

USO DE MICROHÁBITATS Y DIVERSIDAD DE PRESAS CONSUMIDAS POR *Craugastor berkenbuschii* (Anura: Craugastoridae) EN MÉXICO

Use of microhabitats and diversity of consumed preys by *Craugastor berkenbuschii* (Anura: Craugastoridae) in Mexico

Liliana RÍOS-RODAS¹, Claudia Elena ZENTENO-RUIZ², José del Carmen GERÓNIMO-TORRES¹,
Nelly del Carmen JIMÉNEZ-PÉREZ², María Guadalupe BUSTOS-ZAGAL³, Manuel PÉREZ-DE LA CRUZ^{2*}.

- ¹ Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Catatzajá-Palenque, Km 4, Catatzajá, Chiapas, México. C. P.29980.
 - ² División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5 S/N, entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86150.
 - ³ Laboratorio de Herpetología, Depto. de Zoología. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001 Colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C. P. 62210.
- * For correspondence *perezmandoc@hotmail.com

Received: 21st July 2021. Returned for revision: 11th January 2022. Accepted: 28th January 2022.

Associate Editor: Martha Ramírez Pinilla

Citation/ citar este artículo como: Ríos-Rodas, L., Zenteno-Ruiz, C. E., Gerónimo-Torres, J. C., Jimenez-Pérez, N. C., Busto-Zagal, M. G. y Pérez, M. (2023). Uso de microhábitats y diversidad de presas consumidas por *Craugastor berkenbuschii* (Anura: Craugastoridae) en México. *Acta Biol Colomb.*, 28(1), 39-48. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.95266>

RESUMEN

Analizamos el uso de microhábitat para las diferentes clases etarias entre épocas climáticas y comparamos la diversidad de presas consumidas por los machos y hembras adultas de *Craugastor berkenbuschii* en un arroyo tropical del sureste de México. Los datos fueron colectados en diez transectos de 100 x 15 m, separados entre sí por 25 m de distancia entre ellos. Los muestreos diurnos y nocturnos se realizaron mensualmente entre septiembre 2017 y agosto 2018. A cada individuo observado le registramos el sexo, la clase etaria y el microhábitat utilizado al momento del avistamiento. Las presas consumidas fueron extraídas mediante lavados estomacales *in situ*. Registramos un total de 437 individuos; 165 fueron adultos, 162 juveniles y 110 crías. Los microhábitats utilizados fueron roca, hojarasca, suelo, tronco, rama, hojas y raíz, de los cuales roca fue el más utilizado independientemente de la época del año y clases etarias. Se identificaron 21 órdenes de presas, 19 órdenes en hembras y 11 en machos. El índice de diversidad verdadera (¹D), mostró valores similares para machos y hembras, con 9,67 y 9,08 respectivamente. El índice de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) determinó que las hembras consumen una mayor diversidad de presas que los machos, con 5,12 y 4,25, respectivamente. Los resultados muestran que las diferentes clases etarias de *C. berkenbuschii* aprovechan una gran variedad de microhábitats entre épocas climáticas y que existen diferencias entre las presas consumidas entre machos y hembras adultas.

Palabras clave: anfibios, composición dietética, diversidad taxonómica, ecosistemas ribereños, endémica.

ABSTRACT

We analyzed microhabitat use for different age classes between climatic seasons and compared the diversity of prey consumed by adult males and females of *Craugastor berkenbuschii* in a tropical stream in southeastern Mexico. The data was collected in ten transects of 100 x 15 m, separated from each other by 25 m of the distance between them. Day and night sampling was carried out monthly between September 2017 and August 2018. For each observed individual, we recorded the sex, age class, and microhabitat used at the time of the sighting. The consumed prey was extracted by means of *in situ* stomach washings. We registered a total of 437 individuals; 165 were adults, 162 were juveniles, and 110 were young. The microhabitats used were rock, litter, soil, trunk, branch,

leaves, and root, of which rock was the most used regardless of the time of year and age classes. Twenty-one orders of prey were identified, 19 orders in females and 11 in males. The true diversity index (1D) showed similar values for males and females, with 9.67 and 9.08 respectively. The average taxonomic distinctness index ($\Delta+$) determined that females consume a greater diversity of prey than males, with 5.12 and 4.25, respectively. The results show that the different age classes of *C. berkenbuschii* take advantage of a wide variety of microhabitats between climatic seasons and that there are differences between the prey consumed between adult males and females.

Keywords: amphibians, dietary composition, taxonomic diversity, riparian ecosystems, endemic.

INTRODUCCIÓN

El hábitat desde un punto de vista espacial se define como el área que reúne las condiciones y características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de una especie (Delfín-Alfonso *et al.*, 2013). Este puede ser dividido en dos escalas: el macrohábitat y el microhábitat, el primero hace referencias a características a escala del paisaje, como zonas de asociaciones específicas de vegetación (Hall *et al.* 1997), mientras que el segundo se refiere a características del hábitat en escala fina, que en el caso particular de los anfibios pueden ser la cobertura vegetal, los sitios de percha y sustratos disponibles (Román-Palacios *et al.* 2016).

Los estudios del uso de microhábitats en anfibios brindan información importante acerca de los patrones de forrajeo y tipos de presas consumidas (Duré y Kehr, 2004; Cajade *et al.* 2010; Posso-Peláez *et al.* 2017). Se ha documentado que los anfibios adultos generalmente consumen invertebrados y en algunos casos pueden alimentarse de pequeños vertebrados, sin embargo, la composición taxonómica de las presas depende principalmente del patrón de uso de los microhábitats, dicha composición de las presas ha sido relacionada con el tamaño y sexo de los individuos (Fonseca-Pérez *et al.* 2017). De acuerdo con Luría-Manzano *et al.* (2018), la talla de las ranas es importante al momento de la captura de las presas, debido a que individuos de mayor tamaño consumen presas más grandes, en comparación con los más pequeños. Así mismo, se ha observado que ranas de tamaño corporal mayor consumen presas de tamaño mayor, mientras que las especies más pequeñas consumieron presas más pequeñas, evitando así el solapamiento de la dieta entre los diferentes tamaños de los individuos (Muñoz-Guerrero *et al.*, 2007). En el caso particular de *C. rhodopsis* se ha observado que el sexo y el tamaño de los individuos tienen un efecto sobre el número de presas consumidas, lo que sugiere que cada sexo podría estar regulando de manera diferente las poblaciones de invertebrados (Luría-Manzano *et al.*, 2018).

Existen vacíos de información sobre la ecología e historia de vida de muchas de las especies de anfibios (Posso-Peláez *et al.*, 2017), como es el caso de *Craugastor berkenbuschii* (Peters, 1870), una especie endémica de México considerada especialista de hábitats rocosos ribereños en bosques tropicales y mesófilos de montaña (Pough *et al.*, 2003). Se distribuye entre los 80 y 1900 m.s.n.m. en los estados de San Luis Potosí, Puebla, Veracruz, Tabasco y Oaxaca (Güizado-

Rodríguez *et al.* 2010), y se encuentra protegida por la NOM 059 SEMARNAT-2010 bajo la categoría de “Protección especial” (Pr), y catalogada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en “Preocupación menor” (Fernández-Badillo *et al.*, 2020). A pesar de ello no existen estudios poblacionales que hagan referencia al uso de microhábitat y diversidad de presas consumidas por esta especie, por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar el uso de microhábitat para las diferentes clases etarias entre épocas climáticas y comparar la diversidad de presas consumidas por los machos y hembras adultas de *C. berkenbuschii* en un arroyo tropical en Tabasco, México. Nuestras predicciones fueron que: 1) los adultos de *C. berkenbuschii* utilizan un mayor número de microhábitats independientemente de la época climática, y 2) existen diferencias en la composición de las presas consumidas por las machos y hembras adultas de *C. berkenbuschii*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se localiza en la sierra del municipio de Huimanguillo, al sur del estado de Tabasco (17°19' N y 93°33' O), ubicada en la región fisiográfica conocida como Montañas del norte de Chiapas. La topografía es accidentada con pendientes de 25 a 75 % y un intervalo altitudinal de 200 a 1000 m.s.n.m. (Alejandro-Montiel *et al.*, 2010). El clima predominante es cálido húmedo con lluvias todo el año (Af), con precipitación media anual de 3638 mm y temperatura media anual de 20,6 °C (Carvajal-Hernández *et al.*, 2018). Las épocas climáticas presentes en el sitio de estudio son secas, lluvia o temporal y norte (West *et al.*, 1985; Aceves-Navarro y Rivera-Hernández, 2019): la época de seca se caracteriza por presentar bajas precipitaciones (100 mm), altas temperaturas (27° C) y fuertes vientos conocidos como sures, esta época abarca los meses de marzo, abril y mayo; lluvia o temporal, se caracteriza por presentar fuertes precipitaciones (290 mm) y vientos alisios, esta época abarca los meses de junio, julio, agosto y parte de septiembre; y norte, se caracteriza por la disminución de temperatura (24° C), mayor número de días nublados y alta humedad relativa, debido a la presencia de frentes atmosféricos denominados nortes, esta época se extiende desde finales de septiembre al mes de febrero,

aunque el periodo más lluvioso del año se presenta en los meses de septiembre a octubre.

En el área se encuentran dos tipos de vegetación: selva alta perennifolia y vegetación secundaria. La selva se caracteriza por presentar árboles de más de 45 m de altura como: caoba (*Swietenia macrophylla* King), ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), ceiba (*Ceiba pentandra* Gaertn), jobo (*Spondias mombin* L), zopo (*Guatteria grandiflora* Donn.Sm.) y palo mulato (*Bursera simaruba* L). En la vegetación secundaria predominan herbáceas, arbustos y árboles de entre 10 y 30 m de altura como: guarumo (*Cecropia obtusifolia* Bertol), guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), jonote (*Heliocarpus donnellsmithii* Rose), ciruelillo (*Trichilia havanensis* Jacq) y naranjillo (*Bernardia dodecandra* (Sessé ex Cav.) Govaerts). La superficie muestreada es atravesada por un arroyo rocoso conocido como “La Escalera”, el cual tiene una anchura de 5-10 m y una profundidad promedio de 50 cm, aunque se pueden presentar pozas de formación natural de más de 1 m de profundidad y cascadas permanentes o temporales (Palma-López *et al.*, 2011; Rodríguez y Banda, 2016).

Trabajo de campo

Se establecieron diez transectos sobre el arroyo de 100 m de largo por 15 m de ancho cada uno, dejando una separación de 25 m entre ellos con el fin de evitar la captura y lavado estomacal de los individuos previamente capturados. Los transectos fueron muestreados mensualmente durante un año, de septiembre 2017 a agosto 2018. Enero fue el único mes donde no se realizó trabajo de campo debido a condiciones meteorológicas desfavorables, lo cual impidió el acceso al sitio de estudio. Los recorridos se realizaron de 09:00 a 15:00 h y de 18:00 a 00:00 h, obteniendo un esfuerzo de muestreo de 1320 h/hombre (Rios-Rodas *et al.*, 2020).

Para cada individuo observado de *C. berkenbuschii* se registró el sexo, clase etaria, microhábitat utilizado y época climáticas. El sexo se determinó mediante las excrecencias nupciales presentes en los machos adultos y el tamaño del tímpano, cuyo diámetro en el caso de los machos equivale al 80 % con relación al diámetro del ojo, mientras que en las hembras es del 40 % (Campbell y Savage, 2000; Lynch, 2000), para el caso de las crías, se utilizó una lupa y fotografías digitales para la observación del tamaño relativo del tímpano. Debido a que la especie de estudio presenta desarrollo directo, se determinó la categoría de edad de los individuos con base en la longitud hocico-cloaca (LHC) mencionada por Campbell y Savage, (2000) y Lynch (2000): crías (organismos recién eclosionados) < 20 mm, juveniles de 21 a 37 mm y adultos de 38 a 83 mm. Como microhábitat se registraron los sustratos en los cuales fueron encontrados los individuos durante el estudio.

Para identificar las presas consumidas por los machos y hembras adultas de *C. berkenbuschii*, se realizaron lavados

estomacales *in situ* al momento de la captura mediante la técnica descrita por Solé (2005), modificando el tamaño de las jeringas utilizadas, para ello se utilizaron jeringas de 20 y 35 ml según el tamaño del individuo, con el objetivo de causar el menor daño posible. El agua para los lavados se tomó del arroyo donde se capturaron las ranas. Una vez terminados los lavados estomacales los individuos fueron liberados en el sitio de captura. Posteriormente, se desinfectó el material con una solución de hipoclorito con el fin de evitar la propagación de enfermedades infecciosas. Los contenidos estomacales obtenidos fueron etiquetados y almacenados en frascos con alcohol etílico al 70 % para su posterior determinación. Las presas fueron determinadas hasta el nivel de orden, con la ayuda de las claves taxonómicas de Triplehorn y Johnson (2005).

Análisis de datos

La proporción de sexos de *C. berkenbuschii* por clases etarias se determinó al dividir el número de machos entre el número de hembras (Morlans, 2004). Posteriormente se realizó una chi-cuadrada utilizando a las clases etarias y el sexo como variables independientes para determinar si la categoría de edad influye en la proporción de sexos. Las diferencias estadísticas en la frecuencia de uso de microhábitats por clases etarias y épocas climáticas se determinaron usando la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, donde se utilizó como variable de respuesta la abundancia y como variable independiente los microhábitats, seguida de una prueba post-hoc para identificar los microhábitats donde se presentaban las diferencias, esto con ayuda del programa estadístico Statgraphics Centurion 18 versión 18.1.13. La diversidad de presas consumidas por sexos se calculó a través del índice de diversidad verdadera o números de Hill de orden 1 (1D), en el cual todas las categorías de presas son consideradas en el valor de diversidad, ponderadas proporcionalmente según su abundancia. La distintividad taxonómica de las presas consumidas por machos y hembras se comparó a través de los siguientes niveles taxonómicos: reino, filo, subfilo, clase, subclase y orden; con los cuales se calculó el índice de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$), el cual mide el grado de la relación taxonómica neta de una comunidad independientemente del número de muestras (Warwick y Clarke, 1995; Gerónimo-Torres *et al.*, 2022). La frecuencia de ocurrencia de presas consumidas entre machos y hembras adultas se comparó con las curvas de rango-abundancia (Feinsinger y Ventosa-Rodríguez, 2014; Magurran, 1998), para ello se transformaron las frecuencias de presas con el logaritmo base 10. Finalmente se evaluó la similitud de la dieta consumida por los machos y las hembras a través del índice de Sorensen y la completitud de las presas consumidas se determinó a través del estimador no paramétrico Bootstrap (Moreno, 2001).

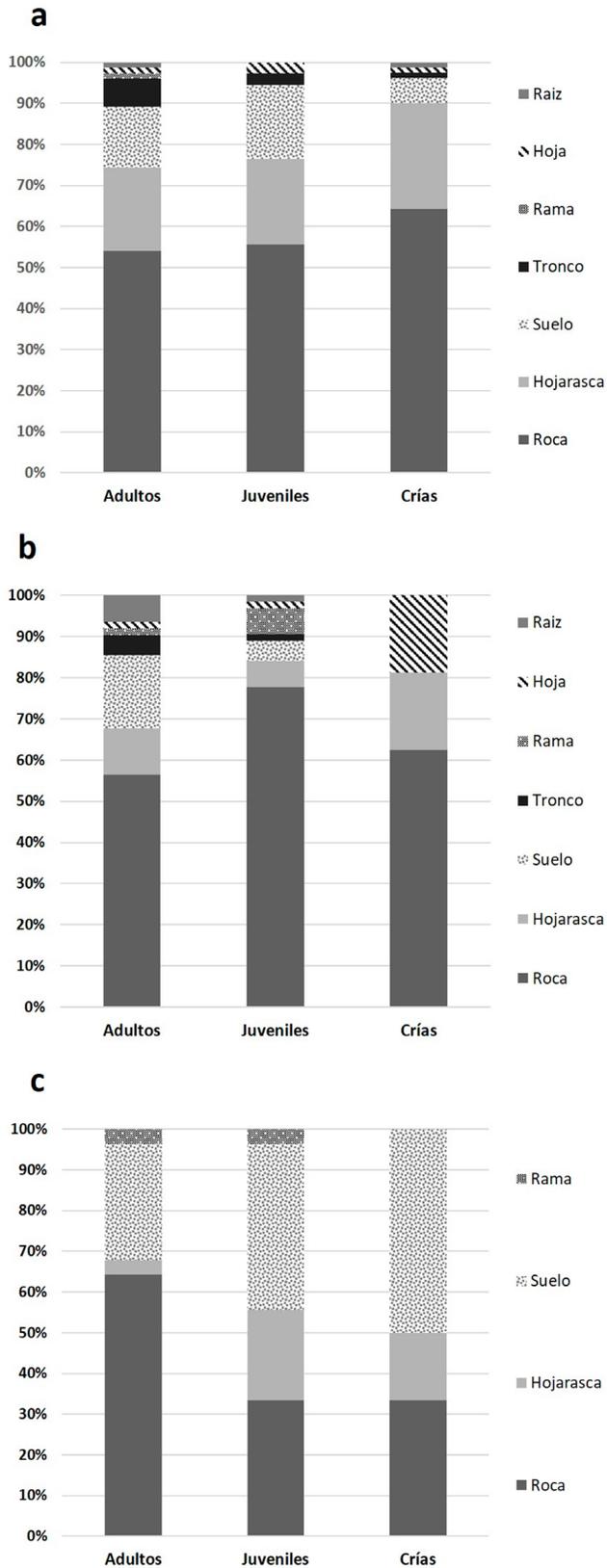


Figura 1. Porcentaje de individuos de *C. berkenbuschii* por clases etarias asociados a los microhábitats utilizados en épocas del año seca (a), lluviosa (b) y norte (c).

RESULTADOS

Durante el tiempo de muestreo se registraron un total de 437 individuos, de los cuales 165 fueron adultos, 162 juveniles y 110 crías, con una proporción de sexo sesgada a favor de las hembras para las tres clases de edades (Adultos: M [31]: H [134]= 0,23:1; juveniles: M [53]: H [109]= 0,49:1; crías: M [38]: H [72]= 0,53:1). De acuerdo con el análisis estadístico de chi cuadrada las categorías de edades sí presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al sexo ($\chi^2 = 11,09$; $gl=2$; $p < 0,05$).

Uso de microhábitats

En la temporada de seca, se identificaron para las crías un total de seis microhábitats utilizados: roca, hojarasca, suelo, tronco, hoja y raíz, donde los sustratos roca y hojarasca presentaron diferencias estadísticamente significativas con los sustratos tronco, hoja y raíz ($H = 15,480$; $p = 0,008$); para los juveniles se identificaron un total de cinco microhábitats: roca, hojarasca, suelo, tronco y hoja, donde el sustrato roca presentó diferencias con los sustratos tronco y hoja ($H = 10,210$; $p = 0,036$); para los adultos se identificaron un total de siete microhábitats: roca, hojarasca, suelo, tronco, rama, hoja y raíz, donde el sustrato roca presentó diferencias con los sustratos rama, hoja y raíz ($H = 19,605$; $p = 0,003$) (Tabla 1; Fig. 1a).

En la temporada de lluvia, se identificaron para las crías un total de tres microhábitats: roca, hojarasca y hoja, entre los cuales no se presentaron diferencias ($H = 0,033$; $p = 0,983$); para los juveniles se identificaron un total de siete microhábitats: roca, hojarasca, suelo, tronco, rama, hoja y raíz, donde al igual que las crías no presentaron diferencias ($H = 8,478$; $p = 0,205$); para los adultos se registraron los mismos microhábitats utilizados por los juveniles, encontrando diferencias significativas entre el sustrato roca con respecto a los sustratos rama y hoja ($H = 19,184$; $p = 0,003$) (Tabla 1; Fig. 1b).

En la temporada de norte, se identificaron para las crías un total de tres microhábitats: roca, hojarasca y suelo, entre los cuales no se presentaron diferencias ($H = 2,246$; $p = 0,325$); en el caso de los juveniles y adultos se registraron cuatro microhábitats: roca, hojarasca, suelo y rama, donde al igual que en las crías no se presentan diferencias (juveniles: $H = 3,187$; $p = 0,363$; adultos: $H = 5,315$; $p = 0,150$) (Tabla 1; Fig. 1c).

Diversidad de presas

Se realizó el lavado estomacal a 79 individuos adultos, entre los cuales 67 (12 machos; 55 hembras) tenían al menos un tipo de presa. Se registró un total de 21 órdenes de presas consumidas, entre los cuales 19 órdenes fueron encontrados en las hembras y 11 en los machos (Tabla 2). Numéricamente, en los machos los órdenes Orthoptera y Opiliones fueron los taxones dominantes, seguidos de

Araneae, Decapoda y Diptera. En las hembras, Hymenoptera fue el orden dominante numéricamente, seguido de Orthoptera, Coleoptera, Opiliones y Araneae. Para ambos sexos se registraron órdenes con un solo registro, en el caso de los machos fueron cuatro y para hembras nueve (Fig. 2). De acuerdo con el índice de diversidad verdadera (1D), la diversidad de presas consumidas fue similar para machos y hembras, con valores de 9,67 y 9,08, respectivamente. Sin embargo, según el índice de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$), la mayor diversidad taxonómica de presas la obtuvieron las hembras con 5,12 y la menor los machos con

4,25 (Fig. 3). El análisis de similitud de presas consumidas mostró un valor de 0,53, al compartir nueve órdenes de presas. Las curvas de rango-abundancia muestran que la composición y abundancia de las presas consumidas por *C. berkenbuschii* presentan patrones diferentes entre machos y hembras (Fig. 2). El estimador Bootstrap calculó para los machos una riqueza de órdenes consumidas de 13,10 y para las hembras 22,70 con una completitud de presas del 83,97 y 83,70 % respectivamente.

Tabla 1. Kruskal-Wallis y prueba post-hoc del uso de microhábitats por clases etarias y épocas climáticas.

Crías					
Secas		Lluvias		Norte	
H= 15,480; $p= 0,008$		H= 0,033; $p= 0,983$		H= 2,246; $p= 0,325$	
Roca	a	Roca	a	Roca	a
Hojarasca	a	Hojarasca	a	Hojarasca	a
Suelo	a b	Hoja	a	Suelo	a
Tronco	b				
Hoja	b				
Raíz	b				
Juveniles					
Secas		Lluvias		Norte	
H= 10,210; $p= 0,036$		H= 8,478; $p= 0,205$		H= 3,187; $p= 0,363$	
Roca	a	Roca	a	Roca	a
Hojarasca	a b	Hojarasca	a	Hojarasca	a
Suelo	a b	Suelo	a	Suelo	a
Tronco	b	Tronco	a	Rama	a
Hoja	b	Rama	a		
		Hoja	a		
		Raíz	a		
Adultos					
Secas		Lluvias		Norte	
H= 19,605; $p= 0,003$		H= 19,184; $p= 0,003$		H= 5,315; $p= 0,150$	
Roca	a	Roca	a	Roca	a
Hojarasca	a b	Hojarasca	a b	Hojarasca	a
Suelo	a b	Suelo	a b	Suelo	a
Tronco	a b	Tronco	a b	Rama	a
Rama	b	Raíz	a b		
Hoja	b	Rama	b		
Raíz	b	Hoja	b		

*Letras desiguales presentan diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

La proporción de sexos sesgada a favor de las hembras adultas de *C. berkenbuschii* pudo haber estado relacionada con la facilidad de localizar a un mayor número de hembras que de machos, debido a la diferencia en el tamaño corporal, ya que las hembras son aproximadamente 45 % más grandes que los machos (Campbell y Savage, 2000). Este resultado difiere para la mayoría de los estudios realizados en anuros, en los cuales hay un sesgo a favor de los machos atribuido a un efecto de muestreo, en el que las vocalizaciones emitidas sirven de guía para ubicarlos y capturarlos con mayor frecuencia (Martínez-Coronel y Pérez-Gutiérrez, 2011; Ortega-Andrade *et al.*, 2011), lo que no ocurre con *C. berkenbuschii*, debido a que los machos no emiten vocalizaciones como la mayoría de los anuros. Sin embargo, el sesgo a favor de las hembras estuvo presente en todas las clases de edades, aunque en proporciones más equitativas que en el caso de los adultos, lo que sugiere que en la población estudiada son más abundantes las hembras que los machos con una proporción de sexos de 0,38=1 (M [122]: H [315]).

Las características del área evaluada permiten que nuestra especie de estudio sea abundante, ya que a menudo se encuentra asociada a la presencia de arroyos con afloramientos rocosos y pendientes pronunciadas (Savage, 1975; Fernández-Badillo *et al.*, 2020). A pesar de ser esta una especie terrestre con desarrollo directo, depende de un gran número de microhábitats húmedos para sobrevivir (Savage, 1975) tal y como se registró en nuestros resultados. Sin embargo, el microhábitat con mayor número de registros en nuestro estudio fue roca, tal como ya lo habían reportado Savage (1975) y Campbell y Savage (2000) en otras poblaciones de *C. berkenbuschii* y lo descrito por diversos autores para otras especies del grupo *rugulosus* (Ryan *et al.*, 2008; Pineda y Rodríguez-Mendoza, 2010; Zumbado-Ulate *et al.*, 2011). El uso de microhábitat por parte de los anfibios está condicionado por sus requerimientos tróficos y ecofisiológicos (Green, 2003), los cuales podrían estar relacionados con la edad de los individuos, como lo observado en nuestros resultados durante las épocas del año y entre las diferentes clases etarias. Al igual que Savage (1975), registramos una alta abundancia de crías en la época de seca y se encuentran principalmente en roca y hojarasca, esta última podría

Tabla 2. Tipo y cantidad de presas consumidas por hembras y machos adultos de *C. berkenbuschii*.

	Hembras		Machos	
	Fr	%	Fr	%
Filo Arthropoda				
Clase Arachnida				
Orden Acari	0	-	1	4.00
Orden Araneae	9	7.76	3	12.00
Orden Opiliones	13	11.21	4	16.00
Orden Amblypygi	1	0.86	0	-
Orden Uropygi	2	1.72	0	-
Clase Chilopoda				
Orden Scolopendromorpha	1	0.86	0	-
Clase Diplopoda				
Orden Polydesmida	4	3.45	0	-
Clase Entognatha				
Orden Collembola	1	0.86	0	-
Clase Insecta				
Orden Diptera	4	3.45	3	12.00
Orden Ephemeroptera	2	1.72	2	8.00
Orden Hymenoptera	30	25.86	2	8.00
Orden Lepidoptera	1	0.86	1	4.00
Orden Odonata	0	-	1	4.00
Orden Orthoptera	26	22.41	4	16.00
Orden Phasmatodea	1	0.86	1	4.00
Orden Blattodea	1	0.86	0	-
Orden Coleoptera	15	12.93	0	-
Orden Hemiptera	2	1.72	0	-
Clase Malacostraca				
Orden Decapoda	1	0.86	3	12.00
Filo Chordata				
Clase Reptilia				
Orden Squamata	1	0.86	0	-
Filo Mollusca				
Clase Gastropoda				
Orden Pullmonata	1	0.86	0	-
Totales	116	100	25	100

Fr= Frecuencia de ocurrencia

ser utilizada como refugio contra sus depredadores, y al mismo tiempo suministrarles alimento, y permitir regular la temperatura y humedad, variables que influyen en la dinámica depredador-presa en la hojarasca y que evita la desecación de la piel en las ranas (Duellman y Trueb 1994; Oliveira *et al.*, 2013; Vitt y Caldwell, 2013; Walton, 2013; Cruz-Elizalde *et al.*, 2016).

En nuestro estudio *C. berkenbuschii* mostró un bajo porcentaje de individuos sin contenidos estomacales (15,2%), en comparación con los valores reportados para sus congéneres: *C. raniformis* Boulenger, 1896 con 47,6% (Blanco-Torres *et al.*, 2015), *C. lineatus* Brocchi, 1879 con 28,9% (Martínez-Coronel y Pérez-Gutiérrez, 2011) y *C. alfredi* Boulenger, 1898 con 27,2% (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2017), pero similar a lo registrado para *C. rhodopsis* Cope, 1867, el cual fue de 14,3% (Luría-Manzano *et al.*, 2019). Es probable que esto se deba al hecho de realizar los lavados estomacales al momento de la captura, lo que aumenta la posibilidad de encontrar contenido. Aunado a que la mayor actividad de los insectos nocturnos que se encuentran en las cercanías de cuerpos de agua tiende a ser en las primeras horas de la noche (O'Donnell, 2000; Braun, 2011). En cuanto a las presas consumidas *C. berkenbuschii* registró un valor alto de diversidad (M: 9,67; H: 9,08), comparado con lo descrito por Martínez-Coronel y Pérez-Gutiérrez (2011) para *C. lineatus* y por Blanco-Torres *et al.* (2015) para *C. raniformis* con 2,3 y 6,8, respectivamente. Estos hallazgos en la dieta de *C. berkenbuschii*, sugieren que la especie utiliza una estrategia de forrajeo de acecho (*sit-and-wait*), la cual está basada en una dieta oportunista, que consiste en consumir un menor número de presas de mayor tamaño (Vidal y Labra, 2008).

La similitud de presas consumidas entre machos y hembras fue baja con respecto a otros estudios realizados para anfibios (Crnobrnja-Isailovic *et al.*, 2012; Rodrigues y dos Santos-Costa, 2014; Luría-Manzano *et al.*, 2019). Lo anterior puede ser atribuido a las diferencias entre el número de muestras. Sin embargo, dicha disimilitud entre las presas consumidas por machos y hembras fue corroborado por el índice de distintividad taxonómica promedio, el cual atribuye un mayor valor de diversidad a las hembras. La incorporación de nuevas métricas de diversidad, como lo es la distintividad taxonómica promedio puede ayudar a entender aún mejor la historia natural de estos organismos, sin depender de las restricciones del tamaño de muestra.

Las presas consumidas por *C. berkenbuschii* fueron en su mayoría himenópteros, ortópteros, coleópteros y arácnidos. Estos grupos de artrópodos son comunes dentro de la dieta del género *Craugastor* (Martínez-Coronel y Pérez-Gutiérrez, 2011; Blanco-Torres *et al.*, 2015; Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2017; Luría-Manzano *et al.*, 2019) y en otras ranas de hojarasca como *Ischnocnema henselii* Peters, 1870 (Dietl *et al.*, 2019), *Haddadus binotatus* Spix, 1824 (Coco *et al.*,

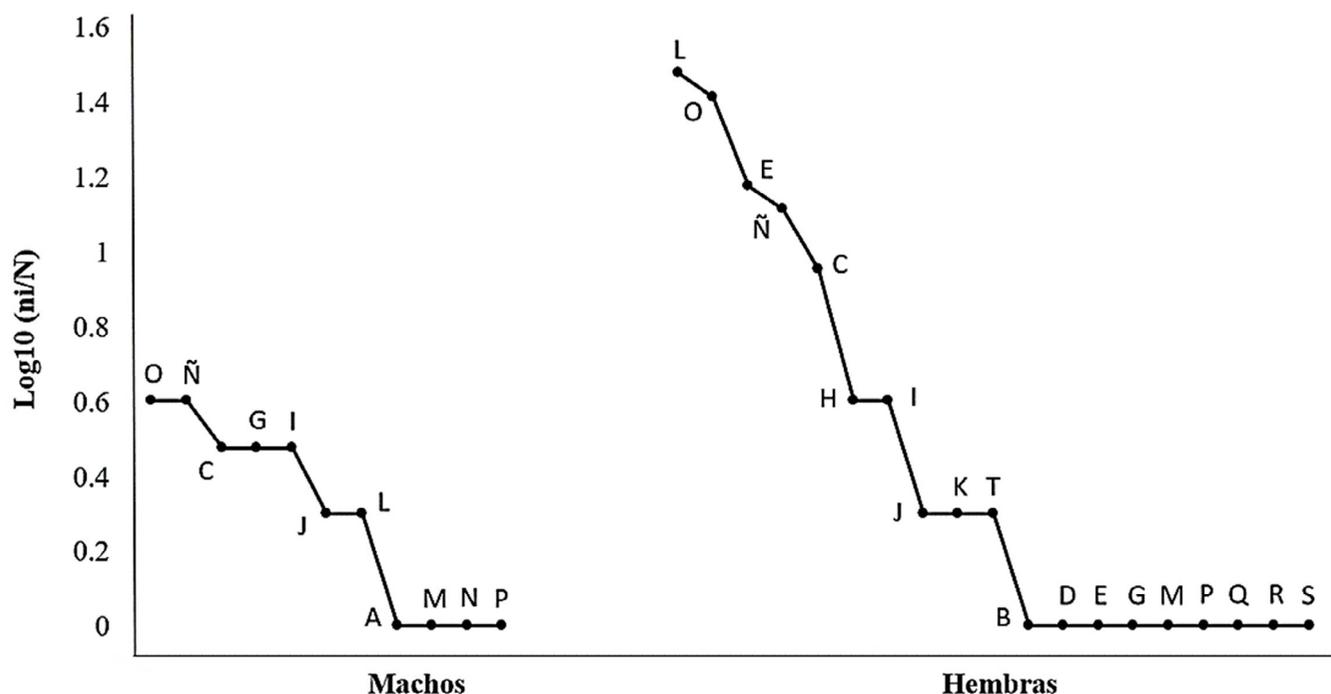


Figura 2. Curvas de rango-abundancia de las presas consumidas por machos y hembras de *C. berkenbuschii*. Acari (A), B (Amplipigy), Araneae (C), Blattodea (D), Coleoptera (E), Collembola (F), Decapoda (G), Polydesmida (H), Diptera (I), Ephemeroptera (J), Hemiptera (K), Hymenoptera (L), Lepidoptera (M), Odonata (N), Opiliones (Ñ), Orthoptera (O), Phasmatodea (P), Pullmonata (Q), Scolopendromorpha (R), Squamata (S), Uropygi (T).

2014) y *Pristimantis labiosus* Lynch, Ruíz-Carranza y Ardila-Robayo, 1994 (Gutiérrez-Cárdenas *et al.*, 2016), además de ser reconocidas como presas con alto contenido proteico para ranas de talla grande (Anderson y Smith, 1998; Dietl *et al.*, 2009; Klaion *et al.*, 2011). Las presas consumidas con mayor frecuencia por las hembras fueron himenópteros, donde los más abundantes dentro de este grupo fueron los formícidos. De acuerdo con Lima (1998), los formícidos son insectos considerados presas de talla mediana, por lo que los adultos suelen consumir un alto volumen para compensar sus exigencias alimenticias (Almeida-Gomes *et al.*, 2007). Así mismo, Lima y Moreira (1992) consideran que el tamaño de la rana presenta una correlación positiva con el tamaño de la presa, ya que se ha observado que el volumen de formícidos incrementa con el tamaño del individuo, lo que ocurre con las hembras de nuestro estudio. Si bien muchas de las presas consumidas por *C. berkenbuschii* han sido documentadas como alimento para otras especies de anfibios, los órdenes Pulmonata, Scolopendromorpha, Uropygi y Squamata son por primera vez reportadas como presas para el género *Craugastor*.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que no se cumplió la predicción de que los adultos de *C. berkenbuschii* utilizan

un mayor número de microhábitats sin importar la época climática, ya que la especie utiliza una gran variedad de microhábitats asociados a los arroyos independientemente de la clase etaria; sin embargo, el sustrato roca fue el más utilizado durante todo el año de muestreo. La gran variedad de presas consumidas, el bajo número de individuos sin contenido estomacal y la alta abundancia de *C. berkenbuschii*, sugiere que esta especie desempeña un papel importante en la dinámica de las poblaciones de invertebrados asociados a los ecosistemas ribereños. Así mismo se confirmó la predicción de que existen diferencias en la composición de las presas consumidas por las machos y hembras adultas de *C. berkenbuschii*. Por lo anterior, se recomienda continuar con los estudios sobre la biología y ecología de *C. berkenbuschii* que aporten información sobre las relaciones intra e interespecíficas para conservar y mantener la dinámica de uno de los ecosistemas más importantes del planeta, como lo es el ribereño.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca recibida durante el doctorado. A Diana C. Rivera Ramos, Débora Olvera y William Hernández por su ayuda invaluable en el trabajo de campo.

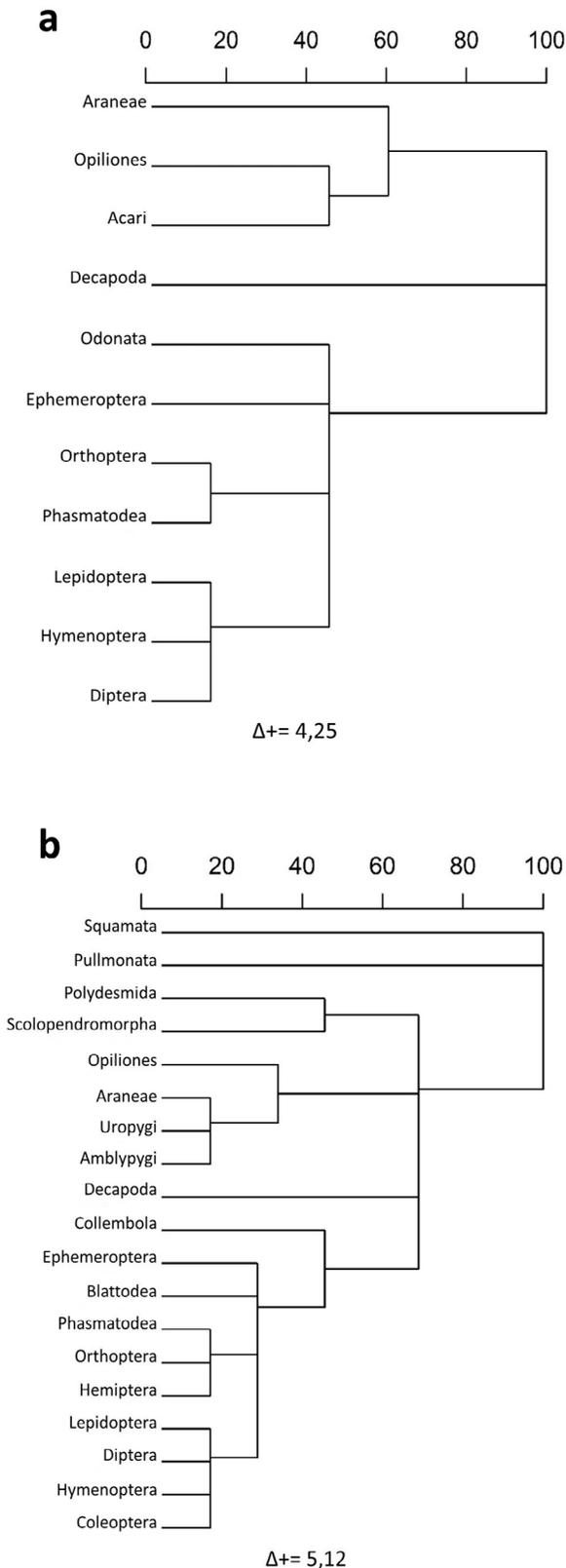


Figura 3. Distintividad taxonómica promedio de presas consumidas por machos (a) y por hembras (b) de *C. berkenbuschii*.

REFERENCIAS

Aceves-Navarro, L. A. y Rivera-Hernández, B. (2019). *Contexto físico*. En: La biodiversidad en Tabasco. Estudio de estado. México. CONABIO. 61-68.

Alejandro-Montiel, C., Galmiche-Tejeda, Á., Domínguez-Domínguez, M. y Rincón-Ramírez, A. (2010). Cambios en la cubierta forestal del área ecoturística de la Reserva Ecológica de Agua Selva, México. *Trop. Subtrop. Agroecosystems*, 12(3), 605-617.

Almeida-Gomes, M., Van Sluys, M. and Rocha, C. F. D. (2007). Ecological observations on the leaf-litter frog *Adenomera marmorata* in an Atlantic rainforest area of southeastern Brazil. *Herpetol. J.*, 17(2), 81-85.

Altamirano, T. A, Soriano S. M. y López J. F. (2016). *Ecología de anfibios y reptiles: Métodos y técnicas para su estudio*. FES-Iztacala, UNAM.

Anderson, J. T. and Smith, L. M. (1998). Protein and energy production in playas: implications for migratory bird management. *Wetlands*, 18(3), 437-446. <https://doi.org/10.1007/BF03161536>

Blanco-Torres, A., Duré, M. y Bonilla, M. A. (2015). Dieta de *Craugastor raniformis* Boulenger (Anura: Craugastoridae) en un área con bosque seco tropical del norte de Colombia. *Acta zool. mex.*, 31(2), 331-332. <https://doi.org/10.21829/azm.2015.312994>

Cajade, R., Schaefer, E. F., Duré Pitteri, M. I. and Kehr, A. I. (2010). Trophic and microhabitat niche overlap in two sympatric dendrobatids from La Selva, Costa Rica. *Cuad. Herpetol.*, 24(2): 81-92

Campbell, J. A. and Savage, J. M. (2000). Taxonomic reconsideration of Middle American frogs of the *Eleutherodactylus rugulosus* group (Anura: Leptodactylidae): a reconnaissance of subtle nuances among frogs. *Herpetol. Monogr.*, 14, 186-292. <https://doi.org/10.2307/1467048>

Carvajal-Hernández, C. I., Silva-Mijangos, L., Kessler, M., y Lehnert, M. (2018). Adiciones a la pteridoflora de Tabasco, México: la importancia del bosque mesófilo de montaña. *Acta Bot. Mex.*, (124), 7-18. <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1300>

Coco, L., Borges Junior, V. N., Fusinato, L. A., Kiefer, M. C., Oliveira, J. C. F., Araujo, P. G., Costa, B. M., Van Sluys, M. and Rocha, C. F. D. (2014). Feeding habits of the leaf litter frog *Haddadus binotatus* (Anura, Craugastoridae) from two Atlantic Forest areas in southeastern Brazil. *Anais Acad. Brasil. Ci.*, 86(1), 239-249. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-37652014113012>

Crnobrtnja-Isailović, J., Ćurčić, S., Stojadinović, D., Tomašević-Kolarov, N., Aleksić, I. and Tomanović, Ž. (2012). Diet composition and food preferences in adult common toads (*Bufo bufo*) (Amphibia: Anura: Bufonidae). *J. Herpetol*, 46(4), 562-567. <https://doi.org/10.1670/10-264>

Cruz-Elizalde, R., Berriozabal-Islas, C., Hernández-Salinas, U., Martínez-Morales, M. A. and Ramírez-Bautista, A. (2016). Amphibian species richness and diversity in a

- modified tropical environment of central Mexico. *Trop Ecol.*, 57(3), 407-417.
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina-Tessaró, S. A. y López-González, C. A. (2013). El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. En: *Fauna silvestre de México: uso, manejo y legislación*, 285-288.
- Dietl, J., Engels, W., and Solé, M. (2009). Diet and feeding behaviour of the leaf-litter frog *Ischnocnema henselii* (Anura: Brachycephalidae) in Araucaria rain forests on the Serra Geral of Rio Grande do Sul, Brazil. *J. Nat. Hist.*, 43(23-24), 1473-1483. <https://doi.org/10.1080/00222930902898709>
- Duellman, W. E. and Trueb, L. (1994). *Biology of amphibians*. The John Hopkins University Press.
- Duré y Kehr. 2004. Influence of microhabitat on the trophic ecology of two leptodactylids from northeastern Argentina. *Herpetologica*, 60(3): 295-303. <https://doi.org/10.1655/03-51>
- Feinsinger, P. y Ventosa-Rodríguez, I. (2014). *Suplemento decenal al texto "Diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad"*. Editorial FAN.
- Fernández Badillo, A., Pineda, E., Aguilar-López, J., Canseco-Márquez, L. and Hernández, O. (20 de octubre de 2020). *Craugastor berkenbuschii*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Fonseca-Pérez, K. A., Molina, C. and Tárano, Z. (2017). Diet of *Dendropsophus microcephalus* and *Scarthyla vigilans* (Anura: Hylidae) at a locality in north-western Venezuela with notes on microhabitat occupation. *Pap Avulsos de Zool*, 57(7), 93-104. Doi: <https://doi.org/10.11606/0031-1049.2017.57.07>
- Gerónimo-Torres, J. C., Barragán-Vázquez, M. R. y Ríos-Rodas, L. 2022. Incorporando la distintividad taxonómica en estudios de diversidad: Anfibios del Parque Estatal de la Sierra de Tabasco, México. *Ecosistemas*, 31, 2294. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2294>
- Green, D. M. (2003). The ecology of extinction: population fluctuation and decline in amphibians. *Biol. Conserv.*, 111(3), 331-343. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00302-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00302-6)
- Güizado-Rodríguez, M. A., García-Vázquez, U. O. and Aguilar-López, J. L. (2010). Thermoregulation of *Craugastor berkenbuschii* (Peters, 1870). *Herpetol Bull.*, 112, 4-6.
- Gutiérrez-Cárdenas, P. D. A., Castillo, K., Martínez, D., Rocha, C. F. D. and Rojas-Rivera, M. A. (2016). Trophic ecology of *Pristimantis labiosus* (Anura: Craugastoridae) from South-Western Colombia. *North-Western J. Zool.*, 12(1), 102-109.
- Hall Linnea S., Krausman Paul R., and Morrison Michael L. 1997. The Habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*. 25(1), 173-182 pp. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-T56458A53963452.en>
- Klaion, T., Almeida-Gomes, M., Tavares, L. E., Rocha, C. F. D. and Van Sluys, M. (2011). Diet and nematode infection in *Proceratophrys boiei* (Anura: Cycloramphidae) from two Atlantic rainforest remnants in Southeastern Brazil. *Anais Acad. Brasil. Ci.*, 83(4), 1303-1312. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011000400017>
- Kronfeld-Schor, N. and Dayan, T. (2003). Partitioning of time as an ecological resource. *Annu. Rev. Ecol. Evol. and Systematics*, 34(1), 153-181. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132435>
- Lima, A. P. (1998). The effects of size on the diets of six sympatric species of postmetamorphic litter anurans in Central Amazonia. *J. Herpetol.*, 392-399. <https://doi.org/10.2307/1565453>
- Lima, A. P. and Moreira, G. (1993). Effects of prey size and foraging mode on the ontogenetic change in feeding niche of *Colostethus stepheni* (Anura: Dendrobatidae). *Oecologia*, 95(1), 93-102.
- Luría-Manzano, R. and Ramírez-Bautista, A. (2017). Diet comparison between rainforest and cave populations of *Craugastor alfredi* (Anura: Craugastoridae): does diet vary in contrasting habitats? *J. Nat. Hist.*, 51, 39-40, 2345-2354. <https://doi.org/10.1080/00222933.2017.1366573>
- Luría-Manzano, R., Oropeza-Sánchez, M. T., Aguilar-López, J. L., Díaz-García, J. M. y Pineda, E. (2019). Dieta de la rana de hojarasca *Craugastor rhodopsis* (Anura: Craugastoridae): una especie abundante en la región montañosa del este de México. *Rev. Biol. Trop.*, 67(1), 196-205. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33135>
- Lynch, J. D. (2000). The relationships of an ensemble of Guatemalan and Mexican frogs (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae: Amphibia). *Acad. Colomb. Ci. Exact., Fís. Nat.*, 24(90), 129-157.
- Magurran, A. (1998). *Ecological Biodiversity and its Measurement*. Princeton University Press.
- Martínez-Coronel, M. and Pérez-Gutiérrez, M. (2011). Diet composition of *Craugastor lineatus* (Anura: Craugastoridae) of Chiapas, Mexico. *Acta Zool. Mex.*, 27(2), 215-230. <https://doi.org/10.21829/azm.2011.272749>
- Moreno, C. E. (2000). *Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1*. Manuales y tesis SEA.
- Morlans, M. (2004). *Introducción a la Ecología de poblaciones*. Área Ecología-Editorial Científica Universitaria-Universidad Nacional de Catamarca.
- Muñoz-Guerrero, J., Serrano, V. H. y Ramírez-Pinilla, M. P. (2007). Uso de microhábitat, dieta y tiempo de actividades en cuatro especies simpátricas de ranas hílidas neotropicales (Anura:Hylidae). *Caldasia*, 29(2) 413-425.
- Oliveira, J. C., Pralon, E., Coco, L., Pagotto, R. V. and Rocha, C. F. D. (2013). Environmental humidity and leaf-litter depth affecting ecological parameters of a leaf-litter frog community in an Atlantic Rainforest area. *J. Nat. Hist.*,

- 47(31-32), 2115-2124. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2013.769641>
- Ortega-Andrade, H. M., Tobar-Suárez, C. y Mónica Arellano, M. (2011). Tamaño poblacional, uso del hábitat y relaciones interespecíficas de *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae) en un bosque húmedo tropical remanente del noroccidente de Ecuador. *Pap Avulsos de Zool*, 51(1), 01-19. <http://dx.doi.org/10.1590/S0031-10492011000100001>
- Palma-López, D. J., Vázquez, N. C. J., Mata, Z. E. E., López, C. A., Morales, G. M. A., Chable, P. R., Contreras, H. J. y Palma-Cancino, D. Y. (2011). *Zonificación de ecosistemas y agroecosistemas susceptibles de recibir pagos por servicios ambientales en la Chontalpa, Tabasco*. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco, México.
- Pineda, E. y Rodríguez-Mendoza, C. A. (2010). Distribución y abundancia de *Craugastor vulcani*: una especie de rana en riesgo de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Rev. Mex. Biodivers.*, 81(1), 133-141. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.001.193>
- Posso-Peláez, C., Blanco-Torres, A. y Gutiérrez-Moreno, L. C. (2017). Uso de microhábitats, actividad diaria y dieta de *Dendrobates truncatus* (Cope, 1861) (Anura: Dendrobatidae) en bosque seco tropical del norte de Colombia. *Acta Zool. Mex.*, 33(3), 490-502. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3331150>
- Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzky, A. H. and Wells, K. D. (2003). *Herpetology*. Prentice Hall.
- Rodrigues, L. C. and Santos-Costa, M. C. D. (2014). Trophic ecology of *Physalaemus ephippifer* (Anura, Leptodactylidae) in eastern Amazonia. *J. Herpetol*, 48(4), 532-536. <https://doi.org/10.1670/13-142>
- Rodríguez, O., L. y Banda, I. H. (2016). El ecoturismo en agua selva Tabasco, México: medios de promoción. *I. J. Scient. Manag. Tourism*, 2(3), 291-306.
- Román-Palacios, C., Fernández- Garzón, S., Hernández, M., Ishida-Castañeda, J., Gallo-Franco, J. J., Bolívar-García, W. y Giraldo, A. (2016). Uso de microhábitat por anuros en un fragmento de bosque seco intervenido del Magdalena Medio, Guarinocito, Caldas. *Bol. Cient. Mus. His. Nat.*, 20(2), 181-196. <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.2.14>
- Ryan, M. J., Lips, K. R. and Eichholz, M. W. (2008). Decline and extirpation of an endangered Panamanian stream frog population (*Craugastor punctariolus*) due to an outbreak of chytridiomycosis. *Biol. Conserv.*, 141(6), 1636-1647. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.014>
- Savage, J. M. (1975). Systematics and distribution of the Mexican and Central American stream frogs related to *Eleutherodactylus rugulosus*. *Copeia*, 1975(2), 254-306. <https://doi.org/10.2307/1442883>
- Solé, M., Beckmann, O., Pelz, B., Kwet, A. and Engels, W. (2005). Stomach-flushing for diet analysis in anurans: an improved protocol evaluated in a case study in Araucaria forests, southern Brazil. *Stu. Neotrop. Fauna Environ.*, 40(1), 23-28. <https://doi.org/10.1080/01650520400025704>
- Vidal, M. A. y Labra, A. (2008). *Dieta de anfibios y reptiles. Herpetología de Chile*. Springer verlag.
- Vitt, L. J. and Caldwell, J. P. (2013). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386919-7.00002-2>
- Walton, B. M. (2013). Top-down regulation of litter invertebrates by a terrestrial salamander. *Herpetologica*, 69(2), 127-146. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-12-00029>
- Warwick, R. M. and Clarke, K. R. (1995). New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 129, 301-305. <https://doi.org/10.3354/meps129301>
- Zumbado-Ulate, H., Bolaños, F., Willink, B. and Soley-Guardia, F. (2011). Population status and natural history notes on the critically endangered stream dwelling frog *Craugastor ranoides* (Craugastoridae) in a Costa Rican tropical dry forest. *Herpetol. Conserv. Biol.*, 6(3), 455-464.