



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

DIETA DE LA RANA TORO *Lithobates catesbeianus* EN
JALPAN, APAPANTILLA, PUEBLA

Tesis que para obtener título de

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

MARÍA BRENDA MORALES GONZÁLEZ

DIRECTOR: M EN C. CARLOS ALBERTO HERNÁNDEZ
JIMÉNEZ

CO-DIRECTOR: M. EN C. RICARDO LURÍA MANZANO



MAYO, 2021

Este trabajo está dedicado a mi papá, mamá y hermanos
gracias por todo el apoyo que me dieron en este camino.

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Carlos Alberto Hernández Jiménez por aceptarme como su alumna y todo el apoyo en los momentos más difíciles durante este proyecto, tanto en campo como en laboratorio.

Al M. en C. Ricardo Luría Manzano por apoyarme en todo momento para la identificación de insectos en los contenidos de las ranas, además de la revisión constante de este proyecto.

Al Dr. José Alberto Cruz Silva por brindarme su conocimiento en paleontología, para la identificación de algunos vertebrados encontrados en los contenidos de la rana.

A mi familia, mi padre Sergio Morales Ramírez, mi madre María Inés González Puertos y mis hermanos José Arturo Morales González y Sergio Morales González, gracias por su apoyo incondicional.

Sin olvidar a mis compañeros que me ayudaron durante las salidas de campo: Laura, Carlos, Marta, Karina, gracias por apoyarme durante esos largos días.

A las autoridades y habitantes de la localidad de Apapantilla, Jalpan, Puebla por apoyarnos y cuidarnos durante nuestra estancia.

A mis amigos que nunca me dejaron de apoyar en todo momento: Jorge Cerón, Ángel Anzures, Andrés Díaz, Andrés Juárez y Francisco Cervantes, gracias por su amistad.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVOS	12
OBJETIVO GENERAL.....	12
OBJETIVOS PARTICULARES.....	12
ÁREA DE ESTUDIO.....	13
MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	39

RESUMEN

Las especies invasoras son una de las principales amenazas para la conservación de la diversidad biológica. Se ha demostrado que el impacto generado por la invasión de *Lithobates catesbeianus* (rana toro), ha propiciado la disminución o desplazamiento de poblaciones nativas. En este estudio se analizó la dieta de *L. catesbeianus* en la localidad El Progreso, Jalpan; ubicada en la Sierra Madre Oriental de Puebla. Con ayuda de redes de malla fina, redes de arrastre y manualmente; se recolectaron 42 ejemplares. Al momento de la captura se pesaron y sacrificaron, posteriormente en el laboratorio se les extrajo el contenido gastrointestinal a cada individuo. Se midió la abundancia relativa, frecuencia de ocurrencia, volumen de las presas consumidas, índice de importancia, diversidad de la dieta, amplitud y solapamiento de nicho trófico, diferencias morfométricas de la rana entre el número, tamaño y peso de las presas y por último la identificación de los distintos grupos taxonómicos. La abundancia de la dieta se constituyó principalmente por invertebrados del orden Hymenoptera (Formicidae) (67.08%), Coleoptera (12.31%) y Hemiptera (4.89%). Los grupos taxonómicos con mayor porcentaje de frecuencia de ocurrencia fueron Coleoptera (19.81%), Araneae (12.61%) y Hemiptera (11.71%). El volumen estuvo representado por los órdenes Diplopoda (929.28 cm³), Styломmatophora (635.39 cm³) y Coleoptera (233.66 cm³). En cuanto al análisis del índice de importancia se obtuvieron los órdenes Hymenoptera (Formicidae) (I= 489.49), Coleoptera (I= 383.29) y Anura (I= 85.21). La diversidad medida con los números de Hill mostraron valores cercanos entre sí para machos (q₀= 15, q₁= 6.21 y q₂=4.29) y jóvenes (q₀=12, q₁= 5.20 y q₂= 4.01). En la amplitud de nicho en las categorías de sexo machos, hembras y jóvenes, resultaron con una dieta estrecha. El solapamiento de nicho trófico obtuvo un mayor número entre machos y jóvenes (0.58) y minoritariamente en hembras y jóvenes (0.11). En cuanto a la correlación no se obtuvieron datos significantes entre el tamaño de las ranas y el número de presas consumidas y entre el ancho de la mandíbula y el volumen de la presa promedio. En este estudio se concluye que la rana toro, debido a su gran habilidad y apetito, consume una gran cantidad de vertebrados e invertebrados de distintos tamaños; aunque cabe aclarar que la mayoría de la dieta se compuso de insectos.

Palabras clave: Anura, dieta, diversidad, especies invasoras, nicho alimenticio.

INTRODUCCIÓN

Las especies invasoras constituyen una de las principales amenazas para la conservación de la diversidad biológica (Martínez-Meyer et al. 2014). Un estudio en Bogotá demostró que de un 100% de especies exóticas, el 52% no pudieron establecerse y el 48% sí logró hacerlo (Castillo Rodríguez, 2008). El impacto generado por éstas últimas afecta la diversidad de las comunidades nativas, así como los recursos y los hábitats. Desafortunadamente, la invasión de especies exóticas hace que las especies nativas se desplacen por la competencia y depredación, que impactan sobre poblaciones de algunos anuros, peces, ajolotes y abejas (Schüttler y Santiago, 2009). Los anfibios son particularmente vulnerables a las especies invasoras, ya sea por depredación, competencia o transmisión de enfermedades. En 2005, Lowe et al. realizaron una lista de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo, basándose en el impacto en la diversidad biológica y las actividades humanas. Este listado contiene tres especies de anfibios, *Rhinella marina*, *Eleutherodactylus coqui* y *Lithobates catesbeianus*. En México se conocen tres especies de anfibios que han sido introducidas, *Lithobates catesbeianus* (rana toro), *Xenopus laevis* (rana de uñas africana) y *Eleutherodactylus planirostris* (rana de invernadero) (Lavín Murcio et al. 2014; GISD, 2010). La rana toro se introdujo con fines de reproducción, crianza y exportación para consumo humano (Casas Andreu et al. 2001).

Lithobates catesbeianus pertenece a la familia Ranidae, es el anuro más grande de Norteamérica, ya que mide de 100 a 175 mm de longitud hocico-cloaca (LHC) y en raros casos llega a medir hasta 200 mm. Pesa entre 800 g y 1 kg, y las hembras son más grandes que los machos. Dorsalmente es de color café a diferentes tonos de verde, presenta manchas o parches de color verde oscuro, verde oliva, incluso amarillo con manchas o puntos negros en el dorso; cuando las hembras llegan a la madurez tienen el vientre color blanco, mientras que los machos presentan una coloración amarilla. Presenta pliegues dorso-laterales que comienzan cerca del tímpano, todos los dedos de las extremidades posteriores cuentan con membranas interdigitales y las extremidades anteriores poseen cuatro dedos completamente libres o sin membranas interdigitales (GISD, 2015). Es de hábitos semiacuáticos y prefiere pozas de agua, estanques, lagos, ríos y charcas (UICN, 2015).

La información acerca de los límites de la distribución nativa de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) es contrastante. Por ejemplo, Urbina-Cardona et al. (2013), Frost (2019) y GISD (2015) mencionan que se encuentra en Ontario, al sur de Quebec y Nuevo Brunswick, en Canadá, noreste de los Estados Unidos, Nueva Escocia y en la parte norte y centro de México, en los estados de Baja California, Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz, Hidalgo y Puebla. Por otra parte, la UICN (2015) presenta algunos datos muy parecidos a los de los autores anteriores, pero además menciona que en los estados de Baja California Sur, Sinaloa y Durango se encuentran poblaciones nativas. Sin embargo, Casas Andreu et al. (2001), GISD (2015), Becerra López et al. (2017) y Mendoza Alfaro et al. (2014) mencionan que se encuentra como especie invasora en el Centro de México, Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Distrito Federal, Nayarit, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Guerrero, Yucatán, Zacatecas y Michoacán. Debido a esta información, existe la duda de si las poblaciones que se encuentran en algunas áreas de Puebla son nativas o fueron introducidas.

En su rango nativo, la rana toro prefiere zonas acuáticas y cálidas, con vegetación acuática densa y emergente (Luja y Rodríguez-Estrella, 2010). Ficetola et al. (2007) proyectaron un modelo de nicho de esta especie, encontrando que entre las variables más importantes que explican su distribución está la precipitación. Becerra López et al. (2017), encontraron evidencia de que *Lithobates catesbeianus* puede ocupar diferentes nichos, donde la vegetación sea matorral xerófilo, pastizales, bosque bajo espinoso, humedal, bosque caducifolio, bosque de pino y bosque mesófilo de montaña. Además mencionan que existe una gran similitud en el espacio climático (que expresa la variación en las condiciones ambientales) de los nichos que ocupa esta rana entre las regiones distintas, como Sonora y el desierto de Chihuahua, Veracruz, Hidalgo, Michoacán y Morelos. Estos autores concluyen que las poblaciones de la rana toro presentan gran adaptabilidad ya que se encuentran presentes inclusive en sitios donde las condiciones climáticas no son óptimas.

Lithobates catesbeianus es una de las especies exóticas invasoras más agresivas a nivel global, gracias a su capacidad de dispersión, competencia y depredación, pueden poner en peligro a la comunidad nativa; dado que tienen una gran habilidad de ingerir presas como anfibios, reptiles, mamíferos e invertebrados, y de esta forma poner en riesgo a las comunidades nativas (Texeira Da Silva et al. 2009; Leivas et al. 2012). Por

ejemplo, la presencia de *Lithobates catesbeianus* introducida en la provincia de Canelones, Uruguay ha afectado a algunas especies nativas como *Boana pulchella* por competencia durante el periodo larvario, depredación directa e interferencia reproductiva, que ponen en riesgo la supervivencia de los anfibios residentes (Laufer et al. 2008).

Otro claro ejemplo es el de Kats y Ferrer (2003), quienes reportaron que *Rana aurora*, *R. boylei*, *Lithobates blairi* y *L. pipiens* están en riesgo debido a la disminución de sus poblaciones, el tamaño de los organismos (debido a la reducción del movimiento y el alimento) y una alta mortalidad a causa de la invasión de la rana toro. En Argentina se estima que posiblemente *L. catesbeianus* produjo un declive muy importante en las poblaciones de *Rhinella arenarum* y *Leptodactylus latrans* desde hace años, dado que durante recorridos en el 2005, no se encontraron renacuajos ni adultos de estas dos últimas especies. Los autores concluyen que la especie invasora (rana toro) es la causante del descenso de las poblaciones residentes (Sanabria et al. 2005).

El cambio climático es un factor que facilita las interacciones entre las especies nativas y las invasoras (Altieri et al. 2010). Las ranas toro han sido beneficiadas por este; además dependen de características específicas como, las comunidades nativas y los atributos biológicos del organismo invadido, debido a que las especies nativas pueden servir de alimento. Leivas et al. (2012) consideraron la influencia de las condiciones climáticas en la rana toro y los anuros presentes en Paraná, Brasil, encontrando que incrementaban su actividad dependiendo de la precipitación y temperatura.

Una de las maneras para evaluar el posible impacto de una especie introducida en las poblaciones locales es analizando las presas consumidas por esta. En este sentido existen algunos trabajos que analizan la dieta de poblaciones introducidas de la *L. catesbeianus*. Por ejemplo, Barraso et al. (2009) estudiaron la dieta de 29 ejemplares de esta especie en Argentina, encontrando en el total del contenido estomacal en primer lugar el orden Coleoptera (50%) seguido del orden Isopoda (9%). Del subphylum Vertebrata se identificaron renacuajos de *Leptodactylus latrans* y *Lithobates catesbeianus*; además de un pez del género *Cnesterodon* solo en estómagos de individuos adultos. Por otra parte, Teixeira Da Silva et al. (2009) estudiaron la dieta de la rana toro en Viçosa, Brasil, encontrando que consume un total de 49 individuos del orden Anura (post-metamórficos y renacuajos), entre ellos especies nativas como los hílidos *Dendropsophus minutus*, *D. elegans*, *Scinax crospedospilus*, *S. eurydice*, *Boana*

faber y el bufónido *Rhinella pombali*, e inclusive se encontró un renacuajo de *L. catesbeianus*. El consumo de estos anuros fue común, encontrándose en el 46.5% de los machos y el 44.3% de las hembras. Los invertebrados que se encontraron con mayor frecuencia en adultos fueron de los órdenes Araneae, Hemiptera y Diplopoda; mientras que para ejemplares jóvenes fueron Formicidae, Orthoptera, Hemiptera, Odonata y Araneae. Cabe mencionar que los órdenes anteriormente mencionados fueron los más representativos en cuanto a número de familias e individuos por familia en la dieta.

Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) revisaron los contenidos estomacales de la rana toro en el valle de Cauca, Colombia, en los cuales pudieron identificar invertebrados, con mayor frecuencia de los órdenes Coleoptera, Araneae, Orthoptera y Hemiptera. También identificaron algunos vertebrados como anfibios, de las especies *Lithobates catesbeianus*, *Rhinella marina*, *Dendropsophus columbianus* y la cecilia *Typhlonectes natans*. Del subphylum Vertebrata, los peces se presentaron como un ítem alimenticio de primera importancia, seguido de las clases Amphibia y Rodentia con una especie *Mus musculus*; por último restos óseos de aves (dos polluelos) y cuatro plumas. Pudieron concluir que la dieta de la rana toro varía dependiendo su tamaño y la disponibilidad de alimento que hay en el medio. Por otra parte, en Córdoba, Argentina se encontraron en ranas adulto, principalmente insectos terrestres y voladores los cuales fueron: odonatos, coleópteros, ortópteros y larvas de lepidópteros. Además consumieron vertebrados; anfibios reportados como casos de canibalismo, un roedor y una culebra (Akmentins et al. 2009).

Leivas et al. (2012) analizaron la dieta de la misma especie en Paraná, Brasil y hallaron que los invertebrados fueron el grupo más abundante, representando el 86.20% del total de la dieta. Se identificaron los siguientes grupos en ranas adultas y jóvenes: Araneae, Mollusca, Myriapoda, Annelida, Crustacea e Insecta. Los vertebrados e invertebrados que se encontraron dependieron de la época del año; como ejemplo, mencionan que en primavera consumen una gran cantidad de peces de la clase Osteichthyes, y registraron que durante todo el año consumen anuros postmetamórficos de *Rhinella abei*, *Physalaemus cuvieri*, *Boana bischoffi* y renacuajos de *L. catesbeianus*. En relación al consumo de invertebrados encontraron que ingirieron principalmente, moluscos en el verano y anélidos en otoño.

En Vancouver, Canadá, Jancowski y Orchard (2013) encontraron en estómagos de ranas adultas, insectos en general como un principal ítem alimenticio: avispas, libélulas, coleópteros, mosquitos, moscas, hormigas, mariposas, abejas, gorgojos y tricópteros. Estos fueron seguidos de los siguientes grupos: Arachnida, Malacostraca, Gastropoda, Amphibia, Actinopterygii, Clitellata, Diplopoda, Mammalia, Aves, Chilopoda, Reptilia, Chelonia, Bivalvia y Gordioidea. Entre los vertebrados mencionan a peces como *Gasterosteus aculeatus*, *Cottus* sp., *Lepomis gibbosus* y *Oncorhynchus kisutch*, ranas como *Rana aurora*, *Pseudacris regilla* y *Lithobates catesbeianus*, para estas dos últimas incluyen jóvenes y renacuajos; salamandras como *Taricha granulosa* y *Ambystoma gracile*; mamíferos del género *Sorex* y *Microtus townsendii*; y por último tortugas de la especie *Chrysemys picta*.

En México la rana toro han sido poco estudiados, dado que solo existen 2 trabajos publicados. El primero de ellos es de Ramos-Guerra y Gatica-Colima (2009) en Chihuahua; donde encontraron que la dieta de ranas jóvenes estuvo compuesta principalmente de coleópteros, odonatos y hemípteros. Mientras que en machos y hembras adultos obtuvieron una mayor frecuencia de ocurrencia de coleópteros, seguido de un 25% de ortópteros y 8.87% de hemípteros. En el total de los estómagos analizados se encontraron con una mayor frecuencia de ocurrencia, coleópteros, ortópteros y hemípteros; y con menor frecuencia registraron lepidópteros, odonatos y dípteros. Encontraron que pocos ejemplares contenían vertebrados, como un bufónido de la especie *Anaxyrus debilis*, y una serpiente *Thamnophis* sp. de la familia Colubridae. Inclusive encontraron restos de una pluma (Passeriforme) que pudo ser una ingesta accidental. El segundo estudio es el de Luja y Rodríguez-Estrella (2010), quienes sugieren que en Baja California la rana toro ha desplazado a especies nativas tales como la rana arborícola *Pseudacris hypochondriaca* y la serpiente *Thamnophis hammondi*, y pueden depredar a especies acuáticas de peces endémicos como *Fundulus lima*. En conclusión *L. catesbeianus* consume una gran diversidad y abundancia de invertebrados de diferentes órdenes y vertebrados de diferentes especies.

Las investigaciones anteriormente mencionadas han encontrado que *L. catesbeianus* en su mayoría depreda invertebrados, lo cual supone una gran problemática en las comunidades de estos últimos. Sánchez-Bayo y Wyckhuys (2019) hicieron una recolección de 653 publicaciones de los últimos 40 años acerca de la entomofauna y lamentablemente encontraron un declive muy importante en las poblaciones de

insectos; la mayoría fueron del orden Hymenoptera (55%), seguido de Diptera (45%), Coleoptera (44%) y Lepidoptera (37%).

La información que existe sobre los hábitos alimenticios de esta rana para México es escasa, particularmente para el estado de Puebla. Por lo tanto, esta investigación pretende determinar la dieta de una población de *L. catesbeianus* en el norte del estado y de esta manera contribuir al conocimiento de esta rana como especie depredadora.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la dieta de la rana toro *Lithobates catesbeianus* en la localidad de El Progreso, Jalpan, Puebla.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar los distintos órdenes de vertebrados e invertebrados de los que se alimenta *Lithobates catesbeianus*.
- Analizar la abundancia relativa de las presas en la dieta de *Lithobates catesbeianus*.
- Calcular la frecuencia de ocurrencia porcentual de cada categoría de presa en la dieta de la rana toro.
- Calcular el volumen de las presas consumidas por la rana toro.
- Calcular el índice de importancia para cada categoría de presa.
- Calcular la diversidad de la dieta entre las clases de edad y sexo.
- Analizar la amplitud de nicho trófico por categoría de edad y sexo.
- Determinar el solapamiento de nicho trófico entre las clases de edad y sexo.
- Evaluar si existe una correlación entre variables morfométricas de la rana toro y de las presas.

ÁREA DE ESTUDIO

La localidad El Progreso se localiza en el municipio de Jalpan en la parte norte del estado de Puebla, con coordenadas 20.454493° N, -97.841666° O, a una altitud de 533 msnm, perteneciente a la Sierra Madre Oriental (Figura 1). El municipio colinda al norte con Pantepec, al sur con Tlacuilotepec y Xicotepéc, al oeste con Venustiano Carranza y al poniente con el estado de Hidalgo (INEGI, 2014).

Los principales ríos que recorren el municipio son El río Pantepec, principal formador del Tuxpan, los ríos Pahal, Acoyotitla, Techalotla y Pachutlán que recorren el poniente y se unen al Pantepec, el río San Marcos, afluente de Cazones y por último la porción oriental es recorrida por numerosos arroyos como María Andrea y Tepetzala. Cuenta con diversas pozas y lagunas alrededor (INEGI, 2014).

El sitio de muestreo presenta un clima cálido húmedo con lluvias en verano (Am); con una temperatura media anual entre 17.6°C y 31.3°C, y una precipitación anual de 1,930 mm (García, 1998). Cuenta con pastizales y selvas (Rzedowski, 2006), y un 50% de la zona es utilizada para la agricultura.

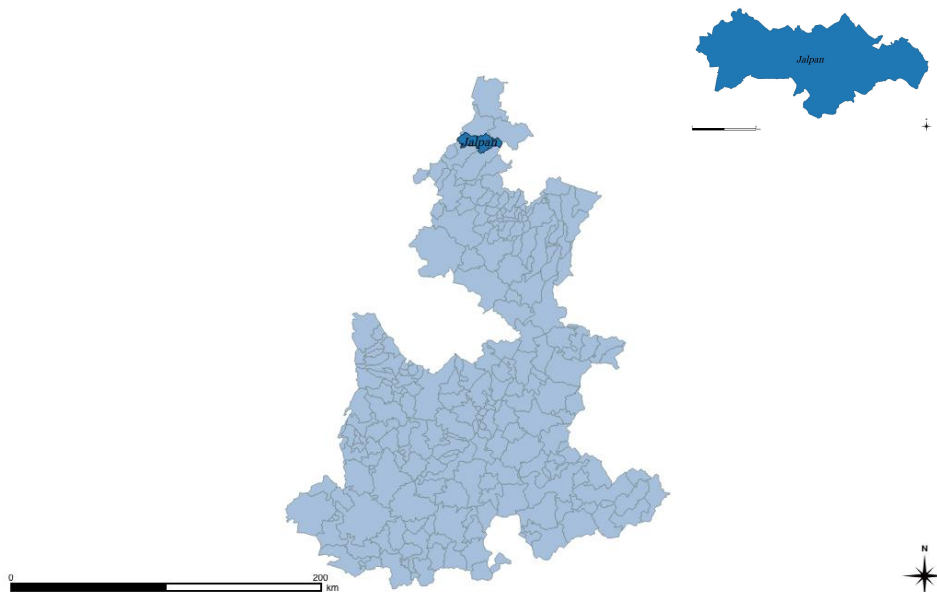


Figura 1. Mapa del estado de Puebla, resaltando el municipio de Jalpan (azul oscuro).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron trayectos durante el mes de agosto de 2017 y los meses de julio y octubre de 2018, en diferentes zonas de la localidad El Progreso, en Puebla; durante los cuales se localizaron diversas pozas, lagos y lagunas. Una vez identificadas se procedió a registrar y recolectar ejemplares de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) utilizando redes de malla fina, redes de arrastre y por captura manual (Belamendia, 2010).

El primer sitio de muestreo, que consiste en tres pozas grandes poco profundas ubicado en el predio El Piñal, se ubica en las coordenadas: 20.45395° N, 97.82360° O, en una altitud de 516 msnm. El segundo sitio tiene dos pequeñas pozas también ubicadas en El Piñal y se encuentra en las coordenadas: 20.46074° N, 97.85221° O en una altitud de 524 msnm. El tercer sitio (20.45077° N, 97.88779° O; 589 msnm) fue en una laguna cerca de la localidad La Gloria. El cuarto y quinto sitio de muestreo (20.45613° N, 97.85532° O; 538 msnm; 20.45750° N, 97.85056° O; altitud 540 msnm) consisten de una laguna y un río en la localidad El Progreso (Figura 2).

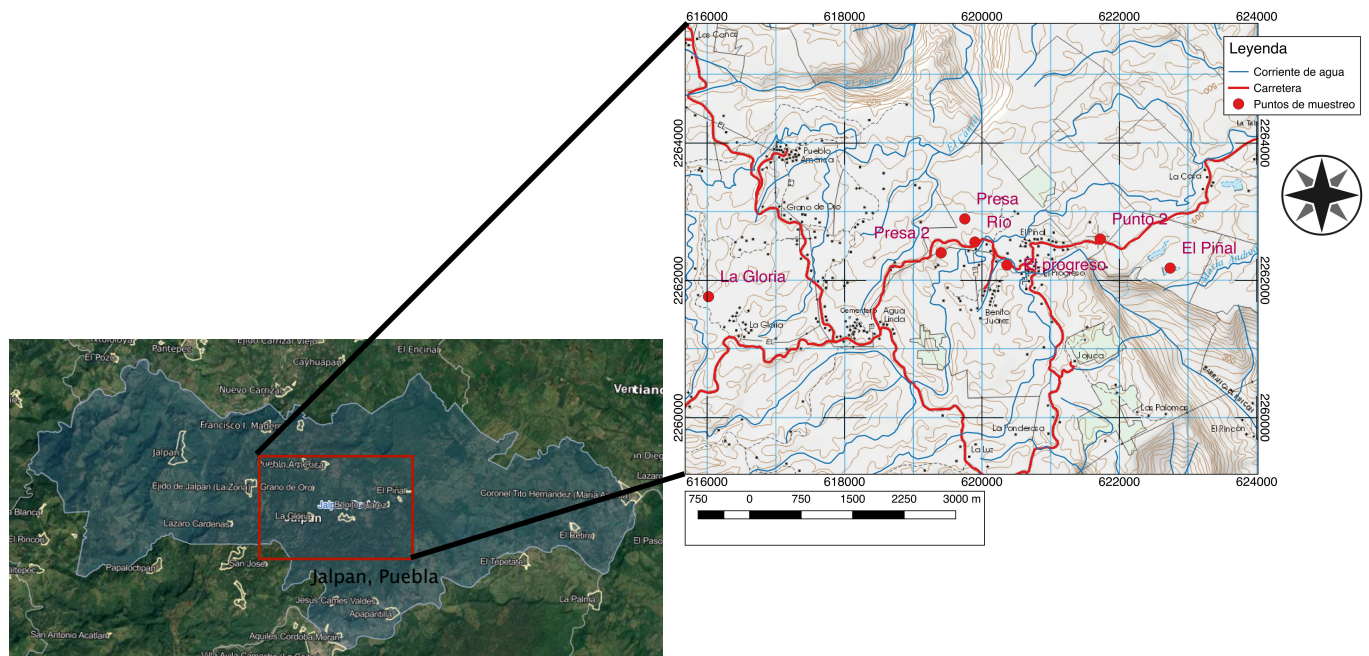


Figura 2. Mapa del municipio de Jalpan, marcado con los puntos de muestreo en la localidad El Progreso, mostrando en color azul corrientes de agua y en rojo las carreteras cercanas a la localidad.

Los sitios de muestreo estaban caracterizados por la presencia de vegetación acuática, compuesta de lirios (Nymphaeaceae) y junco (Juncaceae). Se realizaron 3 salidas: la primera fue el 30 de agosto de 2017, la segunda el 16 de julio y la tercera el 22 de octubre ambas del año 2018, con una duración de 4 días por salida; se recolectaron ranas alrededor y dentro de los cuerpos de agua (muestreo VES) entre las 20:00 y las 03:00 horas. Además, se registraron algunos individuos que fueron localizados de manera casual, durante el traslado entre los sitios de muestreo (Martínez Baños et al. 2011; Young et al. 2001).

Los ejemplares se pesaron al momento de la captura con una báscula digital (con precisión de 1 g); después se procedió a sacrificarlos inyectándoles anestésico en la cavidad craneal, sin dejar pasar más de 3 horas después de su captura con el propósito de disminuir los efectos de la digestión sobre el contenido; por último, se fijaron con formol al 10% (Barraso et al. 2009). Adicionalmente se tomó un pedazo de tejido fresco que fue preservado en alcohol absoluto con el fin de que sirva para estudios posteriores a nivel molecular. En el laboratorio se midió la LHC y el ancho de la mandíbula (AM) con ayuda de un vernier digital (con precisión de 0.01 mm); se determinó el sexo por medio de visualización de caracteres sexuales secundarios (diámetro de la membrana timpánica: más grande en machos que en hembras; y la coloración de la garganta: las hembras tienen el vientre color blanco, mientras que los machos tienen un color amarillo); para la clasificación de clases de edad se utilizó la LHC; en jóvenes (80 - 120 mm) y adultos (>120 mm) (Jancowski y Orchard, 2013). Posteriormente, se hizo una incisión en la parte ventral en forma de "T" en cada rana para retirar el estómago e intestino, los cuales fueron preservados en alcohol al 70% (Texeira Da Silva et al. 2009). Las presas fueron revisadas y contadas con ayuda de un microscopio estereoscópico; adicionalmente, si estaban completas se midió su largo y ancho con un vernier digital, y fueron pesadas por categoría (Orden) con una báscula analítica (con precisión de 0.0001 g). Para la identificación de cada ítem alimenticio se utilizaron claves de identificación especializadas para insectos Borror and DeLong's Introduction to the study of insects (Triplehorn y Johnson, 2005) y anuros La familia Bufonidae en México (Oliver et al. 2009). En este estudio no se registraron plantas y rocas ya que normalmente su consumo se considera como ingesta accidental (Daza-Vaca y Castro-Herrera, 1999; Texeira Da Silva et al. 2009; Leivas et al. 2012; Jancowski y Orchard, 2013). Los ejemplares fueron depositados en la colección científica del museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM. Todos los ejemplares fueron colectados con el permiso de colecta emitido por SEMARNAT Faut-0015.

En el análisis de abundancia relativa se tomó la proporción de individuos entre el número total de presas. De cada tipo de presa se determinó la cantidad de individuos, y se midió la frecuencia de ocurrencia porcentual (FO%), calculando para este último el porcentaje del número total de estómagos analizados en que ocurre cada categoría de presa. El volumen de las presas (V) se calculó aplicando la fórmula del elipsoide (Dunham, 1983):

$$V = \frac{4}{3}\pi(largo/2)(ancho/2)^2$$

Para calcular el índice de importancia de cada tipo de presa (IRI_t) en la dieta de la rana toro, se utilizó la siguiente fórmula (Valderrama-Vernaza et al. 2009):

$$IRI_t = \% O_t(\%N_t + \%V_t)$$

Donde

$\%O_t$ = Ocurrencia porcentual.

$\%N_t$ = Porcentaje numérico del ítem alimenticio t en todos los tractos digestivos.

$\%V_t$ = Porcentaje volumétrico del ítem alimenticio t en todos los tractos digestivos.

La diversidad de la dieta de cada sexo/edad fue calculada con los números de Hill (Jost, 2006; Krebs, 2014):

$${}^qD = [\sum p_i^q]^{1/(1-q)}$$

Donde

qD = Índice de diversidad

p_i = Proporción del recurso i en la dieta

q = Orden de la diversidad

La amplitud de nicho se calculó con el índice estandarizado de Levins para medir la uniformidad de la distribución del consumo de los tipos de presas (Krebs, 2014 y Ramos Guerra y Gatica Colima, 2009).

$$B = \frac{1}{\sum p_i^2} \quad i = 1 \dots n$$

Donde

B= Índice estandarizado de amplitud de nicho de Levins

p_i = Proporción de la presa i en la dieta

n = Número total de elementos de la dieta

Los valores de este índice van de 0 a 1; entre más cerca esté del 0 tienen tendencias selectivas y entre más distantes son más generalistas con su alimento (Ramos Guerra y Gatica Colima, 2009).

El solapamiento de la dieta entre los tres grupos de sexo/edad (machos adultos, hembras adultas y jóvenes), fue calculado con los datos volumétricos usando el índice de Pianka (1973):

$$O_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n P_{ij}^2 \sum_{i=1}^n P_{ik}^2}}$$

Donde

O_{jk} = Medida de solapamiento de nicho entre los grupos j y k

P_{ij} = Proporción del recurso i respecto del total de recursos usados por el grupo j

P_{ik} = Proporción del recurso i respecto del total de recursos usados por el grupo k

n = Número total de recursos

Los valores de este índice de solapamiento varían entre 0 (sin solapamiento) y 1 (solapamiento completo) (Krebs, 2014).

Se consideraron dos características morfométricas para determinar si existe relación entre la morfología de las ranas y algunas variables de las presas. Se analizó si hay una relación entre el tamaño (LHC) de la rana y el número de presas consumidas, entre el ancho de la mandíbula (AM) y el promedio (largo y ancho) del tamaño de las presas

y la presa más grande consumida; y entre el peso de las ranas y el peso del contenido estomacal. Para estos casos se utilizaron correlaciones de Pearson o Spearman, dependiendo si los datos se ajustaron o no a una distribución normal (Zar, 1999); los análisis de correlación se realizaron con el programa Minitab versión 19 (Minitab, LLC, 2019).

RESULTADOS

Se recolectaron 42 ejemplares de *L. catesbeianus*, 22 adultos (13 hembras y 9 machos) y 20 jóvenes. De estos, 35 (83.33%) tuvieron contenido gastrointestinal; encontrándose un total de 796 presas identificadas y 20 no identificadas, que se agruparon en 21 categorías (Tabla 1).

Composición de la dieta

Abundancia relativa

La dieta de *Lithobates catesbeianus* está compuesta principalmente de invertebrados, registrándose los órdenes Hymenoptera (Formicidae) (67.08%), Coleoptera (12.31%) y Hemiptera (4.89%) como los más abundantes; mientras que los menos abundantes, fueron los grupos Acari, Isopoda, Stylommatophora, Osteichthyies, Pseudoscorpionida y Aves (una pluma) con un valor de 0.12% (Figura 3).

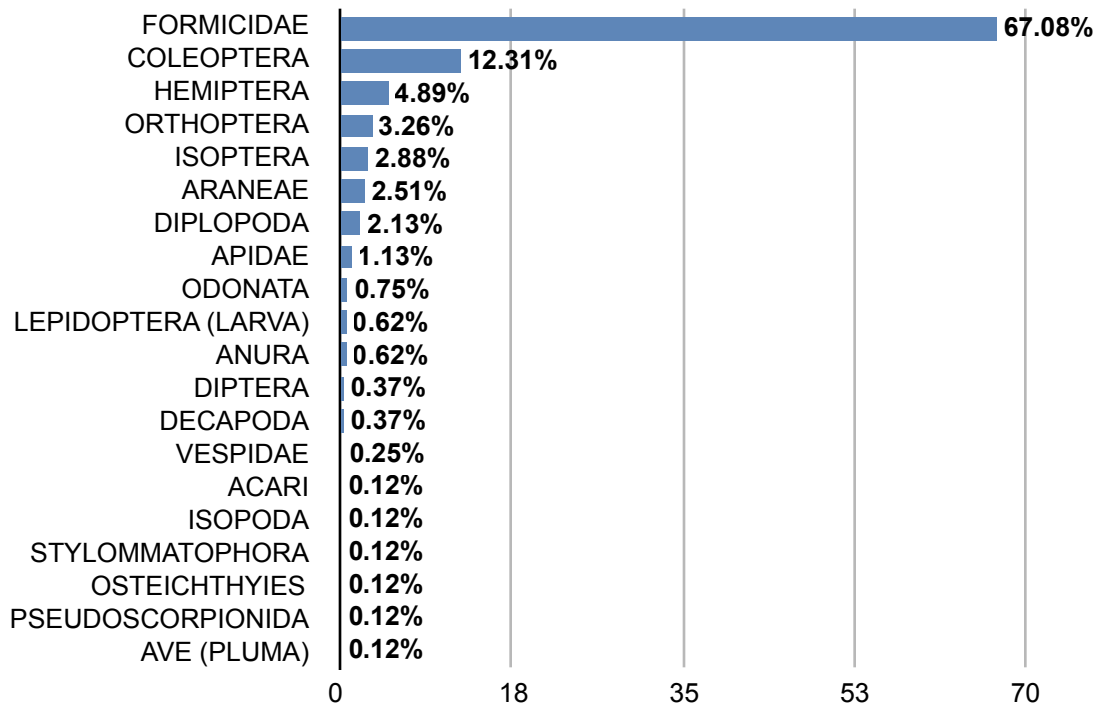


Figura 3. Abundancia relativa del total de las categorías de presa consumidas por rana toro.

Tabla 1. Composición de la dieta en adultos y jóvenes de *L. catesbeianus*. FO%, Frecuencia de ocurrencia; %V, Porcentaje volumétrico; N, Número de individuos

Taxón presa	Hembras			Machos			Jóvenes		
	FO%	%V	N	FO%	%V	Ind.	FO%	%V	N
Arthropoda									
Insecta									
Coleoptera	42.63	262.43	55	4.42	232.75	27	29.09	68.03	16
Hymenoptera									
Formicidae	6.20	14.37	8	85.43	0.64	522	7.27	0	4
Vespidae	0.77	0	1	0	0	0	1.81	0	1
Apidae	0	0	0	1.14	144.42	7	3.63	0	2
Diplopoda	8.52	0	11	0	929.28	0	0	0	0
Orthoptera	10.85	192.67	14	0.98	0	6	10.90	38.79	6
Odonata	0.77	0	11	0.16	0	1	7.27	0	4
Hemiptera	5.42	101.57	7	4.09	120	25	12.72	0	7
Isoptera	13.95	0	18	0	0	0	9.09	0	5
Diptera	0.77	0	1	0.16	0	1	1.81	0	1
Lepidoptera									
Larva	0	0	0	0.65	0	4	1.81	0	1
Mollusca									
Gastropoda									
Stylommatophora	0	0	0	0.16	635.39	1	0	0	0
Crustacea									
Isopoda	0.77	0	1	0	0	0	0	0	0
Decapoda	0	0	0	0.32	0	2	1.81	0	1
Arachnida									
Araneae	5.42	0	7	0.98	0	6	12.72	0	7
Acari	0	0	0	0.16	0	1	0	0	0
Pseudoscorpionida	0	0	0	0.16	1.43	1	0	0	0
Vertebrata									
Anura	3.10	0	4	0	0	0	0	0	0
Osteichthyes	0	0	0	0.16	0	1	0	0	0
Ave (Pluma)	0.77	0	1	0	0	0	0	0	0

Frecuencia de ocurrencia y volumen

Los órdenes más dominantes en cuanto a su frecuencia de ocurrencia fueron Coleoptera (19.81%), Araneae (12.61%) y Hemiptera (11.71%), mientras que los menos fueron Acari, Isopoda, Styломmatophora, Osteichthyes, Pseudoscorpionida y Aves con 0.9% cada uno (Figura 4).

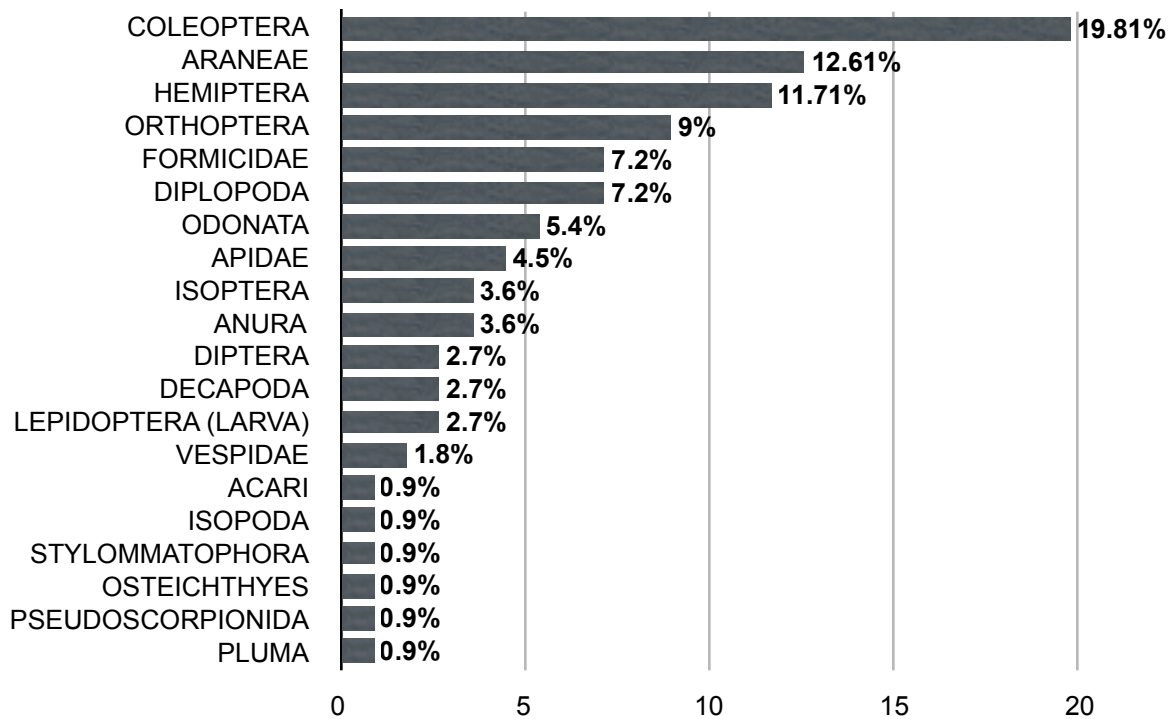


Figura 4. Frecuencia de ocurrencia del total de categorías de presa consumidas por *L. catesbeianus*.

Los órdenes más frecuentes en las hembras fueron Coleoptera (42.63%), Isoptera (13.95%) y Orthoptera (10.85%), mientras que los menos frecuentes fueron Vespidae, Odonata, Diptera, Pluma e Isopoda con 0.77%.

Los órdenes más frecuentes en los machos fueron Hymenoptera (Formicidae) (85.43%), Coleoptera (4.41%) y Hemiptera (4.09%), mientras que los menos frecuentes fueron Acari, Styломmatophora, Osteichthyes, Pseudoscorpionida, Diptera y Odonata con 0.16%.

Los órdenes más frecuentes en los jóvenes fueron Coleoptera (20.09%), Araneae (12.72%) y Hemiptera (12.72%), mientras que los menos frecuentes fueron Diptera, Vespidae, Decapoda y Lepidoptera con 1.81%.

En cuanto a su volumen total se encontró en primer lugar Diplopoda (929.28 mm³), en segundo lugar Styломmatophora (635.39 mm³) y en tercer lugar Coleoptera (233.66 mm³), mientras que las categorías con menor volumen fueron Pseudoscorpionida y Formicidae (Figura 5).

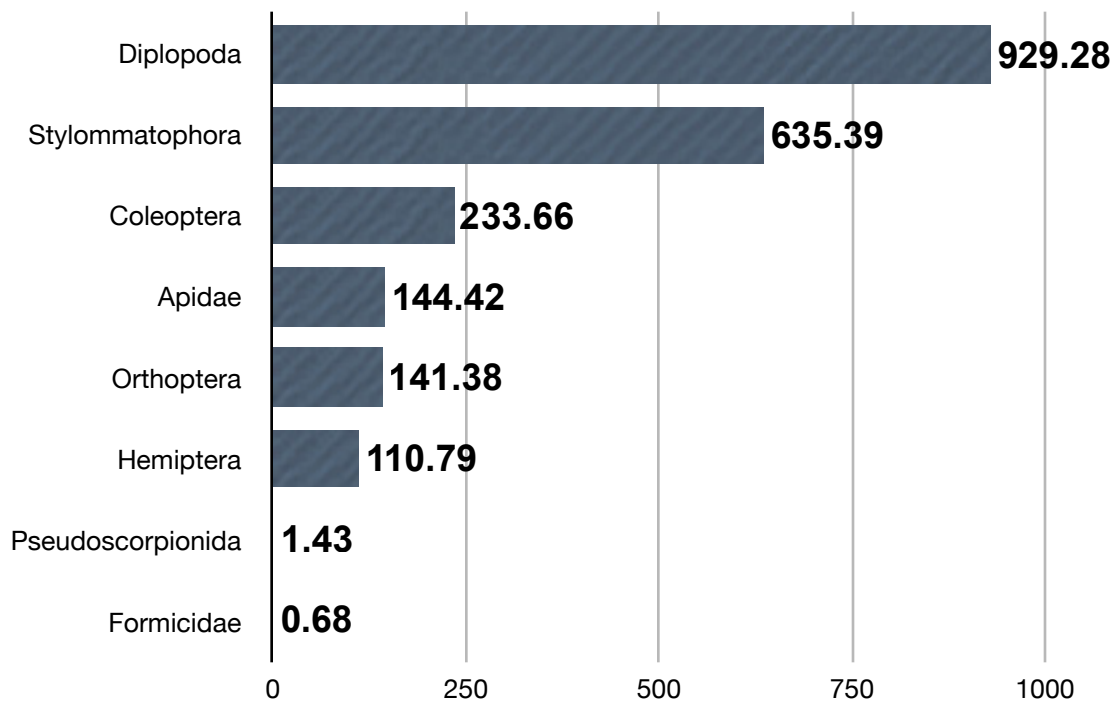


Figura 5. Volumen promedio del total de categorías de presa consumidas por *L. catesbeianus*.

Índice de importancia

De acuerdo al índice de importancia los órdenes principales fueron Hymenoptera (Formicidae) (I= 489.49), Coleoptera (I= 383.29) y Anura (I= 85.21); mientras que los de menor importancia fueron, Pluma, Pseudoscorpionida y Acari (I= 0.11) (Figura 6).

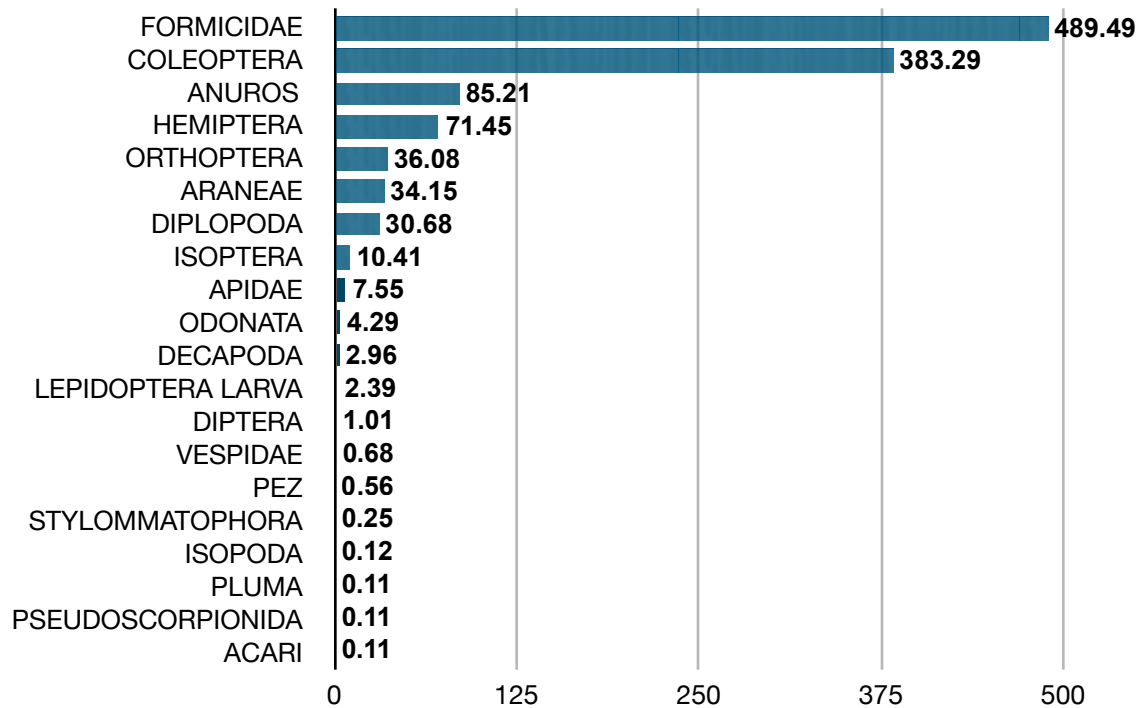


Figura 6. Índice de importancia de las diferentes categorías de presa consumidas por *L. catesbeianus*.

En cuatro ranas hembras se encontraron presas del orden Anura; la primera de ellas (MBMG034) contenía huesos de dos organismos de la especie *Lithobates spectabilis* (Figura 7A), en la segunda rana (CHJ1310) se encontraron restos de un bufónido de la especie *Incilius nebulifer* (Figura 7B), la tercera (MBMG011) tenía restos de huesos que fueron identificados como pertenecientes a un individuo de la familia Hylidae (Figura 7C), finalmente en la cuarta rana (MBMG008) se registraron tres restos óseos de un individuo perteneciente a la familia Hylidae (Figura 7D); pero en ninguno de los dos últimos casos se pudo identificar las presas a nivel especie. Adicionalmente, en una de las ranas hembra (MBMG025) se observó una pluma de ave sin presencia de restos óseos (Figura 7E), por lo que pudo ser una ingesta accidental. Además, en el contenido gastrointestinal de una rana macho (MBMG023) se identificaron restos óseos de un pez del grupo de los Osteichthyies (Figura 7F).

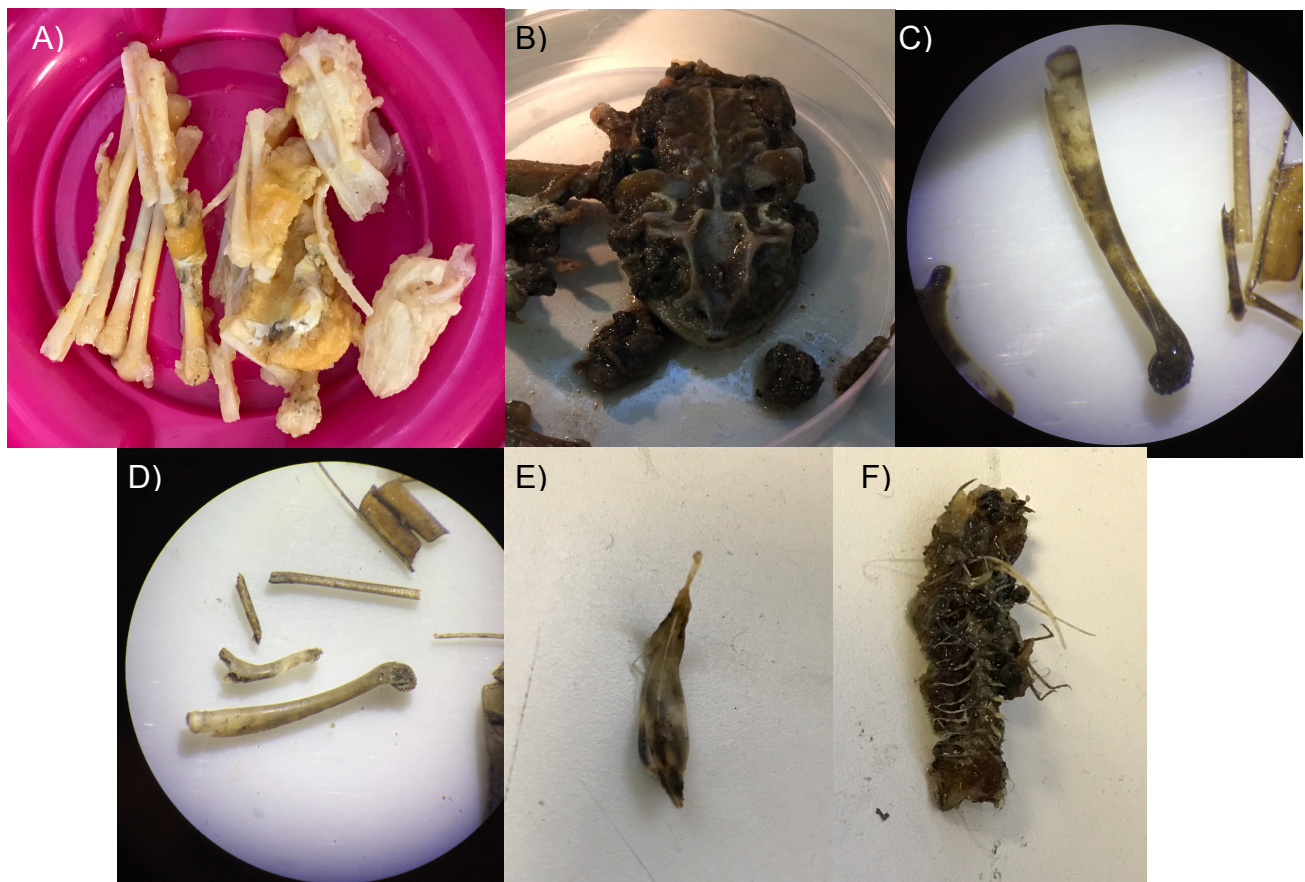


Figura 7. Restos de vertebrados encontrados en la dieta de *Lithobates catesbeianus*. Dos organismos de *Lithobates spectabilis* (A), *Incilius nebulifer* (B), Hylidae (C y D), Ave (pluma, E) y Osteichthyies (F).

Diversidad, amplitud y solapamiento de nicho trófico

La diversidad de la dieta medida con los números de Hill mostró que los valores más similares entre sí fueron en machos y jóvenes; mientras para hembras fueron menores. Los valores más altos de diversidad se encuentran en los machos, en segundo lugar en los jóvenes y finalmente en las hembras (Figura 8).

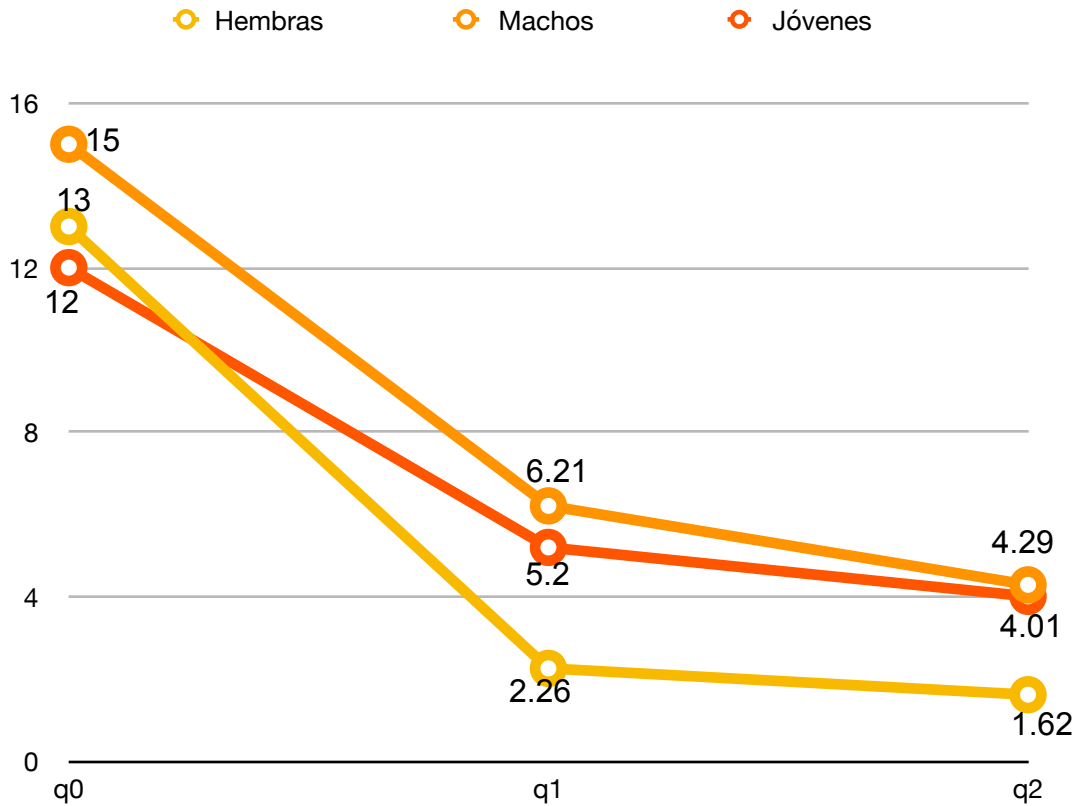


Figura 8. Diversidad de la dieta mediante los números de Hill.

En cuanto a la amplitud de nicho, el valor obtenido para las ranas toro hembras fue de 0.05, para machos 0.23 y para jóvenes 0.27, lo que indica un nicho trófico estrecho en las categorías de edad/sexo. El solapamiento del nicho trófico entre machos y jóvenes, fue mayor al de machos y hembras, y al de hembras y jóvenes (Figura 9).

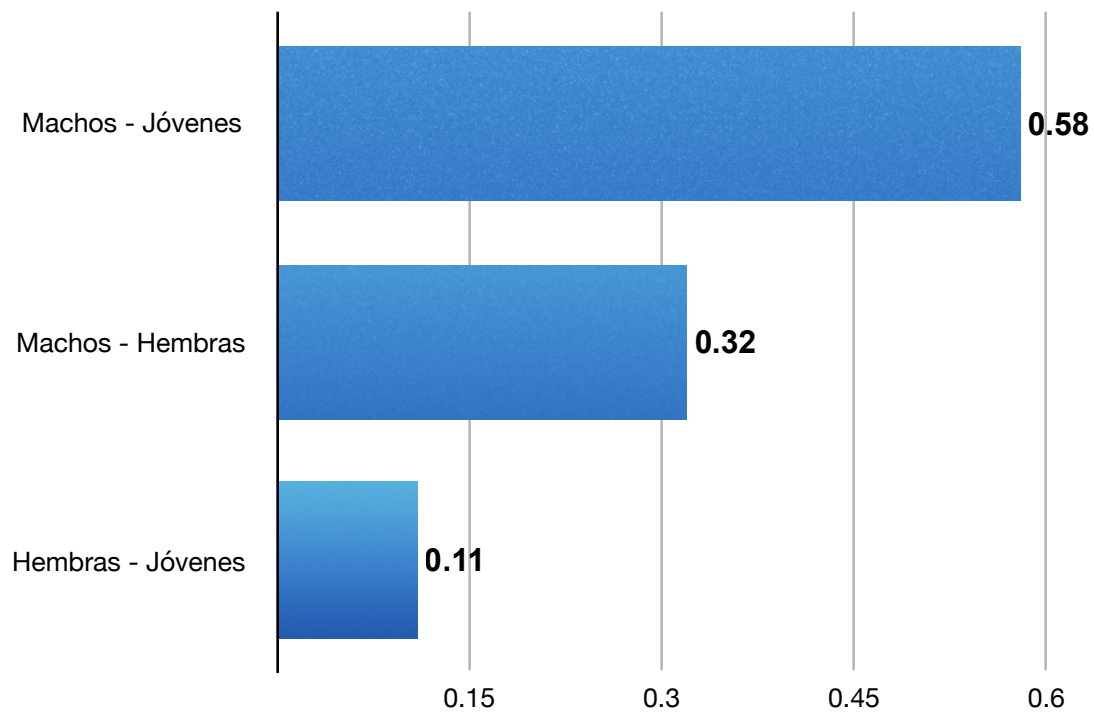
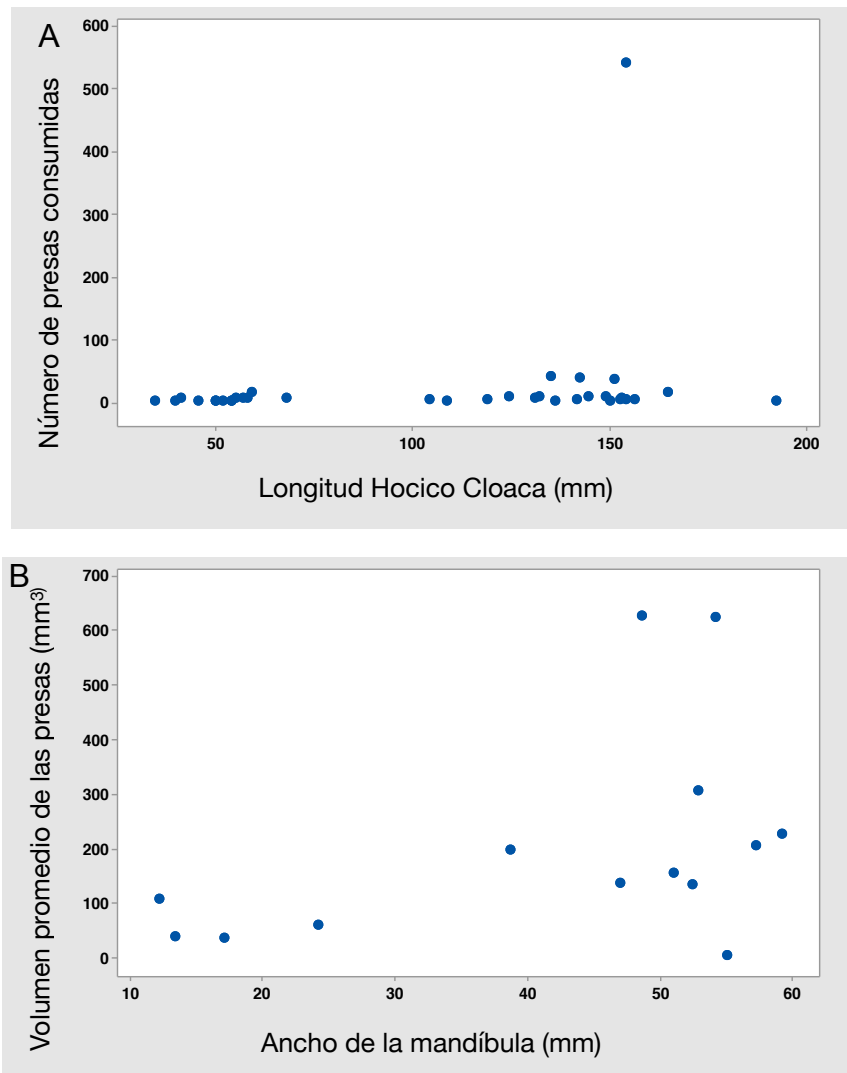


Figura 9. Solapamiento de nicho trófico entre las clases de edad/sexo.

Correlación entre variables

Las ranas toro adulto macho presentaron una LHC de 138.44 ± 12.29 mm, las hembras adultas 147.08 ± 18.71 mm, y los juveniles 54.31 ± 14.63 mm. En total en el número de presas se obtuvo un promedio de 23.31 ± 181.19 , el peso del contenido gastrointestinal fue de 0.81 ± 2.04 , el tamaño de la presa fue de 204.05 ± 189.61 mm³, y el promedio de la presa más grande fue de 292.45 ± 263.89 mm³.

Los análisis de correlación no mostraron relación significativa entre la LHC de las ranas y el número de presas consumidas ($r = 0.20$; $p = 0.23$; Fig. 10A) ni entre el AM y el volumen promedio de la presa consumidas ($r = 0.44$; $p = 0.11$; Fig. 10B). Sin embargo, se encontró una relación positiva entre el peso de las ranas y el peso del contenido total ($r = 0.57$; $p = 0.001$; Fig. 10C) y entre el AM y el volumen de la presa más grande ($r = 0.58$; $p = 0.02$; Fig. 10D).



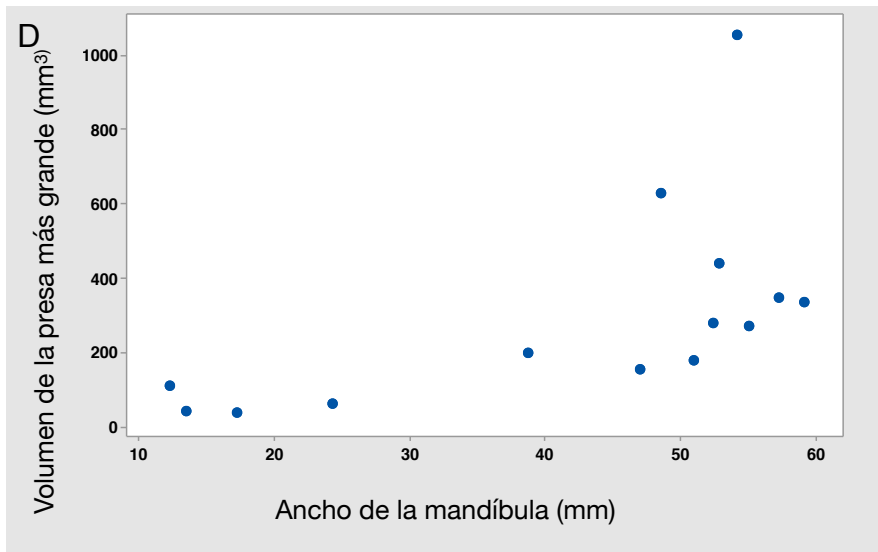
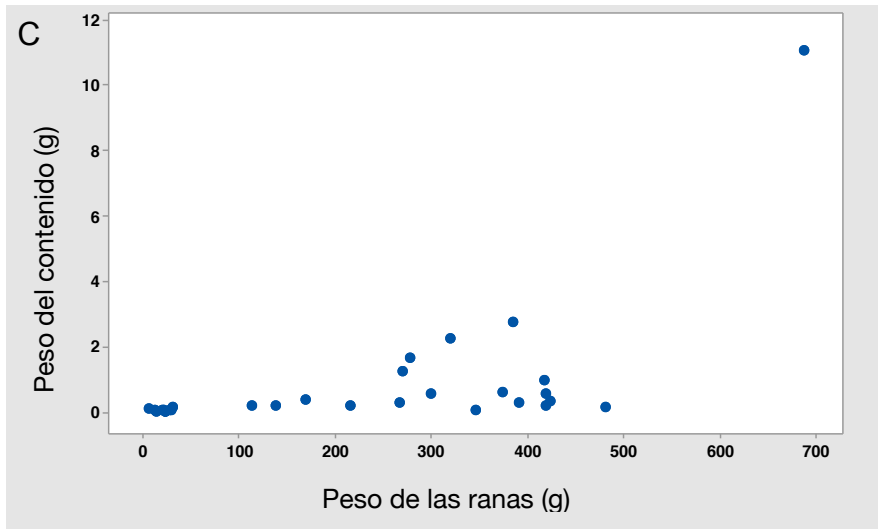


Figura 10. Correlación entre la longitud hocico-cloaca (LHC) de las ranas y el número de presas consumidas (A), peso de las ranas y peso de las presas (B), ancho de la mandíbula y presa más grande (C) y el ancho de la mandíbula y presa promedio (D).

DISCUSIÓN

La mayoría de los trabajos de dieta de *Lithobates catesbeianus* han sido realizados fuera de México (Daza-Vaca y Castro-Herrera, 1999; Kats y Ferrer, 2003; Sanabria et al. 2005; Akmentins et al. 2009; Barraso et al. 2009; Texeira Da Silva et al. 2009; Leivas et al. 2012; Jancowski y Orchard, 2013), y solo existen dos trabajos publicados para México, en los estados de Baja California Sur y Chihuahua (Ramos-Guerra y Gatica-Colima, 2009 y Luja y Rodríguez-Estrella, 2010). Por lo tanto, este es el primer trabajo de esta especie en Puebla.

Entre los invertebrados más observados en la dieta se encontraron coleópteros, arañas hemípteros y ortópteros; estos datos son parecidos a los de Krupa (2002) y Leivas et al. (2012). Considerando los datos numéricos, las ranas toro consumen mayormente invertebrados; Martínez-Coronel y Pérez-Gutiérrez (2011) reportaron que la especie *Craugastor lineatus*, consumieron mayormente coleópteros en temporadas húmedas que en secas. Cabe resaltar que aunque no se comparó formalmente entre lluvias y secas, se observó que las ranas recolectadas en la temporada de lluvia obtuvieron un mayor número de individuos del orden Coleoptera y Hemiptera; probablemente debido a la alta disponibilidad de estos grupos taxonómicos (Aragón-García et al. 2011) y a la elevada precipitación en el sitio de muestreo. Sin embargo sería pertinente a futuro diseñar un estudio que nos permita diferenciar en dieta por temporada de secas y lluvias, para poder fundamentar las explicaciones al respecto.

En este estudio se encontró que los insectos fueron los más diversos y abundantes en la dieta de la rana toro, al igual que lo observado por Daza y Castro (1999), Krupa (2002), Barraso et al. (2009), Ramos-Guerra y Gatica-Colima (2009), Texeira Da Silva et al. (2009), Leivas et al. (2012) y Jancowski y Orchard (2013). Hay que destacar que en los ecosistemas dulceacuícolas se concentra una gran diversidad de especies de animales, de estos se conoce solo un 60.4% para el grupo de los insectos (Balian et al. 2008); debido a estas cifras, es por lo que podría existir mayor diversidad y abundancia en la dieta de la rana toro. Además, estos invertebrados proporcionan nutrientes necesarios para la supervivencia de la rana; mientras consumen presas más pequeñas hay mayor gasto energético, debido a que necesitan ingerir más presas para obtener los mismos nutrientes que cuando consumen una presa grande (Maneyro et al. 2004; Falico et al. 2012; Leivas et al. 2012; Luría-Manzano, 2012; Jancowski y Orchard; 2013). Vale la pena aclarar que no se midió la disponibilidad de alimento, ni las

condiciones climáticas presentes en los sitios de muestreo durante la colecta de las ranas.

Es importante mencionar que dentro de la dieta en todas las categorías de edad/sexo se encontraron con mayor frecuencia de ocurrencia los órdenes Coleoptera, Hymenoptera (Formicidae), Araneae y Hemiptera; comparándolos con los trabajos de Akmentis et al. (2009) incluían los órdenes Othoptera y larvas e imagos de Lepidoptera; Barraso et al. (2009) obtuvieron una coincidencia en los coleópteros, y para Jancowski y Orchard (2013) se encontraron los odonatos y coleópteros como los predominantes. Las ranas toro depredan dentro del agua y regularmente lo hacen en sistemas de agua lénticos, y los escarabajos son invertebrados que están adaptados a vivir en estos sistemas (Cruz-Miranda et al. 2015), lo cual podría explicar parcialmente su dominancia en la dieta de la especie, sin importar la ubicación geográfica.

En cuanto a la frecuencia de las presas más consumidas por ranas adulto hembras, los órdenes Coleoptera, Isoptera y Orthoptera fueron los más representativos, esto es similar a lo obtenido por Ramos-Guerra y Gatica-Colima (2009), con excepción que ellos obtuvieron además una mayor frecuencia en Hemiptera. Debido a que Coleoptera, Isoptera y Orthoptera se pueden encontrar en concentraciones grandes de individuos en las orillas o fuera de los cuerpos de agua (Aragón-García et al. 2011), las ranas hembras podrían aprovechar estos recursos en estos sitios. Por otra parte, los machos presentaron una frecuencia mayor de los órdenes Hymenoptera (Formicidae), Coleoptera y Hemiptera parecido a lo encontrado por Leivas et al. (2012) incluyendo la clase Arachnida. Al ser generalistas, las ranas toro macho frecuentan depredar organismos acuáticos y también terrestres. Las ranas toro hembra al tener una dieta mas estrecha, necesitan buscar más recursos fuera de su nicho, por lo que se encuentra diversidad en su dieta.

En jóvenes, los órdenes Coleoptera, Araneae y Hemiptera representaron una frecuencia mayor en este trabajo; sin embargo Texeira Da Silva et al. (2009) encontraron a los órdenes Hymenoptera (Formicidae), Orthoptera, Hemiptera y Odonata. Es probable que la diferencia entre los datos del presente estudio y los anteriormente mencionados se deba al bajo número de individuos recolectados y a los estómagos vacíos. Ramos-Guerra y Gatica-Colima (2009) reportan los órdenes Coleoptera, Odonata y Hemiptera como parte de la dieta en las ranas jóvenes, lo cual puede indicarnos que consumen una gran variedad de invertebrados; ya sea totalmente

acuáticos, terrestres o voladores, como los coleópteros o hemípteros. En el trabajo de Texeira Da Silva et al. (2009) encontraron los órdenes Araneae, Hemiptera y Diplopoda en ranas post-metamórficas, cabe resaltar que en el presente estudio no se recolectaron en esta etapa.

En este estudio se encontraron en mayor proporción de volumen los órdenes Anura y Coleoptera, en cambio para Texeira Da Silva et al. (2009) los anfibios (en general, incluyendo el orden Anura y Caudata) y Diplopoda representaron el mayor volumen de presas. Ramos-Guerra y Gatica-Colima (2009) registraron a Coleoptera, Orthoptera y Hemiptera con mayor volumen que los vertebrados. Con esto podemos concluir que aunque no existe una correlación entre el ancho de mandíbula y el volumen de la presa, existe una tendencia de que las ranas toco consume vertebrados de gran tamaño, especialmente las hembras dado que son las que obtuvieron mayores registros de anuros en el contenido gastrointestinal. Es importante aclarar que las ranas consumen menos presas por unidad de tiempo con el propósito de ahorrar energía en la búsqueda de alimento (Lucas-Velásquez et al. 2012; Rodríguez-Vieites et al. 1997). En este sentido, el hecho de consumir pocas presas muy grandes en lugar de muchas presas pequeñas, podría representar un ahorro de energía para *L. catesbeianus*.

Adicionalmente, se analizó el índice de importancia; las presas con mayor porcentaje en la dieta fueron Hymenoptera (Formicidae), Coleoptera y Anura; estos datos son parecidos a los mostrados por Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) que mostraron un mayor índice de importancia en los órdenes Coleoptera, Araneae, Orthoptera y Hemiptera; el alto índice en los himenópteros probablemente se debe a la disponibilidad y abundancia en el ambiente (Vázquez-Franco et al. 2014). En este último trabajo también se encontraron vertebrados como Osteichthyes y Anura; esto debido a que las ranas pasan la mayor parte del tiempo dentro del agua, y la mayoría de sus actividades, incluyendo la alimentación, las realizan dentro de este medio o a las orillas donde puede haber vertebrados e invertebrados que están asociados al agua (UICN, 2015), como los coleópteros y anuros (Cruz-Miranda et al. 2015).

La diversidad de la dieta se midió por el método de los números de Hill; sin embargo, en los trabajos consultados la diversidad fue medida con el índice estandarizado de Shannon-Wiener. Maneyro et al. (2004) encontraron una $H = 0.67$ del número total de las presas; sin embargo, Kovács et al. (2010) obtuvieron una diversidad de $H = 2.68$ (*Rana temporaria*) y $H = 2.61$ (*Rana dalmatina*). El equivalente con los datos del

presente trabajo es de $H= 3.88$, lo cual es parecido a los datos mostrados anteriormente, esto puede resultar debido a que las ranas son oportunistas sin importar el sitio donde se encuentren. En los resultados obtenidos en este trabajo por los números de Hill, se encontró que la diversidad más alta está en los machos; por lo que podemos deducir que la población de machos tiene una dieta más diversa. A pesar de que no tienen una talla corporal igual a la de las hembras, tienden a ser depredadores oportunistas lo que les permite consumir gran variedad de presas; con respecto a las hembras, al consumir presas mas grandes su dieta es menos diversa. Además la condición reproductiva es más baja en ciertas temporadas y esto corresponde a la menor diversidad de la dieta en hembras (Guerrero, 2004).

Con respecto a la amplitud de nicho trófico, los resultados aquí mostrados indican que en cada una de las tres categorías analizadas la amplitud es baja (por debajo de 0.3), lo cual sugiere que los hábitos alimenticios de la rana toro en esta localidad son estrechos. En cuanto a las diferencias por categorías, los datos de este estudio sugieren que los valores son similares (0.05 para hembras; 0.23 en machos y 0.27 en jóvenes). Esto coincide con el trabajo realizado por Leivas et al. (2012) dado que obtuvieron resultados con amplitudes similares entre adultos hembra (0.43) y macho (0.42). De acuerdo a los datos en este estudio, *L. catesbeianus* tiene un nicho trófico más estrecho que el reportado por Leivas et al. (2012), ya que utilizan un número bajo de recursos. A pesar de que algunos autores sugieren que la rana toro es de hábitos generalistas lo cual implicaría que tuviera la amplitud de nicho trófico amplia, los datos aquí mostrados sugieren que la amplitud en la población estudiada es más estrecha, por lo que tienen los recursos necesarios para alimentarse y tienden a ser oportunistas (Brown, 1984; Vázquez, 2006). Aunque se considera que es una rana oportunista es probable que los resultados en este trabajo, sean efecto del bajo número de ranas analizadas por categoría de edad/sexo; Leivas et al. (2012) recolectaron un mayor número de ranas (104 hembras y 77 machos) a comparación con las recolectadas en este trabajo (13 hembras y 9 machos).

En este estudio, el solapamiento de nicho, indicó que es más alto entre machos - jóvenes; que el que existe entre machos - hembras y hembras - jóvenes, por lo que se intuye que el tamaño de las presas consumidas por machos y jóvenes es similar; por otra parte las hembras consumen presas de mayor tamaño, por esta razón no hay un solapamiento entre las otras clases de edad/sexo. Texeira Da Silva et al. (2009) reportaron un bajo solapamiento entre adultos y jóvenes dado que los jóvenes

consumen presas más pequeñas. Sin embargo, entre adultos macho y hembra hubo un alto solapamiento ya que suponen que es debido a la distribución espacial en sus sitios de muestreo. Estos mismo autores indican que los machos y jóvenes tienden a consumir casi los mismos ítems alimenticios. Leivas et al. (2012) reportan un alto solapamiento entre machos y hembras en las cuatro estaciones del año; en este proyecto no fue posible medir dichas variables.

En los datos registrados para este trabajo no se encontró correlación entre las variables tamaño de la rana (LHC) y el número de presas consumidas, lo mismo fue encontrado por Leivas et al. (2012) y Texeira Da Silva et al. (2009). Para este último, los adultos de ambos sexos no mostraron diferencias significativas en el tamaño de la presa y el de las ranas, por lo que consumen presas más grandes que los jóvenes. Debido a la ausencia de correlación en esta investigación para dichas variables, se deduce que el tamaño de la rana no influye en el número de presas que consume la rana toro, al menos en el rango de tamaño obtenido de las ranas, posiblemente por su conducta oportunista y a la disponibilidad de recursos (Vázquez, 2006).

Sin embargo, se encontró una relación entre el peso de las ranas y el contenido total y entre el AM y el volumen de la presa más grande; Texeira Da Silva et al. (2009) encontraron una correlación positiva entre el tamaño de la presa y de la rana. Gracias a esto podemos deducir que mientras más ancha sea la mandíbula y más pesada sea la rana toro, tiene oportunidad de consumir presas más grandes y de acumular un mayor bolo alimenticio, aunque cabe recalcar que el número de presas disminuye cuando incrementa de tamaño la rana (Valderrama-Vernaza et al, 2009).

En este trabajo desafortunadamente se encontró en mayor cantidad de registros, invertebrados donde la mayoría son insectos. Dentro de los visualizados, los coleópteros, dípteros y hemípteros obtuvieron una mayor abundancia; Sánchez-Bayo y Wyckhuys (2019) encontraron algunos de estos órdenes con un descenso en su diversidad. Los coleópteros tienen un descenso del 49% de la población y un 34% en peligro de extinción, mientras que los dípteros tienen el 25% en descenso y el 0.7% en peligro y para los hemípteros no tienen suficientes datos. Estos porcentajes aunque no se hayan obtenido a causa de especies exóticas, a futuro las ranas toro pueden ser las que produzcan un declive aun mayor en las poblaciones de insectos.

La presencia de vertebrados encontrados en este estudio concuerda con lo reportado en la literatura, en la cual se menciona que esta rana consume algunos vertebrados, como aves (Daza-Vaca y Castro-Herrera, 1999; Ramos-Guerra y Gatica-Colima, 2009), mamíferos (Daza-Vaca y Castro-Herrera, 1999; Akmentins et al. 2009), peces (Daza-Vaca y Castro-Herrera, 1999; Barraso et al. 2009; Luja y Rodríguez-Estrella, 2010; Leivas et al. 2012; Jancowsky y Orchard, 2013), anfibios (Daza-Vaca y Castro-Herrera, 1999; Akmentins et al. 2009; Barraso et al. 2009; Ramos-Guerra y Gatica-Colima, 2009; Texeira Da Silva et al. 2009; Leivas et al. 2012; Jancowsky y Orchard, 2013) y reptiles (Akmentins et al. 2009; Ramos-Guerra y Gatica-Colima, 2009; Jancowsky y Orchard, 2013).

En esta investigación se obtuvo el reporte de vertebrados de la clase Amphibia, registrándose anuros de la familia Hylidae, así como lo reportó Texeira Da Silva et al. (2009); que reportaron a *Dendropsophus minutus*, *D. elegans*, *Scinax crospedospilus*, *S. eurydice*, y *Boana faber*. Mientras que Jacowski y Orchard (2013) reportaron a *Pseudacris regilla* en el 1.2% de los estómagos analizados, Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) mencionan a la especie *Dendropsophus columbianus* como parte de la dieta de la población de *L. catesbeianus* que analizaron. En este trabajo se encontró el 2.38% del total de los estómagos analizados, mayor al mostrado por los autores anteriores. En este estudio se encontraron restos de dos especímenes de hílidos que no se pudieron identificar hasta nivel de especie; sin embargo durante los muestreos se encontraron asociados a los cuerpos de agua donde se colectaron las ranas toro, al menos tres especies de hílidos que son: *Smilisca baudinii*, *Dendropsophus microcephalus* y *Tlalocohyla picta*. Estas tres especies fueron las más abundantes dentro de los sitios de muestreo, asociadas a los mismos cuerpos de agua y en el mismo periodo de actividad que las ranas toro, por lo que en el caso de los huesos largos de uno de los ejemplares puede tratarse de *Smilisca baudinii*; mientras que los otros huesos más pequeños podrían ser de alguna de las otras especies, debido a su tamaño.

Si bien no existen datos previos sobre la abundancia de las poblaciones de otras ranas durante los meses de muestreo, se observaron de manera constante y abundante, Por lo que podríamos deducir que al menos en este periodo de tiempo no existe una afectación a las poblaciones de estas especies por parte de la rana toro. Aunque valdría la pena medir el efecto de la depredación en esas poblaciones ya que existen ejemplos, como el de Luja y Rodríguez-Estrella, (2010) donde reportan un posible

descenso o desplazamiento de una población de Hylidae de especie *Pseudacris hipocondriaca curta* en Baja California, por la presencia de *L. catesbeianus*.

En este estudio además de anuros de la familia Hylidae, encontramos también restos de individuos de la familia Ranidae de la especie *Lithobates spectabilis*, la cual se encuentra en la categoría de preocupación menor para la UICN (2015), mientras que en la NOM-059-Semarnat-2010 (D.O.F. 2010) no se tiene registrada. Akmentis et al. (2009), Barraso et al. (2009), Texeira Da Silva et al. (2009), Leivas et al. (2012), Jancowski y Orchard (2013), registraron casos de canibalismo en individuos adultos de esta familia; lo cual no fue visto en este proyecto, posiblemente por el hecho de que las ranas toro no reconocen esta actividad como tal, simplemente es la necesidad de obtener alimento sin importar el tipo de presa que consuman (Leivas et al. 2012).

Además se encontró un bufónido, de la especie *Incilius nebulifer*, especie considerada por la UICN (2015) como de preocupación menor y con una población estable y no considerada por la NOM-059-Semarnat-2010 (D.O.F. 2010). Ramos-Guerra y Gatica-Colima (2009) reportaron un bufónido de la especie *Anaxyrus debilis*; Barraso et al. (2009) registraron un individuo de la especie *Rhinella arenarum* y una rana de la familia Leptodactylidae; Texeira Da Silva et al. (2009) reportaron la especie *Rhinella ornata*; mientras que Leivas et al. (2012) reportan a *Rhinella ornata* y *R. abei*. Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) reportan a *Rhinella marina* como parte de la dieta de la rana toro, además de una rana de la familia Leptodactylidae (*Leptodactylus colombiensis*); Akmentis et al. (2009) observaron dos restos de anfibios que no pudieron identificar. Por lo tanto no es extraño poder encontrar bufónidos en la dieta de la rana toro y dado que algunas especies contienen glándulas venenosas, podríamos deducir que *L. catesbeianus* es tolerante a las defensas químicas de dichos bufónidos.

En esta investigación se reportaron restos de anuros de la especie *Lithobates spectabilis* y de *Incilius nebulifer*, estas dos especies no se habían registrado en artículos anteriores; por lo que serían, los primeros registros como parte de la dieta de la rana toro. Esto posiblemente porque las especies mencionadas, no se encuentran en las zonas de estudio de los artículos anteriormente citados.

En cuanto a los peces entre las presas consumidas por la rana *Lithobates catesbeianus*, solo se encontraron restos de una sola presa de la clase Osteichthyes en un macho adulto; sin embargo Jancowski y Orchard (2013) mencionan a cuatro

diferentes especies de peces dentro de las clases Gasterosteiformes y Actinopterygii. Leivas et al. (2012) encontraron en ranas jóvenes como parte de su dieta peces Osteichthyes. Sin embargo Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999), lo reportaron como una presa importante en la dieta de la rana toro. Vale la pena aclarar que sin haber cuantificado ni medido de ninguna manera la disponibilidad de alimento, durante las visitas de campo en los sitios de colecta, se pudieron observar peces aunque con poca frecuencia en los cuerpos de agua.

Se encontró también una pluma de un ave sin restos óseos, de igual manera lo reportaron Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999), incluyendo dos polluelos sin identificar. La pluma registrada en este trabajo pudo ser por ingesta accidental aunque también podría ocurrir que la rana consuma algunos polluelos de hábitos acuáticos como del grupo de los Anseriformes que además fueron observados durante los muestreos a los sitios donde se recolectaban las ranas.

CONCLUSIONES

- * En cuanto a la abundancia relativa, los artrópodos fueron el grupo taxonómico más abundante de manera general, en particular los ordenes Coleoptera, Araneae y Hemiptera. Mientras que las presas menos abundantes fueron: Acari, Isopoda, Styломmatophora, Osteichthyies, Pesudoscorpionida y Passeriformes (pluma).
- * Los insectos y arácnidos tuvieron una frecuencia de ocurrencia porcentual alta para todas las categorías de sexo. Mientras que los menos frecuentes son: Coleoptera, Araneae y Hemiptera. Y las presas menos abundantes fueron: Acari, Isopoda, Styломmatophora, Osteichthyies, Pesudoscorpionida y Passeriformes (pluma).
- * Los anuros y coleópteros fueron los organismos con mayor volumen en la dieta de *Lithobates catesbeianus*.
- * En cuanto al índice de importancia los invertebrados y vertebrados de los órdenes Hymenoptera (Formicidae), Coleoptera y Anura tuvieron los valores más altos.
- * Los valores de diversidad indican que los machos tienen una dieta más diversa que los jóvenes y las hembras y que la similitud entre la diversidad de la dieta entre machos y jóvenes es más fuerte.
- * El cálculo de la amplitud de nicho trófico para las categorías sexo mostró valores bajos, lo cual sugiere que llevan una dieta estrecha.
- * El cálculo del índice de solapamiento de nicho mostró que entre machos y jóvenes existe un mayor solapamiento entre las presas consumidas.
- * No hubo correlación entre las variables tamaño de la rana (LHC) y el número de presas consumidas y entre el ancho de la mandíbula (AM) y el volumen promedio de las presas consumidas, sin embargo se encontró una relación entre el peso de las ranas y el peso del contenido total y entre el AM y el volumen de la presa más grande.
- * En adultos hembra se obtuvo un mayor registro de vertebrados (*Lithobates spectabilis*, *Incilius nebulifer* y dos especies sin identificar de la familia Hylidae)

como parte de la dieta; en adultos macho se registro rastros de un espécimen de pez.

BIBLIOGRAFÍA

- Akmentins, M. S., Pereyra, L. C., & Lescano, J. N. (2009). Primer registro de una población asilvestrada de Rana Toro (*Lithobates catesbeianus*) en la Provincia de Córdoba, Argentina. Notas sobre la biología de la especie. *Cuadernos de Herpetología*, 23(1), 25–32.
- Altieri, A. H., Wesenbeeck, B. K. van, Bertness, M. D., & Silliman, B. R. (2010). Facilitation cascade drives positive relationships between native biodiversity and invasion success. *Ecology*, 91(5), 1269–1275.
- Aragón, G. A., Tapia-Rojas A. & Pérez Torres B. C. (2011). Insectos de Puebla. En *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. (pp.142-148). Puebla, México: Editorial Impresora Apolo.
- Balian, E. V., Segers, H., Lévêque, C. & Martens, K. (2008). The Freshwater Animal Diversity Assessment: An overview of the results. *Hydrobiologia*, 595, 627–637.
- Barraso, D. A., Cajade, R., Nenda, S. J., Baloriani, G., & Herrera, R. (2009). Introduction of the American Bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in Natural and Modified Environments: An Increasing Conservation Problem in Argentina. *South American Journal of Herpetology*, 4(1), 69–75.
- Becerra, L. J. L., Esparza, E. C. E., Romero, M U., Sigala, R J. J., Mayer, G. I. G., & Castillo, C. J. M. (2017). Evidence of niche shift and invasion potential of *Lithobates catesbeianus* in the habitat of Mexican endemic frogs. *PLoS ONE*, 12(9), 1–15.
- Belamendia, G. (2010). Estudio de la Comunidad de Anfibios y Reptiles en la Cuenca de Bolintxu: Propuesta Para El Conocimiento de la Diversidad de Herpetofauna, Detección de especies de interés y propuestas de Gestión.
- Brown, J. H. (1984). On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, 124, 255-279.

- Casas, A. G., Aguilar, M. X. & Cruz, A. R. (2001). La introducción y el cultivo de la rana toro (*Rana catesbeiana*). ¿Un atentado a la biodiversidad de México?. *Ciencia Ergo Sum*, 8(1), 62-67.
- Castillo, R. J. C. (2008). *Modelamiento de la Distribución de los Nichos Adecuados para la Invasión Biológica del Retamo Espinoso (Ulex europaeus) en la Cuenca Alta del Río Bogotá, Vulnerabilidad y Escenarios Futuros*. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana.
- Cruz, M. G. I., Bolaños, C. S., Cortes, A. P. & Paéz, G. L. E. (2015). Coleopterofauna de cinco localidades, del municipio de Jungapeo, Michoacán. *Sociedad Mexicana de Entomología, Número especial 1*, 112–117.
- Daza, V. J. D., & Castro, H. F. (1999). Hábitos alimenticios de la rana toro (*Rana catesbeiana*) Anura Ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol 23*, 265-274.
- Dunham, A. E. (1983) Cap. 12 Realized niche overlap, resource abundance, and intensity of interspecific competition. En *Lizard Ecology* (pp. 261-280). Londres, Inglaterra.
- Falico, D. A., López, J. A., Antoniazzi, C. E. & Beltezer, A. H. (2012). Variación interpoblacional y ontogenética en la dieta de la rana llorona *Physalaemus albonotatus* (Anura: Leiuperidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 1187-1193.
- Ficetola, G. F., Thuiller, W., & Miaud, C. (2007). Prediction and validation of the potential global distribution of a problematic alien invasive species - The American bullfrog. *Diversity and Distributions*, 13(4), 476–485.
- Frost, Darrel R. (2019). Amphibian Species of the World. Recuperado de <https://www.amnh.org>.
- Garcia, E. (1998). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de koppen*. México: Serie Libros.

- GISD. (2010). Global Invasive Species Database. Red List, 10(2), 1–15.
- GISD. (2015). Global Invasive Species Database. Red List, 10(2), 1–15.
- Guerrero, C. (2004). *Hábitos alimentarios de Rana catesbeiana (Shaw:1802), introducida en las lagunas del sector Miraflores, Municipio Campo Elías, Estado Mérida*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Los Andes.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2009), Prontuario de Información Geográfica Municipal. INEGI. http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/31/31038.pdf.
- Jancowski, K., & Orchard, S. A. (2013). Stomach contents from invasive american bullfrog *Rana catesbeiana* (= *Lithobates catesbeianus*) on southern Vancouver Island, British Columbia, Canada. *NeoBiota*, 16, 17-37.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *OIKOS*, 113(2), 363-375.
- Kats, L. B., & Ferrer, R. P. (2003). Alien predators and amphibian declines: Review of two decades of science and the transition to conservation. *Diversity and Distributions*, 9(2), 99–110.
- Kovács, I., David, A., Ferenti, S., & Dimancea, N. (2010). The food composition of two brown frog populations (*Rana dalmatina* and *Rana temporaria*) from Salaj County, Romania. *Biharean Biologist*, 4(1), 7–14.
- Krebs J. C. (2014). *Ecological Methodology*. Columbia Británica: Addison Wesley Longman.
- Krupa, J. (2002). Temporal Shift in Diet in a Population of American Bullfrog (*Rana catesbeiana*) in Carlsbad Caverns National Park. *The Southwestern Naturalist*, 47(3), 461-467.
- Laufer, G., Canavero, A., Núñez, D., & Maneyro, R. (2008). Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) invasion in Uruguay. *Biological Invasions*, 10(7), 1183–1189.

- Lavín, M. P. A., Lazcano, V. D. L., & Gadsden, E. H. (2014). Cap. 26 Anfibios y reptiles exóticos y trasladados invasores. En *Especies Acuáticas Invasoras en México* (pp. 435–441). México: Offset Rebosán
- Leivas, P. T., Leivas, F. W. T., & Moura, M. O. (2012). Diet and trophic niche of *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Anura). *Zoologia*, 29(5), 405–412.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter M. (2005). 100 of the world's worst invasive alien species. *Invasive Species Specialist Group*, 3-12.
- Lucas, V. L., García, R. J., Cárdena, H. H., & Posso, G. C. (2012). Ecología alimentaria de la rana de lluvia Endémica *Pristimantis jubatus* (Craugastoridae) en el Parque Nacional Natural Munchique, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 17(2), 409-418.
- Luja, V. H., & Rodríguez, E. R. (2010). The invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* in oases of Baja California Sur, Mexico: Potential effects in a fragile ecosystem. *Biological Invasions*, 12(9), 2979–2983.
- Luría, M. R. (2012). *Ecología trófica del ensamble de anuros riparios de San Sebastián Tlacotepec, Sierra Negra de Puebla, México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Maneyro, R., Naya, D. E., da Rosa, I., Canavero, A., & Camargo, A. (2004). Diet of the South American frog *Leptodactylus ocellatus* (Anura, Leptodactylidae) in Uruguay. *Série Zoologia*, 94(1), 57–61.
- Martínez, B. V., Pacheco, F. V., & Ramírez, P. M. P. (2011). Abundancia relativa y uso de microhábitat de la rana *Geobatrachus walkeri* (Anura: Strabomantidae) en dos habitats en sierra nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 907–920.
- Martínez, C. M. & Pérez, G. M. (2011). Composición de la dieta de *Craugastor lineatus* (Anura: Craugastoridae) de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27(2), 215–230.

- Martínez, M. E., Sosa, E. J. E., & Álvarez, F. (2014). The study of the biodiversity in Mexico: A route with a course?. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 1–9.
- Mendoza, A. R., Ramírez, M. C., González, C. A., & María, E. M. del C. (2014). Cap. 2 Principales vías de introducción de las especies exóticas. En *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 43–73). México: Offset Rebosán.
- Minitab 18 Statistical Software (2019). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com)
- Oliver, L. L., Woolrich, P. G. A. & Lemos, E. J. A. (2009). *La Familia Bufonidae en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Pianka E. R. (1973). The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 53-74.
- Ramos G. S. & Gatica C. A. (2009) Ecología alimentaria de la rana toro *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) en el noreste de Chihuahua, México. *Especies Invasoras Acuáticas*, 411-429.
- Rodríguez V., Román, N & Palanca, S. A. (1997). Alimentación de las ranas pardas, *Rana gr. temporaria*, en el circo de Piedrafita. *Pirineos*, 149-150.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. México: Limusa, S. A.
- Sanabria, E. A., Quiroga, L. B., & Acosta, J. C. (2005). Introducción de *Rana catesbeiana* Shaw (Rana toro), en ambientes pre-cordilleranos de la Provincia de San Juan, Argentina. *Multequina*, 14, 67–70.
- Sánchez, B. F. & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, *Biological Conservation*, (8–27), 8-27.
- Schüttler, E., & Karez, C. (2009). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe*. Montevideo: UNESCO.

- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010 Protección ambiental–Especies nativas de México de flora y fauna silvestres–Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio–Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 26 de noviembre de 2010. México.
- Teixeira, S. E., Pinheiro, D. R. E., Neves, F. R., & Ribeiro, F. O. P. (2009). Diet of the Invasive Frog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae) in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 4(3), 286–294.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of insects*. Estados Unidos, Ohio: Thomson.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2015). *Lithobates catesbeianus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015.
- Urbina, C. N., & Castro, H. F. (2012). Cap. 5.6 Anfibios Exóticos. En *Catálogo de la Biodiversidad Acuática Exótica y Trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves* (pp. 236-242). Bogotá, Colombia: Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia.
- Valderrama, V. M., Ramírez, P. M. P., & Serrano, C. V. H. (2009). Diet of the Andean Frog *Ranitomeya virolinensis* (Athesphatanura: Dendrobatidae). *Journal of Herpetology*, 43(1), 114–123.
- Vázquez, D. P. (2006). Cap. 14 Exploring the relationship between niche breadth and invasion success. En *Conceptual ecology and invasions biology* (317-332). Gran Bretaña: Editorial Springer.
- Vázquez, F. C. M., Quiroz, R. L. N., Valenzuela, G. J. E., Aragón S. M., Lugo, G. G. A. & Patrón, I. J. C. (2014). Especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) distribuidas en el Estado de Puebla. *Entomología Mexicana*, 1, 1177–1182.
- Young, B. E., Lips, K. R., Reaser, J. K., Ibáñez, R., Antonio, W., Cedeño, J. R., Coloma, L. A., Ron, S., Marca, E. La, Meyer, J. R., Muñoz, A., Bolaños, F., Chaves, G., Romo, D., Ron, S., Marca, I. E. L. A., Meyer, J. R., Bolanos, F., Chaves, G., & Romo, D. (2001). Population Declines and Priorities for Amphibian Conservation in

Latin America. *Conservation Biology*, 15(5), 1213–1223.

- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analyses*. New Jersey, USA: Prentice Hall.