mayo y de agosto a noviembre, con menor actividad de diciembre a febrero. Las hembras grávidas reducen su actividad en junio y julio, y las poblaciones de *M. fulvius* al norte de Florida realizan brumación (Ernst & Ernst 2011). Este parece ser un patrón general en serpientes de coral con patrón ANM, sin embargo, debido a las condiciones climáticas más homogéneas a lo largo del año en regiones tropicales y subtropicales, así como a la falta de información de varias especies, es difícil establecer un patrón general de actividad (Marques *et al.* 2006).

En este estudio se encontraron dos hembras grávidas a finales de invierno (marzo), por lo que probablemente en las poblaciones de *M. apiatus* de la Península de Yucatán, la puesta de sus huevos ocurre durante la primavera y verano, y las crías nacen entre julio y octubre. Una hembra de *M. apiatus* capturada en abril contenía huevos bien formados, proveniente de Alta Verapaz, Guatemala, por lo que probablemente la puesta ocurre de abril-agosto, y

los juveniles son observados en junio y julio (Stuart 1948; Campbell 1998). En Honduras, McCranie (2011) encontró una puesta de *M. apiatus* en julio, conformada por siete huevos que estaban ocultos en la base de un tronco en descomposición. Este patrón reproductivo es muy similar al de especies relacionadas como *M. fulvius* (Zegel 1975; Jackson & Franz 1981) y *M. tener* (Campbell 1973; Quinn 1979), que habitan más al norte. Dado que *M. apiatus* pertenece al linaje de serpientes de coral con ANM, su patrón reproductivo es estacional y por lo tanto, más reducido, donde la vitelogénesis ocurre a finales de invierno y en primavera sincronizado con los apareamientos, la puesta de huevos ocurre a finales de primavera y en verano, las crías emergen a finales de verano y en otoño, con un periodo de actividad postpuesta donde probablemente se alimentan intensivamente; a diferencia del patrón reproductivo más extendido en serpientes de coral ANT (Marques *et al.* 2006, 2013; Bassi *et al.* 2020; Coeti *et al.* 2020). Sin embargo, a pesar de esta tendencia filogenética, la influencia del clima en el ciclo reproductivo de las serpientes de coral es evidente, las especies ecuatoriales con ciclos más continuos y las especies de áreas más frías con ciclos más estacionales (Marques *et al.* 2013). Consecuentemente, es necesario un estudio que caracterice el ciclo reproductivo de ambos sexos de *M. apiatus*, así como en las especies faltantes de este género para entender la influencia del clima en el ciclo reproductivo de las serpientes de coral.

CONCLUSIÓN

Nuestro estudio contribuye a un mejor conocimiento sobre la ecología alimenticia, historia de vida y patrones de actividad de *M. apiatus* y suma a los datos morfológicos disponibles de estudios previos (Lee 1996; Roze 1996, Campbell & Lamar 2004; McCranie 2011). Además, nuestros hallazgos proporcionan un mejor entendimiento de la composición taxonómica de la dieta de *M. apiatus* y sus patrones de variación, y con esto generar inferencias sobre el comportamiento alimenticio de esta serpiente de coral. *Micrurus apiatus* es un depredador especializado en consumir serpientes y en menor medida otras presas con forma alargada y delgada, que es un patrón observado en serpientes de coral en general. *Micrurus apiatus* presenta dimorfismo sexual en LHC, LT, LC (mayor en hembras), LCC (mayor en machos), número de VEN (mayor en hembras) y SUB (mayor en machos). *Micrurus apiatus* está activa a lo largo del año, con un patrón de actividad aparentemente bimodal, con un incremento de actividad a finales de invierno y en primavera (febrero a inicios de junio), disminuyendo a finales de junio, e incrementa de nuevo a mitad de verano y otoño (julio a

inicios de diciembre), disminuyendo de nuevo en invierno (finales de diciembre y enero). Nuestros registros sugieren que *M. apiatus* al parecer presenta un patrón de apareamiento unimodal. *Micrurus apiatus* al igual que las serpientes de coral en general, es una especie de hábitos secretivos, que la hacen difícil de estudiar en el campo. Afortunadamente, los datos de historia natural y morfológicos proporcionados en este estudio ayudan a tener un mejor entendimiento de su biología y ecología. Es importante continuar estudiando a *M. apiatus* y a las serpientes de coral en general, ya que aún falta mucho por conocer sobre aspectos de su historia natural, ecología alimentaria, reproducción y etología, entre otros. Generar información acerca de las especies que se caracterizan por ser poco comunes o difíciles de observar en su entorno natural, como lo son las serpientes de coral, que adicionalmente constituyen un tema importante de salud pública debido a su toxicidad, es importante para asegurar un mejor entendimiento sobre su función en el ecosistema, para evaluar su estado de conservación y para establecer estrategias de conservación efectivas.

AGRADECIMIENTOS

El autor principal agradece a Javier De la Fuente López por su ayuda, así como asesoría en el procesamiento de análisis de datos. Agradecemos a Luis Antonio Muñoz Alonso por facilitar los organismos resguardados en la Colección Herpetológica de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas (ECO-SC-H), de igual manera a Sol de Mayo Araucana Mejenes López por donar ejemplares resguardados en el Tecnológico Nacional de México campus Chiná, Campeche (TecNM Campus Chiná) y al Laboratorio de Biología de la Conservación, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sede Parque Científico Yucatán, Facultad de Ciencias UNAM por permitir el acceso a las instalaciones para el procesamiento de organismos. A R. Pamela Adylú Onofre Salomón por su ayuda en la captura de datos durante el procesamiento de ejemplares durante el trabajo de laboratorio. A Javier Alonso Ortiz Medina y Pablo Jesús Ramírez Barajas por su apoyo en la identificación de ejemplares presa. Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a Nidia Gabriela Blanco-Campos para realizar la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural en el posgrado de ECOSUR. A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por el apoyo institucional. Rubén A. Carbajal-Márquez agradece a CONAHCYT y a la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) por la beca posdoctoral otorgada y apoyo institucional. La lectura cuidadosa por parte de los revisores resultó en una notable mejoría de esta contribución.

REFERENCIAS

- Allen, R., Neil, W. 1950. The coral snake. *Florida Wildlife* 5(5): 14-15.
- Almeida-Santos, S.M., Braz, H.B., Santos, L.C., Sueiro, L.R., Barros, V.A., Rojas, C.A., Kasperoviczus, K.N. 2014. Biología reproductiva de serpientes: recomendaciones para la coleta e análisis de datos. *Herpetologia Brasileira* 3(1): 14-24.
- Almeida-Santos, S.M., Pizzatto, L., Marques, O.A.V. 2006. Intra-sex synchrony and inter-sex coordination in the reproductive timing of the Atlantic Coral Snake *Micrurus corallinus* (Elapidae) in Brazil. *Herpetological Journal* 16(4): 371-376.
- Álvarez del Toro, M. 1982. Los reptiles de Chiapas. Instituto de Historia Natural, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 248 pp.
- Arévalo-Páez, M., Montes-Correa, A.C., Rada-Vargas, E., Saboyá-Acosta, L.P., Renjifo, J.M. 2015. Notes on the diet of the Pigmy Coral Snake *Micrurus dissolucus* (Cope, 1860) in northern Colombia (Serpentes: Elapidae). *Herpetology Notes* 8(2015): 39-41.
- Ávila, R.W., Kawashita-Ribeiro, R.A., Ferreira, V.L., Strüssmann, C. 2010. Natural history of the coral snake *Micrurus pyrrhocryptus* Cope 1862 (Elapidae) from semideciduous forest of western Brazil. *South American Journal of Herpetology* 5(2): 97-101.
- Bassi, E.A., Coeti, R.Z., Almeida-Santos, S.M. 2020. Reproductive cycle and sperm storage of female coral snakes, *Micrurus corallinus* and *M. frontalis*. *Amphibia-Reptilia* 41(2020): 13-27.
- Bello-Sánchez, E.A., Delfín-Alfonso, C.A., Pérez-Alvarado, C., Lara-Hernández, F. 2021. Noteworthy dietary records of the Variable Coral Snake *Micrurus diastema* (Serpentes: Elapidae) in America. *North-Western Journal of Zoology* 17(1): 100-105.
- Blaney, R.M., Blaney, P.K. 1978. Notes on three species of *Micrurus* (Serpentes: Elapidae) from Mexico. *Herpetological Review* 9(3): 92.
- Campbell, J.A. 1973. A captive hatching of *Micrurus fulvius tenere* (Serpentes, Elapidae). *Journal of Herpetology* 7(3): 312-315.
- Campbell, J.A. 1998. Amphibians and reptiles of northern Guatemala, the Yucatán, and Belize. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma. 380 pp.
- Campbell, J.A., Lamar, W.W. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere. Comstock Publishing Associate. Ithaca, New York. 1032 pp.
- Campbell, J.A., Smith, E.N., Hall, A.S. 2018. Caudals and Calyces: The Curious Case of a Consumed Chiapan Colubroid. *Journal of Herpetology* 52(4): 459-472.
- Carbajal-Márquez, R.A., Cedeño-Vázquez, J.R., González-Solís, D., Martins, M. 2020. Diet and feeding ecology of *Crotalus tzabcan* (Serpentes: Viperidae). *South American Journal of Herpetology* 2020(15): 9-19.
- Carbajal-Márquez, R.A., García-Balderas, C.M., Ramírez-Valverde, T., Cedeño-Vázquez, J.R., Blanco-Campos, N.G. 2019. New prey items in the diet of snakes from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Cuadernos de Herpetología* 33(2): 71-74.
- Choate, J.R. 1970. Systematics and zoogeography of the Middle American shrews of the genus *Cryptotis*. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 19(3): 195-317.
- Coeti, R.Z., Da Silva, K.B., Puerto, G., Tavaglia-Cardoso, S.R., Almeida-Santos, S.M. 2020. Semen collection and evaluation in *Micrurus corallinus*. *Herpetological Conservation and Biology* 15(3): 620-625.
- Colston, T.J., Costa, G.C., Vitt, L.J. 2010. Snake diets and the deep history hypothesis. *Biological Journal of the Linnean Society* 101(2): 476-486.
- CONAGUA. 2020. Reporte anual 2020. El reporte del clima en México. Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México, México. 98 pp.
- Díaz-Gamboa, L., May-Herrera, D., Gallardo-Torres, A., Cedeño-Vázquez, J.R., González-Sánchez, V., Chiappa-Carrara, X., Yáñez-Arenas, C. 2020. Catálogo de reptiles de la península de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior del Gobierno de Yucatán, Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán. 315 pp.
- Ernst, C.H., Ernst, E.M. 2011. Venomous reptiles of the United States, Canada, and Northern Mexico: *Heloderma, Micruroides, Micrurus, Pelamis, Agkistrodon, Sistrurus*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 392 pp.
- Ford, N.B., Seigel, R.A. 1989. Relationships among body size, clutch size, and egg size in three species of oviparous snakes. *Herpetologica* 45(1): 75-83.
- GBIF. 2022. GBIF Occurrence Download. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.dyhf6c>. Accedido: Mayo 9, 2022.
- Gibbons, J.W., Lovich, J.E. 1990. Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the Slider Turtle (*Trachemys scripta*). *Herpetological Monographs* 4(1990): 1-29.
- González-Sánchez, V.H., Johnson, J.D., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., DeSantis, D.L., Wilson, L.D. 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 4(2): 264-380.
- Greene, H.W. 1973. The food habits and feeding behavior of New World coral snakes. Tesis de Maestría, University of Texas at Arlington, Arlington, USA.
- Greene, H.W. 1984. Feeding behavior and diet of the eastern coral snake, *Micrurus fulvius*. *Museum of History*. University of Kansas, Special Publication 10: 147-162.
- Guedes, T.B. 2021. A Matryoshka of scales: a single specimen reveals multiple new aspects of diet and distribution of

- snakes. *Herpetology Notes* 14(2021): 385-390.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana*, Vol. I, Snakes of Mexico. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Alemania. 572 pp.
- Henderson, R.W., Hoevers, L.G. 1977. The seasonal incidence of snakes at a locality in northern Belize. *Copeia* 1977(2): 49-355.
- Jackson, D., Franz, R. 1981. Ecology of the Eastern Coral Snake (*Micrurus fulvius*) in Northern Peninsular Florida. *Herpetologica* 37(4): 213-228.
- King, R.B. 1989. Sexual dimorphism in snake tail length: sexual selection, natural selection, or morphological constraint? *Biological Journal of the Linnean Society* 38(2): 133-154.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles de Centro América*. Herpeton, Offenbach, Alemania. 367 pp.
- Köhler, G., Cedeño-Vázquez, J.R., Spaeth, M., Beutelspacher-García, P. 2016. The Chetumal Snake Census: generating biological data from road-killed. Part 1. Introduction and identification key to the snakes of southern Quintana Roo, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 3(4): 669-687.
- Lee, J.C. 1996. *The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula*. Cornell University Press, Comstock, Ithaca. 500 pp.
- Lillywhite, H.B. 1978. Temperature, energetics and physiological ecology. En: Seigel, R.A., Collins, J.T., Novak, S.S. (Eds) *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*: 422-477. MacMillan Publishing Company, New York.
- Maritz, B., Bareends, J.M., Mohamed, R., Maritz, R.A., Alexander, G.J. 2021. Repeated dietary shifts in elapid snakes (Squamata: Elapidae) revealed by ancestral state reconstruction. *Biological Journal of the Linnean Society* 134(4): 975-986.
- Marques, O.A.V. 2002. Natural history of the coral snake *Micrurus decoratus* (Elapidae) from the Atlantic Forest in southeast Brazil, with comments on possible mimicry. *Amphibia-Reptilia* 23: 228-232.
- Marques, O.A.V., Sazima, I. 1997. Diet and feeding behavior of the coral snake, *Micrurus corallinus*, from the Atlantic Forest of Brazil. *Herpetological Natural History* 5(1): 88-93.
- Marques, O.A.V., Almeida-Santos, S.M., Rodrigues, M.G. 2006. Activity patterns in coralsnakes, genus *Micrurus* (Elapidae), in South and Southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 1(2): 99-105.
- Marques, O.A.V., Pizzatto, L., Santos, S.M.A. 2013. Reproductive strategies of new world coral snakes, genus *Micrurus*. *Herpetologica* 69(1): 58-66.
- Mata-Silva, V., Rocha, A., DeSantis, D.L., García-Padilla, E., Wilson, L.D., Ramírez-Bautista, A. 2016. *Micrurus browni* Schmidt and Schmidt, 1943. Diet. Other Contributions. *Nature Notes. Mesoamerican Herpetology* 3(4): 1020-1022.
- McCranie, J.R. 2011. *The snakes of Honduras*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Salt Lake City, Utah. 714 pp.
- Mendes, V., Lock, D.C., Loebmann, D., Entiauspe-Neto, O.M. 2021. First record of male combat for *Micrurus hemprichii* (Serpentes: Elapidae). *Herpetology Notes* 14(2021): 181-183.
- Ortiz-Medina, J.A., Cedeño-Vázquez, J.R., González-Solís, D., Mata-Silva, V. 2022. Intraespecific variation in diet composition and morphology of Yucatecan Cantils (*Agkistrodon russeolus* Gloyd 1972 [Serpentes:Viperidae]). *Herpetologica* 78(4): 244-252.
- Pinto, R.R., Fernandes, R., Augusto, O., Marques, V. 2008. Morphology and diet of two sympatric colubrid snakes. *Amphibia-Reptilia* 29(2008): 149-160.
- Quinn, H.R. 1979. Reproduction and growth of the Texas coral snake (*Micrurus fulvius tener*). *Copeia* 1979(3): 453-463.
- Reyes-Velasco, J., Adams, R.H., Boissinot, S., Parkinson, C.L., Campbell, J.A., Castoe, T.A., Smith, E.N. 2020. Genome-wide SNPs clarify lineage diversity confused by coloration in coral snake of the *Micrurus diastema* species complex (Serpentes: Elapidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 147(2020): 106-770.
- Rodríguez, M.E., Arzamendia, V., Bellini, G.P., Giraud, A.R. 2018. Natural history of the threatened coral snake *Micrurus altirostris* (Serpentes: Elapidae) in Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89(2018): 1255-1262.
- Roze, J.A. 1996. *Coral snakes of the Americas: biology, identification, and venoms*. Krieger Publishing Company, Florida. 328 pp.
- Sánchez, O., López-Forment, W. 1978. Anfíbios y reptiles de la región de Acapulco, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Zoología* 58(2): 735-750.
- Schmidt, K.P. 1932. Stomach contents of some American coral snakes, with the description of a new species of *Geophis*. *Copeia* 1932(1): 6-9.
- Seib, R.L. 1985. *Feeding Ecology and Organization of Neotropical Snake Faunas*. Tesis de doctorado. Universidad de California, Berkeley, Estados Unidos de América.
- Shine, R. 1994. Sexual size dimorphism in snake revisited. *Copeia* 1994(2): 326-346.
- Shine, R. 2003. Reproductive strategies in snakes. *Proceedings of the Royal Society. Biological Science* 270(1519): 995-1004.
- Silva-Banci, K.R., Torrello-Viera, N.T., Freitas, A.C., Marques, O.A.V. 2017. Feeding on elongate prey: additional data for the coral snake *Micrurus corallinus* (Merren, 1820) (Elapidae) and comments on aposematism. *Herpetology Notes* 10(2017): 335-338.
- Souza, S.M., Junqueira, A.B., Jakovac, A.C.C., Assunção, P.A., Correia, J.A. 2011. Feeding behavior and ophiophagous

- habits of two poorly known amazonian coral snakes, *Micrurus albicinctus* Amaral 1926 and *Micrurus paraensis* Cunha and Nascimento 1973 (Squamata, Elapidae). *Herpetology Notes* 4(2011): 369-372.
- Stuart, L.C. 1948. The amphibians and reptiles of Alta Verapaz Guatemala. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 69: 1-109.
- Torrescano-Valle, N., Folan, W.J. 2015. Physical settings, environmental history with an outlook on global change. En: Islebe, G.A., Calmé, S., León-Cortés, J.L., Schmook, B. (Eds) *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula*: 9-37. Springer International Publishing, Switzerland.
- Travaglia-Cardoso, S.R., Lempek, C.R. 2022. The ingestion of a large prey facilitating the capture of the predator: a study case in *Micrurus corallinus* (Serpentes, Elapidae). *Oecologia Australis* 26(3): 510-514.
- Vincent, S.E., Herrel, A., Irschick, D.J. 2004. Sexual dimorphism in head shape and diet in the cottonmouth snake (*Agkistrodon piscivorus*). *Journal of Zoology* 264(1): 53-59.
- Wallach, V. 2020. First appearance of the Brahminy Blindsnake, *Virgotyphlops braminus* (Daudin 1803) (Squamata: Typhlopidae), in North America, with reference to the states of Mexico and the USA. *Reptiles & Amphibians* 27(2): 326-330.
- West, TR., Schramer, T.D., Kalki, Y., Wylie D.B. 2019. Dietary Notes on the Variable Coral Snake, *Micrurus diastema* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 54(1): 4-8.
- Zegel, J.C. 1975. Notes on collecting and breeding the eastern coral snake, *Micrurus fulvius fulvius*. *Bulletin of the Southeastern Herpetological Society* 1(6): 9-10.

APÉNDICE 1. Ejemplares de *Micrurus apiatus* consultados en este estudio. / Specimens of *Micrurus apiatus* consulted in this study.

Micrurus apiatus (n = 107). MÉXICO: CAMPECHE: ARITCH-067, 075, 148; ECO-CH-H-0866, 0875, 1195, 1196, 1275, 1353, 1447, 1470, 1485, 1777, 3983. QUINTANA ROO: CRAR-UNAM-0039; ECO-CH-H-0007, 0011, 0206, 0209, 0229, 0245, 0253, 0306, 0367, 0368, 0400, 0924, 1133, 1309, 1428, 1635, 1750, 1991, 1992, 2072, 2085, 2101, 2245, 2351, 2432, 2535, 2536, 2541, 2874, 2932, 2933, 2934, 3127, 3140, 3141, 3142, 3182, 3490, 3537, 3716, 3731, 3755, 3800, 3987, 4003, 4040, 4054, 4100, 4123, 4128, 4359, 4368, 4439, 4518, 4548, 4582, 4603, 4609, 4621, 4622, 4626, 4692, 4802, 4859; ECO-SC-H-0587, 0828, 0829, 0830, 0835, 2734. YUCATÁN: CRAR-UNAM-0017,0039, 0052, 0058, 0069; ECO-CH-H-1241, 1669, 1699, 3444, 3514, 3532, 3533, 3611, 3617, 3618, 3620, 3789, 4354, 4763, 4764, 4793, 4800, 4842.

Received: 04.03.2023

Accepted: 27.06.2023