



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**ECOLOGÍA TRÓFICA DE *SCELOPORUS GRAMMICUS* (SQUAMATA:
PHRYNOSOMATIDAE): ¿CONVERGEN EL POLIMORFISMO DE
COLORACIÓN Y LA DIETA?**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

ALEJANDRA GUADALUPE BAUTISTA ESPINOSA

DIRECTOR: DR. AURELIO RAMÍREZ BAUTISTA
CO. DIRECTOR: DR. CÉSAR ADRIÁN DÍAZ MARÍN



Mineral de la Reforma, Hgo., a 16 de enero de 2026

Número de control: ICBI-D/064/2026

Asunto: Autorización de impresión.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado a la egresada de la Licenciatura en Biología **Alejandra Guadalupe Bautista Espinosa**, quien presenta el trabajo de titulación "**Ecología trófica de *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae): ¿Convergen el polimorfismo de coloración y la dieta?**", ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Pablo Octavio Aguilar

Secretario: Dr. César Adrián Díaz Marín

Vocal: Dr. Aurelio Ramírez Bautista

Suplente: Dr. Christian Said Berriozabal Islas

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBI



GVR/MMM

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001
direccion_icbi@uaeh.edu.mx, vergarar@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



uaeh.edu.mx

*Deja de pensar demasiado, si es la voluntad de Dios, sucederá y nada lo detendrá, si no es así,
Dios tiene un plan mejor. Ten paz sabiendo esto.*

Proverbios 16:9

DEDICATORIA

A Dios, por sostenerme, por darme fortaleza y sabiduría para poder culminar este trabajo.

A mis padres David Bautista López y Erendira Espinosa Ramírez, y hermanos J. Daniel y Emily M. por ser mi mayor motivo para seguir adelante y a quienes les debo lo que he logrado hasta ahora, gracias por nunca abandonarme, levantarme en cada caída y por amarme tanto, tienen razón, Dios no me pone pruebas que no pueda resolver.

A mis abuelos David Bautista Hdez. y Ceferino Espinosa †, quienes creyeron en mí siempre, a quienes junto a mi padre siempre vi desde mi niñez su labor en los bosques y por quienes estudié Biología.

A mis abuelas Carolina López y M. Eugenia Ramírez †, y bisabuela Margarita Hdez. †, por forjar mi carácter, enseñarme a defenderme en la vida y que, si se puede, sin importar cuantas caídas se tengan.

A mis tíos y tías (Alma, Rocío y Leopoldo), a mis primos y primas (Diego, Ximena, Aarón, Edwin, Aide, Pedro, Emmanuel, Aileen, Viana y Andrea), gracias por todo su amor durante todo este tiempo y por demostrarme lo orgullosos que se sienten de mí.

Todo lo que ahora soy es gracias a ustedes, mi familia.

A mis amigas Eylin, Elizabeth, Ailyn, Montserrat, Fabiola, y Beatriz, a mi amigo Brandon, por siempre acompañarme y brindarme apoyo, por enseñarme que, si existen amistades lindas que se apoyan en las buenas y en las malas, le doy gracias a la vida por encontrar a personas tan valiosas como ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Aurelio Ramírez Bautista, por aceptarme como su alumna tesista, por ser paciente, apoyarme, orientarme y brindarme su amistad durante todo este tiempo, estaré siempre agradecida y me llevo la mejor de las experiencias al ser su alumna, gracias por todo.

Al Dr. César A. Díaz Marín, por ser mi co-director de tesis, por apoyarme y guiarme desde el inicio de la elaboración de esta tesis, por su paciencia y su amistad, gracias, me llevo una grata experiencia como alumna y compañera de salidas a campo, gracias por todos los conocimientos que nos compartiste durante esas salidas y las buenas platicas que tuvimos.

Al Dr. Pablo Octavio Aguilar y al Dr. Christian Said Berriozabal Islas, por aceptar ser parte de mi comité tutorial y por su valiosa retroalimentación para mejorar varios puntos de esta tesis.

A mis Sisi's, Eli, Fabi, Mont, Ailyn y Beth, por ser mis amigas durante toda la carrera, porque con ustedes aprendí lo valioso que es retroalimentar nuestros conocimientos y darnos siempre una mano.

A mis amigos y ex roomies, Lin y Bran, por siempre escucharme y estar conmigo durante la carrera, gracias a ustedes no estuve sola y se sintió menos el peso de todo.

A los compañeros del Laboratorio de Ecología del Paisaje, por los momentos agradables que pasé con ustedes y por apoyarme en algunas ocasiones que requerí de una retroalimentación académica en algunos temas.

A cada uno de ustedes, infinitas gracias por su contribución durante este viaje.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 7 |
| INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| ANTECEDENTES | 12 |
| <i>Estudios de ecología trófica a nivel mundial.....</i> | <i>12</i> |
| <i>Estudios de ecología trófica en México</i> | <i>12</i> |
| <i>Estudios de ecología trófica en Sceloporus grammicus.....</i> | <i>13</i> |
| <i>Estudios de ecología trófica en lagartijas polimórficas</i> | <i>13</i> |
| JUSTIFICACIÓN | 16 |
| OBJETIVOS | 17 |
| <i>Objetivo general.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Objetivos particulares</i> | <i>17</i> |
| ESPECIE DE ESTUDIO..... | 18 |
| <i>Sceloporus grammicus (Wiegmann, 1828)</i> | <i>18</i> |
| MATERIALES Y METODOS | 19 |
| <i>Área de estudio</i> | <i>19</i> |
| <i>Toma de datos.....</i> | <i>20</i> |
| <i>Análisis estadístico.....</i> | <i>21</i> |
| RESULTADOS | 23 |
| <i>Variación entre épocas y morfos de color en las presas consumidas.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Relación entre la morfología y el tamaño de las presas consumidas.....</i> | <i>33</i> |
| <i>Solapamiento de nicho trófico</i> | <i>34</i> |
| DISCUSIÓN..... | 36 |
| <i>Variación entre épocas y morfos de color en las presas consumidas.....</i> | <i>36</i> |
| <i>Relación entre la morfología y el tamaño de las presas consumidas.....</i> | <i>36</i> |
| <i>Solapamiento de nicho trófico</i> | <i>37</i> |
| CONCLUSIONES..... | 39 |
| LITERATURA CITADA | 40 |

RESUMEN

El polimorfismo en la coloración se define como la presencia de uno o más morfotipos de diferente color y que están genéticamente determinados, en uno o ambos sexos de una misma población. Generalmente, estos están relacionados con estrategias ecológicas alternativas que se asocian con características de comportamiento, reproductivas, y tróficas. *Sceloporus grammicus* es una especie de lagartija polimórfica, por lo que en este estudio se evaluó la posible relación entre el polimorfismo en la coloración y la dieta de las poblaciones de Zacualtipán de Ángeles (ZAC) y Mineral del Chico (MCH) en el estado de Hidalgo. Particularmente, se compararon el número y volumen de las presas consumidas, se determinó la relación de la morfología de la cabeza con el volumen de presas y el solapamiento de nicho entre morfos de color de ambos sexos. Se registraron diferencias significativas en el número de presas consumidas entre épocas ($F_{1,27} = 9.25, p = 0.005$) y morfos ($F_{2,27} = 4.32, p = 0.02$) de las hembras de ZAC, en donde se demostró que el número de presas consumidas fue más alto en la época de secas y, entre morfos, el consumo fue mayor en hembras naranjas puro (NP) que en blanco-naranja (BN). En machos se registró una diferencia significativa entre épocas en el número de presas consumidas ($F_{1,27} = 13.65, p = 0.001$) y en el volumen estomacal ($F_{1,27} = 14.51, p = 0.001$), en donde los valores fueron más altos en época de secas, al igual que las hembras. En MCH se encontraron diferencias en la interacción época-morfo en el número de presas consumidas de las hembras ($F_{2,29} = 4.66, p = 0.018$) y en el volumen estomacal de los machos ($F_{1,28} = 5.31, p = 0.029$), en donde las diferencias se encontraron entre hembras BN y amarillo-naranja (AmN) en época de lluvias y entre machos NP y azul-naranja (AzN) en época de secas. En la evaluación de la morfología de las lagartijas y el volumen de presas consumidas, se encontró únicamente una relación negativa marginal entre el ancho de la cabeza (AC) y el volumen estomacal ($R = -0.88, p = 0.05, N = 5$) en las hembras blanco puro (BP). En el solapamiento de nicho trófico por épocas en ZAC, se encontraron valores altos entre hembras NP y BP en lluvias ($O_{jk} = 0.83$) y entre hembras BN y BP en secas ($O_{jk} = 0.82$). Entre sexos, se registró un alto solapamiento en época de lluvias ($O_{jk} = 0.94$). En MCH, se encontraron valores altos de solapamiento de nicho entre hembras NP y BN ($O_{jk} = 0.85$) y hembras NP y AmN ($O_{jk} = 0.82$) en lluvias; mientras que en machos se registró un valor alto entre morfos NP y azul-amarillo (AA) ($O_{jk} = 0.84$). Entre sexos, se obtuvo un valor alto de solapamiento en época de lluvias ($O_{jk} = 0.75$). Se ha registrado que esta especie tiende a tener una dieta especialista y oportunista en casos necesarios, encontrándose variaciones en el consumo de presas por temporadas. Estudiar la ecología trófica en especies polimórficas nos ayuda a conocer si estas dos características están relacionadas entre sí; en este estudio se demostró que el polimorfismo de esta especie no está estrictamente relacionada a su alimentación.

PALABRAS CLAVE: Ecología trófica, polimorfismo, época, solapamiento de nicho, presas consumidas.

INTRODUCCIÓN

En diversas especies de lagartijas existen “morfos de color”, los cuales son individuos que ocurren dentro de una misma población presentando una coloración diferente, caracterizando que está genéticamente determinada. Esto representa un desafío para la teoría evolutiva, ya que no pueden co-existir dos o más morfos en una determinada población, a menos que presenten la misma capacidad o ventaja adaptativa (Sinervo et al. 1996). Además, el polimorfismo en la coloración puede presentarse en uno o ambos sexos, y en diferentes regiones del cuerpo, dependiendo de la especie analizada. Se ha encontrado que los morfos de color adoptan diferentes estrategias ecológicas alternativas, en la que la selección natural actúa sobre las diferencias en la morfología, comportamiento, y rendimiento fisiológico de los morfos (Huyghe et al. 2007), y esto a su vez se relaciona con una variación en su capacidad de dispersión, área de distribución, grado de competencia, y calidad de hábitat (Karpestam et al. 2011; Lattanzio et al. 2014, 2016). Se han documentado casos donde los morfos de color en lagartijas presentan similitudes en algunos aspectos ecológicos, por ejemplo, la capacidad competitiva entre morfos de machos durante la época reproductiva, en donde las hembras seleccionan a los machos con características determinadas, lo cual garantizara su éxito reproductivo (Brock et al. 2022). En este sentido, Huyghe et al. (2007) realizaron un estudio para evaluar posibles diferencias morfológicas en los morfos de color de la lagartija *Podarcis melisellensis*, encontrando que los machos de color naranja poseen cabezas más grandes en comparación a los machos de color blanco y amarillo. Los resultados de estos estudios indican que los machos de color naranja tienen una mayor fuerza de mordida, y por lo tanto tendrían más acceso a presas más duras que el resto de los otros morfos.

Algunas de las familias en donde se ha reportado el polimorfismo de coloración en lagartijas son: Agamidae, Dactyloidae, Liolaemidae, Tropicuridae y Phrynosomatidae, dentro de esta última reportándose los géneros: *Uta*, *Urosaurus* y *Sceloporus*. Dentro del género *Sceloporus* se han registrado diferentes especies polimórficas como *S. minor* (García-Rosales et al. 2017), *S. horridus* (Bustos et al. 2014), *S. pyrocephalus* (Calisi et al. 2008), *S. aeneus* (Hernández-Gallegos et al. 2018) y *S. grammicus* (Bastiaans et al. 2014), esta última es una especie de lagartija vivípara cuyos morfos de color son definidos por la coloración en la zona gular tanto en hembras como en machos. Algunos estudios recientes han evaluado si existe una relación de este polimorfismo de coloración con la dieta y actividad de forrajeo (Huyghe et al. 2007; García-Rosales et al. 2019; Díaz-Marín, 2024) en donde se ha demostrado que la dieta es similar entre morfos de color en las poblaciones analizadas respectivamente, lo que indica que no existen diferencias en el consumo de presas consumidas.

En este sentido, la dieta y actividad de forrajeo son parte fundamental para la obtención de energía en las lagartijas, y estas se relacionan con diferentes factores, como la disponibilidad de presas, cantidad y calidad del recurso alimentario, uso del micro hábitat, características morfológicas, tamaño de presa e inclusive el sexo (Guzmán, 2021). En el género *Sceloporus* se ha documentado que la dieta puede presentar variación temporal y espacial durante la época reproductiva y no reproductiva, así como en la época de secas y lluvias, y entre poblaciones a lo largo de la distribución de una especie (Valdéz-González et al. 2002; Leyte-Manrique et al. 2010). Sin embargo, la dieta de algunas especies no presenta variación temporal significativa (García-Rosales et al. 2019). En *S. grammicus* pocos estudios han encontrado diferencias significativas entre sexos y temporadas en la dieta, y todos ellos han coincidido que se trata de una especie con una dieta especialista e insectívora (Leyte-Manrique et al. 2010; Durán-Servín, 2012; Lara-Pérez, 2021, Díaz-Marín, 2024).

Además, la relación de la morfología con el tipo de alimento consumido puede estar asociado con el tipo de forrajeo, entre los que se distinguen el forrajeo pasivo y forrajeo activo (Miles et al. 2007); lo cual influye también en el tipo, número, y volumen (tamaño) de presas consumidas. Esta relación en lagartijas ha sido ampliamente estudiada considerando el tamaño del cuerpo y de la cabeza (principalmente en largo y ancho de esta característica) (Galindo-Gil et al. 2015; García-Rosales et al. 2019; Puga y Colmenares et al. 2019; Cruz-Elizalde et al. 2020), así como medidas mandibulares, con la finalidad de conocer si existe alguna relación entre las características morfológicas de los depredadores con el tamaño y tipo de presas que pueden consumir. Dentro del género *Sceloporus* se han realizado estudios sobre la influencia de la morfología en los recursos alimentarios consumidos, por ejemplo, en *S. minor* se ha demostrado que no existe relación entre el tamaño corporal y el volumen de presas consumidas (García-Rosales et al. 2019), sin embargo, de acuerdo con otro estudio en donde se demostró que *S. aeneus*, *S. grammicus*, *S. jalapae*, *S. jarrovi*, *S. magister*, *S. mucronatus*, *S. undulatus* y *S. utiformis* consumen presas duras y evasivas en relación con el ancho de la cabeza (Galindo-Gil et al. 2015), esto explicaría por qué la dieta de algunas especies que conforman a este género resulta ser similar (Serrano-Cardozo et al. 2008) siendo su principal alimento los artrópodos.

Por otra parte, el dimorfismo sexual es uno de los factores que influye en las características ecológicas y conductuales de una especie, y este se ha definido como una diferenciación fenotípica que existe en machos y hembras de una misma especie, en donde las características que diferencian a ambos sexos generalmente son el tamaño corporal, la longitud de sus extremidades, y patrones de coloración, e inclusive en algunos casos, la presencia de ornamentos (Amadon, 1959; Hidalgo-Licona, 2016). Este grado de dimorfismo sexual se asocia principalmente a los machos, ya que presentan una talla más grande respecto a las hembras, como una característica que ha evolucionado

por las presiones del ambiente en el que viven, y esto es un resultado adaptativo por el efecto de tres fuerzas selectivas: la selección sexual, la selección de la fecundidad, y la divergencia de nicho trófico (Darwin, 1871; Shine, 1989; Hierlihy et al. 2013; Hidalgo-Licona, 2016). La selección sexual es aquel proceso en el que los individuos de una especie compiten por una o varias parejas reproductivas durante la temporada de reproducción, en donde la fuerza, el tamaño, y coloración son atributos importantes para garantizar el éxito de apareamiento, debido a que ciertos machos podrían presentar un fenotipo preferible por las hembras o superior en competitividad respecto a otros machos (Darwin, 1871; Hidalgo-Licona, 2016). En las lagartijas los machos suelen presentar rasgos atractivos para las hembras como el tamaño corporal y el patrón de coloración (García-Rosales et al. 2024). La selección de la fecundidad se entiende como aquella fuerza selectiva que favorece a las hembras con tamaño corporal grande debido a que pueden producir una mayor cantidad y calidad de descendencia, y porque presentan mayor disponibilidad de espacio corporal para almacenar una mayor cantidad de cuerpos grasos, lo que resulta en la energía destinada para el periodo de reproducción y gestación (Calder, 1984; Scharf & Meiri, 2013). Por último, la divergencia de nicho trófico hace referencia a que los individuos de una especie (hembras y machos) en diferentes poblaciones o incluso dentro de la misma población, utilizan diferentes recursos y condiciones del medio como la disponibilidad de alimento, refugios, etc. (Shine, 1989; García-Rosales et al. 2024). Por lo tanto, las características morfológicas son factores importantes para la obtención de los recursos alimenticios, en donde la adecuación de una estrategia de forrajeo asociada a la morfología garantiza el éxito de la obtención de alimento necesario para sobrevivir, lo cual permitirá que cada sexo pueda adaptarse a nichos tróficos contrastantes y específicos, por lo que, por medio de la selección natural, se podrían formar distintos fenotipos relacionados a los requerimientos alimentarios y de supervivencia en cada población (Selander, 1972). Esto evidencia como la dieta y el dimorfismo sexual podrían estar estrechamente relacionados, y resalta la importancia de analizar y comprender la relación entre los caracteres morfológicos y la alimentación de diferentes grupos de vertebrados, incluidas las lagartijas.

ANTECEDENTES

Estudios de ecología trófica a nivel mundial

En general, se sabe que la dieta de las diferentes especies de lagartijas puede ser insectívora y omnívora. Sin embargo, puede existir variación en el consumo de las presas dependiendo de factores intrínsecos, como el sexo, clase de edad, morfología corporal y tamaño de la cabeza (Beuttner & Koch, 2019), así como de factores extrínsecos como la temperatura, humedad y disponibilidad de recursos. Por ejemplo, Fernandes et al. (2010) exploraron la dieta de dos especies de lagartijas generalistas del género *Tropidurus*, *T. semitaeniatus* y *T. hispidus*, encontrando que es similar, ya que consumen el mismo tipo de presas de los órdenes Hymenoptera, Formicidae, Orthoptera, Coleoptera, Lepidoptera y larvas de Lepidoptera e Isoptera en las estaciones de secas, aunque se demostró que existe variación temporal relacionada con la disponibilidad de presas en el ambiente; por lo que, de acuerdo a este estudio, en ambas especies no se encontró una relación significativa entre la cantidad de artrópodos en la dieta y la disponibilidad en el ambiente durante la época de secas, sin embargo, ocurrió lo contrario en época de lluvias, donde se encontró una relación significativa entre la cantidad de artrópodos en la dieta y la disponibilidad en el ambiente. Asimismo, se encontró que el tamaño de las presas consumidas por los adultos y el número de presas consumidas fue mayor en la época de lluvias que en la de secas. En 2019, Beuttner y Koch realizaron un estudio en Perú con el objetivo de evaluar si los individuos de la especie de lagartija *Microlophus stolzmanni* varía en su alimentación de acuerdo con el sexo y clase de edad, y concluyeron que los juveniles tienen una alimentación completamente insectívora, mientras que los adultos cambian a una dieta semi-insectívora y generalista. Además, los autores encontraron que la dieta de los machos, es más diversa en comparación con la de las hembras.

Estudios de ecología trófica en México

En México, los estudios de ecología trófica se han enfocado en conocer la preferencia, frecuencia, y porcentaje de consumo de diferentes tipos de presas de las lagartijas, sin embargo, aún falta por conocer aspectos ecológicos de los hábitos alimentarios, así como la variación en espacio y tiempo. En este sentido, Castro-Franco et al. (2017), examinaron la composición de la dieta de *Sceloporus horridus* entre las épocas de lluvias y secas, así como el solapamiento trófico entre sexos. Los autores concluyeron que existen diferencias significativas en la frecuencia de ocurrencia y porcentaje de consumo de presas entre las estaciones de lluvias y secas, así como una diferencia significativa en la dieta entre ambos sexos, donde las hembras destacan al consumir más presas a comparación de los machos; las categorías de presas más consumidas por volumen y frecuencia en ambas épocas fueron Coleoptera, Hemiptera, Orthoptera, Formicidae y larvas en general.

Estudios de ecología trófica en Sceloporus grammicus

En 2010, Leyte-Manrique y Ramírez-Bautista realizaron un análisis de la dieta de dos poblaciones de *Sceloporus grammicus* en el estado de Hidalgo, en donde se reveló que las presas consumidas pertenecen a los órdenes Aranea, Insecta (Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Homoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Orthoptera), Mollusca (gasterópodos) y Reptilia (Sauria). Sin embargo, la abundancia de estos órdenes difiere para cada población. En el caso de Tilcuautla, las presas más abundantes pertenecen al orden Hymenoptera, seguida de Coleoptera y en menor abundancia se encontraron Aranea, Sauria y Mollusca; mientras que, en la población de La Estanzuela, las presas con mayor frecuencia pertenecen a los órdenes Coleoptera e Hymenoptera, mientras que el suborden Sauria tuvo menor porcentaje de abundancia. El estudio concluye que no existen diferencias significativas entre sexos ni temporadas en las presas consumidas, sin embargo, sí existen diferencias en el número de presas consumidas entre poblaciones, siendo mayor en La Estanzuela que en Tilcuautla. Además, se encontró que existe una baja amplitud de nicho y un alto solapamiento entre machos y hembras, por lo que es probable que ambos sexos que compitan por las presas cuando su abundancia y disponibilidad son limitadas en el ambiente.

Duran-Servín (2012) desarrolló un estudio en donde analizó la dieta de *S. grammicus* en una población del Estado de México, de acuerdo a este, encontró que la dieta de esta lagartija se basa principalmente en artrópodos, y que se trata de una especie generalista oportunista que aprovecha los recursos disponibles en el medio en cada época.

Recientemente, Lara-Pérez (2021) realizó un estudio sobre la dieta y la frecuencia de colas regeneradas en tres poblaciones de *S. grammicus* en el estado de Hidalgo, en el que encontró que la dieta es similar entre las poblaciones, siendo prevalentes las presas de los órdenes Coleoptera, Hemiptera e Hymenoptera. En este trabajo se concluye que la dieta de *S. grammicus* es especialista e insectívora, que el desprendimiento de colas es más frecuente en machos que en hembras y que el modo de forrajeo al acecho tiene un papel importante en la estrategia de obtención de alimento y la frecuencia de la regeneración de colas.

Estudios de ecología trófica en lagartijas polimórficas

Los estudios sobre la dieta y su relación con el polimorfismo en la coloración son escasos, sin embargo, existen aspectos bien estudiados en algunas especies de las familias Lacertidae (Huyghe et al. 2007; Scali et al. 2015) y Phrynosomatidae (Lattanzio et al. 2016; García-Rosales et al. 2019). En las especies de lagartijas de la familia Lacertidae, Huyghe et al. (2007), evaluaron la morfología, rendimiento locomotor, comportamiento y ecología trófica en tres morfos de machos de *Podarcis*

melisellensis. Los resultados de este trabajo mostraron que no existen diferencias en el tiempo asignado a diferentes actividades, ni en el patrón de actividad entre los morfos, el uso de microhábitat también fue similar en los tres morfos de color. Sin embargo, los machos de color naranja fueron vistos con más frecuencia en sustratos rocosos que los machos blanco y amarillo. En el caso de la dieta, no se encontraron diferencias en la cantidad de presas consumidas entre los morfos, no obstante, las proporciones de consumo de presas blandas y duras fue diferente, donde los machos naranjas tienen mayor preferencia por presas duras que los machos blancos y amarillos. Los autores sugieren que el polimorfismo en la coloración observada en esta especie probablemente no se origina por una divergencia en el uso de recursos, sino que refleja un polimorfismo derivado de estrategias reproductivas alternas.

En 2015, Scali y colaboradores, realizaron un estudio con la finalidad de observar si el polimorfismo en la coloración está asociado a la dieta de seis poblaciones de *Podarcis muralis*, encontrando que los morfos color rojo, tienen mayor preferencia de presas del orden Dermaptera y plantas en comparación con los morfos amarillos y blancos. Entre estos últimos, los morfos amarillos se alimentan principalmente de presas del orden Orthoptera y en menor medida de Aranea, mientras que los morfos blancos, consumieron de manera proporcional presas de los órdenes Lepidoptera, Coleoptera, y Diptera. En este estudio se concluyó que existe una alta plasticidad trófica, demostrando que varios factores influyen en la dieta de esta especie, como es el caso del polimorfismo en la coloración.

En las lagartijas de la familia Phrynosomatidae, Lattanzio y colaboradores (2016), realizaron un estudio con *Urosaurus ornatus* en el que evaluaron la hipótesis de variación de nicho entre morfos de machos en la selectividad del hábitat, de la dieta, y del comportamiento, considerando que probablemente exhiben niveles equivalentes de especialización ecológica. Como resultado, encontraron que los morfos azules se especializan en presas de niveles tróficos superiores, mientras que los morfos amarillos, mostraron plasticidad en atributos tróficos y morfológicos, y los machos anaranjados, son generalistas en su dieta. Por lo tanto, los autores concluyeron que los morfos de comportamiento más discreto pueden divergir en la morfología y el nicho trófico, lo que podría aumentar potencialmente la tasa de especiación de *U. ornatus*. Por otro lado, García-Rosales et al. (2019), realizaron un estudio con una población de *Sceloporus minor* del estado de Hidalgo para evaluar si existía una relación entre la morfología, el polimorfismo, y la estacionalidad en la dieta de los machos de esta especie. Los resultados mostraron que la dieta no se relaciona con las diferencias en la morfología y el polimorfismo de los individuos analizados. Los autores obtuvieron valores bajos de amplitud de nicho en cada morfo y un alto grado de solapamiento de nicho entre ellos. De este

modo, se mostró que el polimorfismo en la coloración de esta especie no está relacionado con la dieta de los morfos de color, por lo que, los machos de esta especie carecen de diferencias en sus características morfológicas y ecológicas en comparación con otras especies de lagartijas polimórficas. Sin embargo, es importante resaltar que este estudio se limita a una sola población, por lo que, si se realizara un análisis con más poblaciones podrían encontrarse resultados diferentes.

Por otro lado, Díaz-Marín (2024) realizó un estudio sobre la dieta de cuatro poblaciones de *S. grammicus*, tres de ellas correspondientes al estado de Hidalgo y una al estado de Puebla, tomando en cuenta el polimorfismo de esta especie en estas poblaciones, comparando el nicho trófico entre sexos y los morfos registrados por cada población, tomando en cuenta mecanismos de divergencia trófica intraespecífica como la teoría del forrajeo óptimo y la hipótesis de variación de nicho. De acuerdo con sus resultados, su estudio concluyó que la dieta es bastante similar entre los morfos evaluados entre poblaciones que ocurren en diferentes tipos de vegetación, con algunas excepciones, ya que se confirmó la hipótesis de variación de nicho en la dieta de los morfos, como resultado del tipo de vegetación (siendo este el factor más importante) y las diferencias “intermorficas” corporales, mencionando también que entre morfos de color en ambos sexos usan microhábitats similares.

JUSTIFICACIÓN

Los estudios sobre la relación entre el polimorfismo y la dieta de las lagartijas, han mostrado patrones contrastantes en especies de México y de otras partes del mundo (Huyghe et al. 2007; Scali et al. 2016; Lattanzio et al. 2016; García-Rosales et al. 2019). Esto ha motivado a seguir estudiando esta relación en especies y poblaciones con diferentes grados de polimorfismo. En el estado de Hidalgo, el género *Sceloporus* se ha convertido en un importante modelo de estudio debido a la gran diversidad de características ecológicas (p.ej. uso de hábitats y microhábitats) y morfológicas (p.ej. tamaño corporal y de la cabeza) que presentan sus especies (Sites et al. 1992). Por lo que, en este estudio se considera a la lagartija *S. grammicus* como modelo de estudio para analizar la posible relación del polimorfismo en la coloración y la dieta de dos poblaciones ubicadas en bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña. El presente trabajo busca contribuir con el conocimiento de la posible relación entre el polimorfismo y la dieta de esta especie, a través de la evaluación del número y volumen de presas consumidas, la relación de la morfología de la cabeza con el volumen de presas consumidas y el solapamiento de nicho trófico.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la ecología trófica entre morfos de color de machos y hembras adultos de la lagartija *Sceloporus grammicus* en las poblaciones de Mineral del Chico (bosque de pino-encino) y Zacualtipán de Ángeles (bosque mesófilo de montaña) en el estado de Hidalgo.

Objetivos particulares

1. Determinar y comparar el número de presas consumidas y el volumen del contenido estomacal de las lagartijas entre épocas, sexos, y morfos de las poblaciones analizadas.
2. Evaluar si el tamaño de la cabeza (largo y ancho) de los machos y hembras de *S. grammicus* se relaciona con el volumen de las presas consumidas para cada morfo.
3. Evaluar si existe solapamiento de nicho trófico entre épocas, sexos, y morfos en cada población.

ESPECIE DE ESTUDIO

Sceloporus grammicus (Wiegmann, 1828)

Sceloporus grammicus es una lagartija de tamaño corporal pequeño con una longitud hocico cloaca (LHC) media de 53.5 mm (Ramírez-Bautista et al. 2014), posee escamas quilladas en la región dorsal del cuerpo y se encuentran débilmente mucronadas, el número de escamas promedio es de 73 en hembras y 74 en machos (Ramírez-Bautista et al. 2014), el número de poros femorales va desde 14 a 18 en cada uno de los muslos (Canseco-Márquez et al. 2010). La coloración de la región dorsal va desde gris, café, negro y verde, a los costados pueden presentar puntos en color verde y amarillo, los parches en la región ventral de los machos pueden ser de color azul cielo o azul intenso bordeados con dos líneas negras en la parte media del vientre; mientras que los parches de la región ventral de las hembras van de gris a color naranja (Canseco-Márquez et al. 2010; Ramírez-Bautista et al. 2014). La coloración de la región gular de los machos puede ser azul, anaranjado, amarilla, blanca o en combinaciones de estos colores; en el caso de las hembras varía entre anaranjado, amarillo, blanco o combinaciones de los mismos, en algunos casos pueden llegar a presentar pequeñas manchas azules (Canseco-Márquez et al. 2010; Bastiaans et al. 2014). Es una especie de hábitos arborícolas y saxícolas. Se distribuye en varios tipos de ambientes, como bosques de pino, pino-encino, mesófilo de montaña y matorral xerófilo, se le puede encontrar en microhábitats, como grietas, sobre y bajo rocas o troncos, entre agaves y zonas perturbadas, encontrándose frecuentemente en las bardas de casas habitación. Su alimentación se basa principalmente en insectos, aunque también existen reportes que incluyen moluscos (caracoles) en sus hábitos alimentarios, practica el canibalismo (Canseco-Márquez et al. 2010; Ramírez-Bautista et al. 2014), utiliza el modo de forrajeo activo, que consiste en sentarse y esperar a cazar una presa (Cooper, 1995; Reilly et al. 2007; Lara-Pérez, 2021). De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, esta es una especie no endémica y se encuentra bajo Protección Especial (Pr), en la lista roja de la IUCN se encuentra como categoría de Preocupación Menor (Hammerson et al. 2007).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Para la realización de este estudio se consideraron como sitios de estudio los municipios de Zacualtipán de Ángeles y Mineral del Chico, ubicados en el norte y centro de estado de Hidalgo, respectivamente. El municipio de Zacualtipán de Ángeles se encuentra ubicado dentro de la Sierra Alta de Hidalgo (20.650 N, -98, 600 W) que a su vez pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, con una altitud en promedio de 1, 980 m.s.n.m., mientras que el municipio de Mineral del Chico se encuentra en el centro del estado (20.221 N, -98.796 W) con una altitud en promedio de 2, 342 m.s.n.m. (INEGI, 2010) (Figura 1).

De acuerdo con Rzedowski (2006), el tipo de vegetación del municipio de Zacualtipán corresponde al bosque mesófilo de montaña caracterizado por la presencia de helechos y epifitas; y Mineral del Chico con una vegetación de bosque de pino-encino el cual es una combinación de especies presentes en bosque de *Quercus* y bosque de coníferas. Ambos tipos de vegetación se caracterizan por poseer climas templado húmedo o semi-húmedo, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (2004).

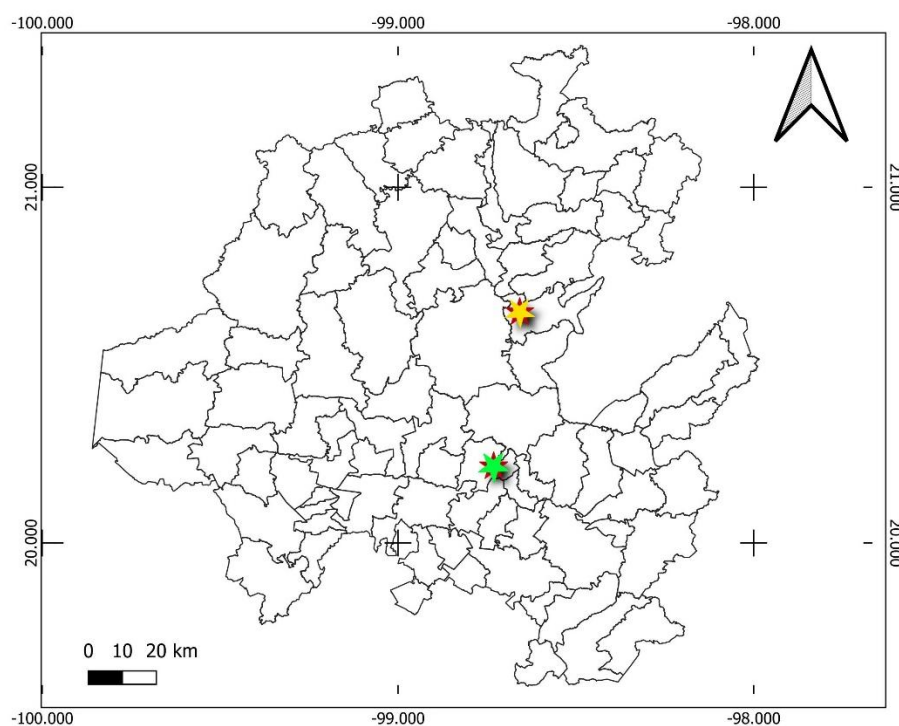


Figura 1. Ubicación de los municipios Zacualtipán de Ángeles (estrella amarilla-roja), y Mineral del Chico (estrella verde-roja) en el estado de Hidalgo.

Toma de datos

Se realizaron muestreos bimensuales durante un día, de marzo de 2018 a diciembre del 2019 y de enero a noviembre de los años 2021 y 2022 abarcando las épocas de secas y lluvias. En el municipio de Zacualtipán la época de lluvias se consideró de junio a octubre y la de secas de noviembre a abril. En Mineral del Chico, la época de lluvias se consideró de mayo a octubre y la época de secas de noviembre a abril. Durante los muestreos se realizaron búsquedas directas en un horario de 09:00 a 14:00 hrs. La captura de las lagartijas se realizó con la mano, ligas de hule, o utilizando la técnica de lazada, la cual consiste en atrapar por el cuello a las lagartijas con una lazada de cuerda generalmente delgada que se encuentra sujeta al extremo de una caña de pescar o de una vara (Lovich, 2012), y solo se consideraron ejemplares adultos con una longitud hocico-cloaca (LHC) igual o mayor a 40 mm, estos fueron sexados considerando la presencia de un par de escamas poscloacales agrandadas en machos. A cada uno de los ejemplares se le tomaron datos morfológicos, la coloración en la región gular y se realizaron lavados estomacales. Los datos morfológicos que se tomaron fueron la LHC, longitud de la cabeza (LC) y ancho de la cabeza (AC) utilizando un vernier digital (± 0.02 mm) (Leyte-Manrique et al. 2017). La coloración de la región gular se realizó visualmente con ayuda de un catálogo de coloración de campo de Köhler (2012), de esta forma se asignaron los ejemplares dentro de las categorías de morfos de color previamente determinados para la especie (Bastiaans et al. 2013, 2014); dicha categorización fue realizada por César A. Díaz Marín (Fig. 2). El trabajo de campo se realizó bajo los permisos de colecta SGPA/DGVS/004007/18, SGPA/DGVS/2970/20, y SGPA/DGVS/00959/22 emitidos por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Para el análisis de la dieta se realizaron lavados estomacales a cada individuo, con excepción de las hembras grávidas, cuyo estado reproductivo fue detectado por medio de palpación en la región abdominal, y también a aquellos individuos con un tamaño entre 40 y 45 mm de LHC. El lavado se realizó por medio de una sonda (1.6 mm de ancho) introducida por la garganta a través del esófago hasta llegar al estómago del ejemplar. Una vez que la sonda estuvo colocada, y al verificar que no se provocara alguna lesión, se colocó al individuo con la cabeza hacia abajo y se lavó el estómago de una a tres veces máximo con agua potable que se pasó por la sonda con una jeringa de 60 ml. Los residuos de alimento regurgitados fueron colocados en papel filtro para poder separar el contenido y recogerlo con ayuda de pinzas, posteriormente estos residuos se conservaron en frascos con alcohol al 70% para ser analizadas en el laboratorio (Herrel et al. 2006; Mahan & Johnson, 2007; Luria-Manzano, 2012).

Las lagartijas capturadas fueron marcadas de manera permanente mediante el método de ectomización de falanges (Tinkle, 1967) y temporalmente con una marca de esmalte en el dorso a nivel de las extremidades posteriores. Después de asegurarnos de que las lagartijas se recuperaron totalmente, estas fueron liberadas en el lugar donde fueron observadas y capturadas. Las presas fueron conservadas en frascos con alcohol al 70% y, posteriormente, fueron identificadas en el laboratorio a nivel de orden utilizando un microscopio estereoscópico, cajas Petri, guías y claves de identificación especializadas (McGavin, 2000; Triplehorn & Johnson, 2005). Además, se registró el número de presas encontradas, las medidas de largo y ancho del contenido estomacal, y de cada una de las categorías de presas encontradas con ayuda de una hoja milimétrica colocada en la base de cada caja de Petri. El volumen de las presas consumidas se obtuvo mediante la fórmula del elipsoide (Duré et al. 2009): $V = 4/3 \pi (\text{largo}/2) (\text{ancho}/2)^2$

Las presas se dividieron en categorías de adultos y larvas por cada orden, la familia Formicidae se separó del orden Hymenoptera, cabe resaltar que no se tomaron en cuenta dentro de las categorías de presas a nematodos y materia inorgánica.

Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad para determinar si los datos cumplen o no con los supuestos de las pruebas paramétricas, se utilizó Shapiro-Wilk para los datos de machos de Zacualtipán, y Kolmogorov-Smirnov para los datos de hembras de Zacualtipán, machos y hembras de Mineral del Chico de acuerdo con el tamaño de las muestras (< 30 S-W, > 30 K-S), también se realizó la prueba de Levene test para cada población. Sin embargo, los datos que no cumplieron con la normalidad por lo que fueron transformados a log10 y se comprobó nuevamente que cumplieran con la normalidad y homogeneidad de varianzas. Se utilizaron análisis de varianza (ANOVA) factorial para comparar el número de presas consumidas y volumen del contenido estomacal al interior de las épocas, y entre sexos y morfos en ambas poblaciones, en donde se consideraron como variables dependientes el número y volumen de las presas y como variables independientes se consideraron la época, sexo y morfo. Para determinar entre cuales comparaciones ocurrieron las diferencias entre los morfos y épocas, se utilizaron pruebas de Bonferroni, como ajuste a las pruebas de medias posteriores. Para evaluar la relación de la LC y AC con el volumen de las presas consumidas por cada morfo se utilizaron análisis de correlación de Spearman cuando los datos fueron no normales y la correlación Pearson cuando los datos presentaron normalidad.

El solapamiento de nicho trófico se evaluó por medio del Índice de Pianka (1973), este análisis se realizó en cada población considerando las siguientes comparaciones: 1) entre sexos dentro de cada

época, 2) entre sexos agrupando ambas épocas, 3) entre morfos de color de cada sexo en cada una de las épocas y, 4) entre morfos de cada color agrupando ambas épocas. El índice de Pianka (1973) se consideró con la siguiente formula:

$$O_{jk} = \frac{\sum_i^n P_{ij} * P_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n P_{ij}^2 * P_{ik}^2}}$$

Donde:

P_{ij} = Proporción numérica del recurso i utilizado por la especie j (total del recurso usado)

P_{ik} = Proporción numérica del recurso i utilizado por la especie k (total de los recursos)

El valor obtenido cercano a 1 indica que la dieta es similar entre ambos grupos evaluados, y si el valor es más cercano a 0, la dieta difiere entre los grupos evaluados. Para realizar los análisis se utilizaron los programas Statistica 7, Ecological Methodology 2nd ed, y Past 4.11. Para todas las pruebas estadísticas se consideró un valor de significancia de 0.05.

RESULTADOS

Se analizó el contenido estomacal de 140 individuos de ambas poblaciones, de los cuales 63 fueron de Zacualtipán de Ángeles, y 77 fueron de Mineral del Chico.

En la población de Zacualtipán se capturaron 34 hembras y 29 machos, en ellas se registraron los morfos color naranja puro (NP, 18 ejemplares), blanco-naranja (BN, 10 ejemplares), blanco puro (BP, 5 ejemplares) y amarillo-naranja (AmN, 1 ejemplar); este último morfo no fue considerado dentro de los análisis estadísticos debido al tamaño de muestra pequeño. Sin embargo, en los machos solo se encontró el morfo de color azul-naranja (AzN).

En Mineral del Chico se capturaron 39 hembras y 38 machos, en ellas se registraron los morfos de color naranja puro (NP, 14 ejemplares), blanco-naranja (BN, 15 ejemplares), amarillo-naranja (AmN, 6 ejemplares), blanco puro (BP, 2 ejemplares) y amarillo puro (AP, 2 ejemplares), estos dos últimos morfos no fueron considerados dentro de los ANOVA y de correlación debido al tamaño de muestra pequeño. En el caso de los machos, se registraron los morfos de color naranja puro (NP, 9 ejemplares), azul-naranja (AzN, 23 ejemplares), azul-amarillo (AA, 4 ejemplares) y azul puro (AzP, 2 ejemplares, estos últimos dos morfos tampoco se consideraron dentro de los ANOVA y de correlación debido a los tamaños de muestra pequeños (Fig. 2). En ambas poblaciones las categorías de presas más consumidas Coleoptera, Formicidae, Hymenoptera, Hemiptera, Araneae, Lepidoptera y larvas de Lepidoptera y Coleoptera, también se registró el consumo incidental de hojas, flores, semillas y tallos, los cuales se incluyeron dentro de la categoría denominada Materia vegetal (Cuadros 1-5).

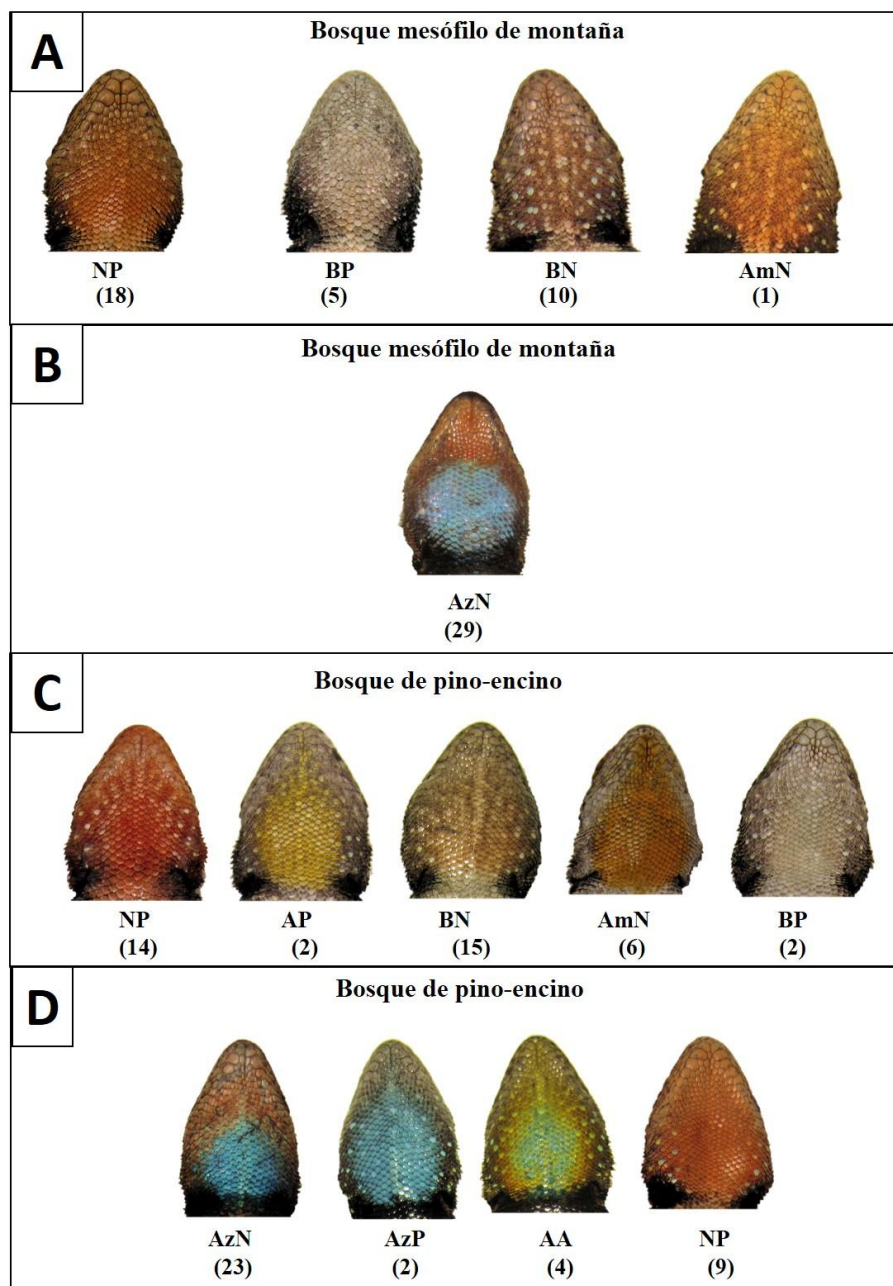


Figura 2. Morfos de color presentes en las dos poblaciones de *Sceloporus grammicus* analizadas. Los morfos son naranja puro (NP), blanco puro (BP), blanco-naranja (BN), amarillo puro (AP), amarillo-naranja (AmN), azul-naranja (AzN), azul puro (AzP), azul-amarillo (AA), los números entre paréntesis son la cantidad de ejemplares por morfo registrados. A (hembras) y C (machos): poblaciones de Zacualtipán de Ángeles; B (hembras) y D (machos): poblaciones de Mineral del Chico. Fotografías tomadas por: Dr. Cesar A. Díaz Marín.

Cuadro 1. Volumen de categorías de presas consumidas por ambos sexos de la población de Zacualtípán de Ángeles en cada época analizada.

| Categorías de presa | Machos | | Hembras | |
|-----------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas |
| Araneae (Adulto) | 652.01 | 8.38 | 69.64 | 1802.49 |
| Araneae (Huevo) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.31 |
| Coleoptera (Adulto) | 3487.44 | 5536.55 | 6130.96 | 5622.94 |
| Coleoptera (Larva) | 4.97 | 340.86 | 0.00 | 125.34 |
| Dermaptera | 0.00 | 16.76 | 90.06 | 2.36 |
| Diptera (Adulto) | 66.24 | 508.68 | 58.64 | 1044.32 |
| Diptera (Larva) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.57 |
| Formicidae | 199.49 | 187.51 | 1402.20 | 1205.39 |
| Gastropoda | 10.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Hemiptera | 187.06 | 87.64 | 1061.08 | 530.80 |
| Huevo insecta | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 0.00 |
| Hymenoptera | 1698.56 | 4765.28 | 20399.46 | 3362.17 |
| Isopoda | 205.77 | 1132.94 | 0.00 | 223.97 |
| Julida | 72.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Lepidoptera (Adulto) | 58.84 | 39.79 | 78.54 | 37.70 |
| Lepidoptera (Larva) | 1797.00 | 1584.68 | 0.00 | 884.36 |
| Materia vegetal | 83.78 | 214.68 | 33.51 | 2617.80 |
| Orthoptera | 0.00 | 1310.05 | 1518.96 | 1071.81 |
| Scolopendromorpha | 0.00 | 0.00 | 458.15 | 0.00 |

*Observación: es importante mencionar que la información sobre machos en el cuadro anterior (Cuadro 1) corresponde de igual manera a la del morfo azul-naranja (AzN) debido a que fue el único morfo registrado en machos para esta población.

Cuadro 2. Volumen de categorías de presas consumidas por los morfos de hembras de la población de Zacualtipán de Ángeles en cada época analizada. Los morfos son blanco-naranja (BN), blanco puro (BP) y naranja puro (NP).

| Categorías de presa | BN | | BP | | NP | |
|-----------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas |
| Araneae (Adulto) | 0.00 | 1009.76 | 65.45 | 1.05 | 4.19 | 791.68 |
| Araneae (huevo) | 0.00 | 1.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Coleoptera (Adulto) | 1038.30 | 200.54 | 1150.35 | 756.08 | 3942.32 | 4666.32 |
| Coleoptera (Larva) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 125.34 |
| Dermaptera | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 90.06 | 2.36 |
| Diptera (Adulto) | 0.00 | 335.10 | 6.28 | 24.35 | 52.36 | 684.87 |
| Diptera (Larva) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.57 |
| Formicidae | 1.05 | 473.66 | 78.54 | 19.64 | 1322.61 | 712.10 |
| Hemiptera | 508.94 | 121.08 | 6.28 | 25.39 | 545.85 | 384.32 |
| Huevo insecta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 0.00 |
| Hymenoptera | 94.25 | 1571.32 | 188.50 | 7.33 | 20116.71 | 1783.51 |
| Isopoda | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 84.30 | 0.00 | 139.67 |
| Lepidoptera (Adulto) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 78.54 | 37.70 |
| Lepidoptera (Larva) | 0.00 | 356.57 | 0.00 | 527.79 | 0.00 | 0.00 |
| Materia vegetal | 0.00 | 2380.09 | 33.51 | 56.55 | 0.00 | 181.17 |
| Orthoptera | 0.00 | 733.04 | 0.00 | 4.19 | 1518.96 | 334.58 |
| Scolopendromorpha | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 458.15 | 0.00 |

Cuadro 3. Volumen de categorías de presas consumidas por ambos sexos de la población de Mineral del Chico en cada época analizada.

| Categorías de presa | Machos | | Hembras | |
|-----------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas |
| Acari | 1.31 | 0.00 | 1.05 | 0.00 |
| Araneae (Adulto) | 36.26 | 84.30 | 748.62 | 3.40 |
| Coleoptera (Adulto) | 3341.75 | 1489.90 | 3668.34 | 745.08 |
| Coleoptera (Larva y huevo) | 2.95 | 0.79 | 358.14 | 51.84 |
| Dedo de lagartija | 0.00 | 10.47 | 0.00 | 0.00 |
| Diptera | 11.52 | 65.45 | 290.07 | 70.16 |
| Formicidae | 284.84 | 337.79 | 237.19 | 825.72 |
| Hemiptera | 504.49 | 551.35 | 398.72 | 112.57 |
| Hymenoptera | 1215.01 | 508.55 | 1252.52 | 932.79 |
| Hymenoptera (Huevo) | 104.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Isopoda | 61.26 | 142.55 | 0.00 | 176.72 |
| Lepidoptera (Adulto) | 0.00 | 0.00 | 29.45 | 0.00 |
| Lepidoptera (Larva) | 109.43 | 729.64 | 313.18 | 14.66 |
| Materia vegetal | 4.19 | 701.49 | 150.54 | 171.22 |
| Orthoptera | 1.83 | 112.44 | 1680.76 | 334.32 |
| Piel (escamas) | 0.00 | 0.00 | 6.28 | 0.00 |
| Pseudoscorpiones | 6.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Scolopendromorpha | 0.00 | 0.00 | 32.73 | 0.00 |

Cuadro 4. Volumen de categorías de presas consumidas por los morfos de machos de la población de Mineral del Chico en cada época analizada. Los morfos son azul-naranja (AzN), naranja puro (NP), y azul-amarillo (AA).

| Categorías de presa | AzN | | NP | | AA | |
|----------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas |
| Acari | 0.52 | 0.00 | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Araneae (Adulto) | 4.19 | 74.09 | 0.00 | 10.21 | 0.00 | 0.00 |
| Coleoptera (Adulto) | 1167.63 | 1103.49 | 1448.54 | 35.08 | 0.00 | 351.34 |
| Coleoptera (Larva y huevo) | 0.00 | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Dedo de lagartija | 0.00 | 10.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Diptera | 0.00 | 65.45 | 11.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Formicidae | 22.97 | 333.60 | 258.40 | 2.09 | 0.52 | 2.09 |
| Hemiptera | 469.15 | 551.35 | 35.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Hymenoptera | 380.40 | 484.98 | 806.34 | 0.00 | 28.27 | 23.56 |
| Hymenoptera (Huevo) | 0.00 | 0.00 | 104.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Isopoda | 61.26 | 142.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Lepidoptera (Larva) | 86.39 | 729.64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Materia vegetal | 4.19 | 409.72 | 0.00 | 287.59 | 0.00 | 4.19 |
| Orthoptera | 1.05 | 102.10 | 0.00 | 9.82 | 0.00 | 0.52 |
| Pseudoscorpiones | 0.00 | 0.00 | 6.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Cuadro 5. Volumen de categorías de presas consumidas por los morfos de hembras de la población de Mineral del Chico en cada época analizada. Los morfos son naranja puro (NP), blanco puro (BP), blanco-naranja (BN), y amarillo-naranja (AmN).

| Categorías de presa | NP | | BP | | BN | | AmN | |
|----------------------|---------|--------|---------|-------|---------|--------|---------|--------|
| | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas | Lluvias | Secas |
| Acari | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Araneae | 154.85 | 2.36 | 0.00 | 0.00 | 593.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Coleoptera (Adulto) | 931.48 | 171.22 | 158.39 | 4.12 | 2550.19 | 386.94 | 28.27 | 16.49 |
| Coleoptera(larva) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 51.84 | 358.14 | 0.00 |
| Diptera | 4.19 | 68.07 | 0.52 | 0.00 | 285.36 | 0.00 | 0.00 | 2.09 |
| Formicidae | 22.78 | 583.55 | 4.19 | 1.05 | 210.23 | 5.50 | 0.00 | 202.11 |
| Hemiptera | 359.45 | 2.36 | 0.00 | 0.00 | 39.27 | 109.69 | 0.00 | 0.52 |
| Hymenoptera | 523.14 | 211.73 | 0.00 | 0.00 | 728.33 | 599.06 | 1.05 | 122.00 |
| Isopoda | 0.00 | 176.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Lepidoptera (Adulto) | 29.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Lepidoptera (Larva) | 0.00 | 0.00 | 47.71 | 0.00 | 265.47 | 14.66 | 0.00 | 0.00 |
| Materia vegetal | 65.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 85.09 | 99.48 | 0.00 | 71.73 |
| Orthoptera | 1680.76 | 333.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.00 | 0.00 |
| Piel (escamas) | 6.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Scolopendromorpha | 0.00 | 0.00 | 32.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Variación entre épocas y morfos de color en las presas consumidas

En la población de Zacualtipán de Ángeles, los resultados del ANOVA de dos factores en relación al número de presas consumidas en hembras de la población de Zacualtipán se demostró que entre épocas ($F_{1,27} = 9.57$, $P = 0.005$) y morfos ($F_{2,27} = 4.32$, $P = 0.02$) si se encontraron diferencias, sin embargo, en la interacción época-morfo ($F_{2,27} = 0.07$, $P = 0.93$) no se encontraron diferencias significativas. El número de presas consumidas fue más alto en época de secas que en lluvias; entre morfos el número de presas consumidas fue mayor en NP que en BN ($P > 0.01$). Respecto al volumen estomacal entre épocas ($F_{1,27} = 0.70$, $P = 0.41$) y morfos ($F_{2,27} = 1.76$, $P = 0.19$) no se encontraron diferencias, por último, en la interacción época-morfo ($F_{2,27} = 0.17$, $P = 0.85$) tampoco se encontraron diferencias. En los machos se realizó ANOVAs de un factor (época) debido a que solo se registró el morfo AzN, cuyos resultados indicaron que existen diferencias significativas entre épocas en el número de presas consumidas ($F_{1,27} = 13.65$, $P = 0.001$) y en el volumen estomacal ($F_{1,27} = 14.51$, $P = 0.001$), los valores de ambas variables fueron más altos en la época de secas que en la de lluvias (Fig. 3). Por último, las pruebas de ANOVA entre sexos y morfos, referente al número de presas consumidas durante las épocas ($F_{1,58} = 22.38$, $P = 0.00001$) si se encontró una diferencia significativa, entre sexos ($F_{1,58} = 0.001$, $P = 0.97$) y en la interacción época-sexo ($F_{1,58} = 0.20$, $P = 0.66$) no se encontraron diferencias, respecto al volumen del contenido estomacal en épocas ($F_{1,58} = 9.38$, $P = 0.003$) si se encontró diferencia significativa, entre sexos ($F_{1,58} = 0.30$, $P = 0.59$) y en la interacción época-sexos ($F_{1,58} = 1.89$, $P = 0.17$) tampoco se encontraron diferencias. Respecto a las diferencias encontradas tanto en el número de presas como del volumen estomacal de las presas consumidas durante épocas, se demostró que el consumo es mayor en secas para ambos ($P < 0.01$).

En la población de Mineral del Chico la ANOVA de dos factores mostro que respecto al número de presas consumidas en las hembras no existen diferencias en épocas ($F_{1,29} = 3.99$, $P = 0.06$) y en morfos ($F_{2,29} = 3.13$, $P = 0.06$), sin embargo, en la interacción época-morfo ($F_{2,29} = 4.66$, $P = 0.018$), específicamente se encontró que la diferencia se encuentra entre los morfos BN y AmN en época de lluvias ($P > 0.01$); de acuerdo al volumen del contenido estomacal se demostró que no existieron diferencias en épocas ($F_{1,29} = 0.03$, $P = 0.87$), morfos ($F_{2,29} = 0.67$, $P = 0.52$), ni en la interacción época-morfo ($F_{2,29} = 1.26$, $P = 0.30$). Referente al número de presas en machos, en épocas ($F_{1,28} = 0.17$, $P = 0.68$), en morfos ($F_{1,28} = 0.03$, $P = 0.86$) y en la interacción época-morfo ($F_{1,28} = 0.35$, $P = 0.56$) no se encontraron diferencias; en el caso del volumen del contenido estomacal, en épocas ($F_{1,28} = 0.58$, $P = 0.45$) y morfos ($F_{1,28} = 1.59$, $P = 0.22$) tampoco se encontraron diferencias; por el contrario en la relación época-morfo ($F_{1,28} = 5.31$, $P = 0.029$) en donde sí se encontró una diferencia, sin embargo, el análisis de comparaciones múltiples no logro detectarlo debido a que es

una diferencia marginal (Fig. 4). Al analizar entre sexos y épocas, no se encontraron diferencias en el número de presas entre época ($F_{1,63} = 0.08, P = 0.78$), sexos ($F_{1,63} = 0.27, P = 0.61$) y en la interacción época-sexos ($F_{1,63} = 0.56, P = 0.46$); para finalizar, tampoco se encontraron diferencias entre época ($F_{1,63} = 0.01, P = 0.94$), sexos ($F_{1,63} = 2.13, P = 0.15$), ni en la interacción época-sexos ($F_{1,63} = 1.28, P = 0.26$).

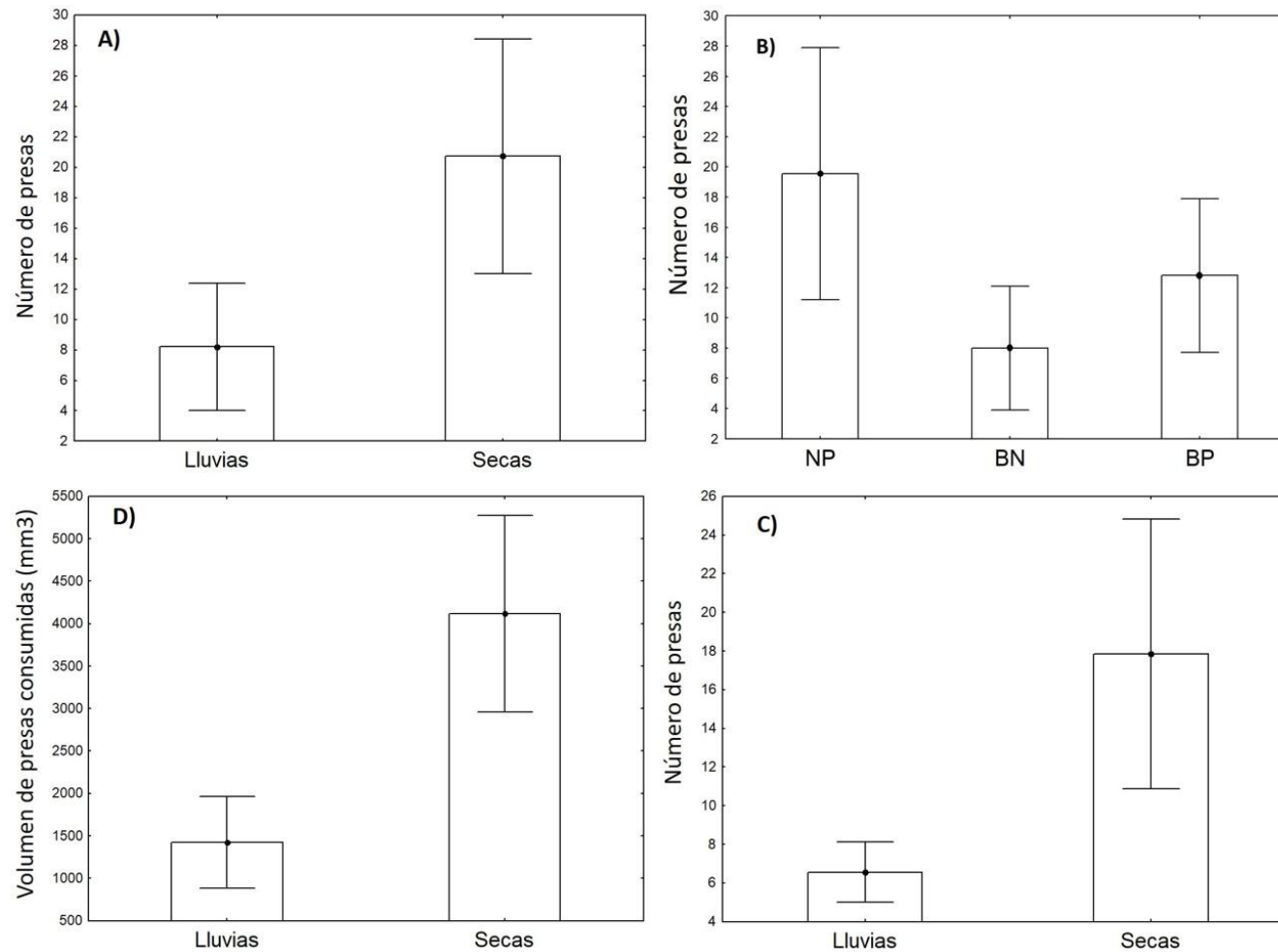


Figura 3. Variación en el número y volumen de presas consumidas entre épocas y morfos de color de hembras (A y B) y machos (C y D) de *Sceloporus grammicus* de la población de Zacualtipán de Ángeles. Morfos: naranja puro (NP), blanco-naranja (BN) y blanco puro (BP).

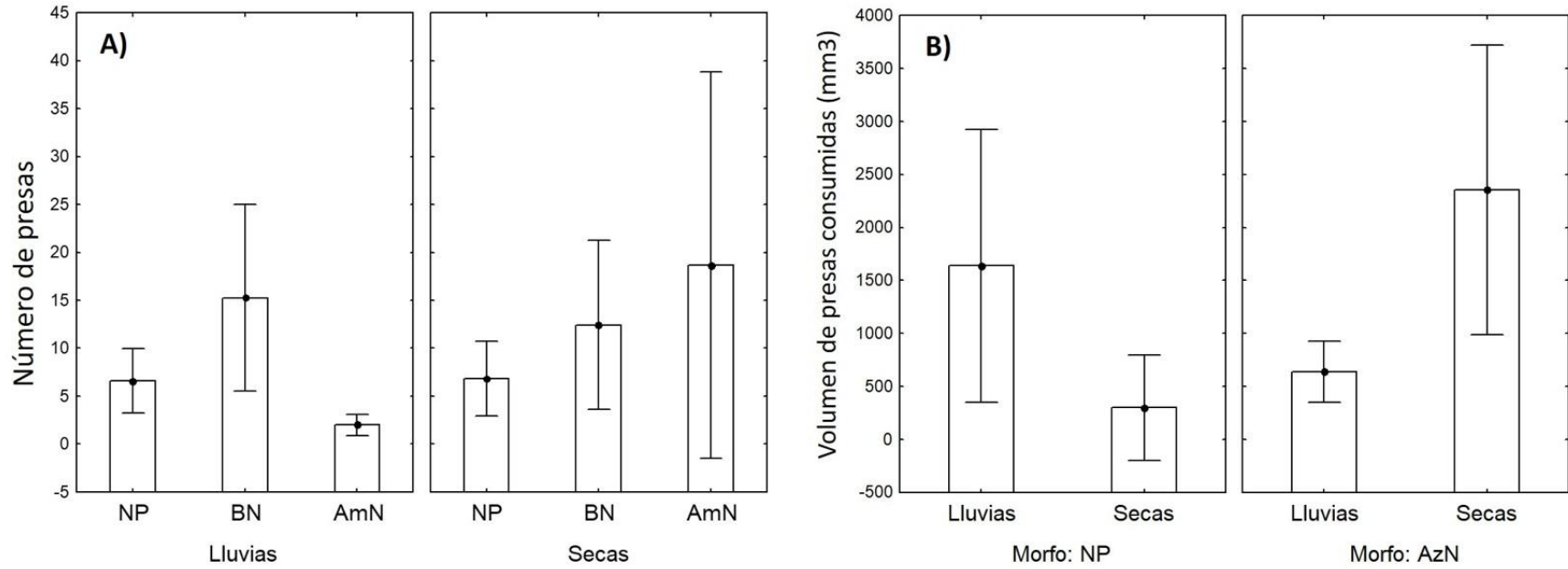


Figura 4. Variación entre el número y volumen de las presas consumidas entre épocas y morfos de color de hembras (A) y machos (B) de *Sceloporus grammicus* de la población de Mineral del Chico. Morfos: naranja puro (NP), blanco-naranja (BN), amarillo-naranja (AmN) y azul-naranja (AzN).

Relación entre la morfología y el tamaño de las presas consumidas

En la población de Zacualtipán no se encontró relación entre el volumen del contenido estomacal y el largo de la cabeza ($R = 0.20$, $P = 0.30$, $N = 29$) ni con el ancho de la cabeza ($R = 0.07$, $P = 0.73$, $N = 29$) del morfo AzN. En las hembras tampoco se encontró relación entre el volumen del contenido estomacal y el tamaño de la cabeza (AC y LC) en los morfos NP (LC: $R = 0.36$, $P = 0.14$, $N = 18$; AC: $R = 0.20$, $P = 0.42$, $N = 18$) y BN (LC: $R = -0.20$, $P = 0.58$, $N = 10$; AC: $R = -0.04$, $P = 0.91$, $N = 10$), en el caso del morfo BP no se encontró relación con el LC ($R = -0.66$, $P = 0.23$, $N = 5$). Sin embargo, la correlación entre el ancho de la cabeza y el volumen del contenido estomacal fue negativa y marginalmente significativa ($R = -0.88$, $P = 0.05$, $N = 5$), indicando que las hembras BP con cabezas pequeñas tienden a consumir presas con un volumen mayor.

En la población de Mineral del Chico no se encontró una relación significativa entre el tamaño de la cabeza y el volumen del contenido estomacal en los morfos de machos: AzN (LC: $R = -0.30$, $P = 0.17$, $N = 23$; AC: $R = -0.38$, $P = 0.07$, $N = 23$) y NP (LC: $R = 0.56$, $P = 0.12$, $N = 9$; AC: $R = 0.33$, $P = 0.38$, $N = 9$). De la misma manera, no se encontró una relación significativa entre el tamaño de la cabeza y el volumen del contenido estomacal en los morfos de las hembras NP (LC: $R = -0.07$, $P = 0.81$, $N = 14$; AC: $R = 0.02$, $P = 0.95$, $N = 14$), BN (LC: $R = -0.11$, $P = 0.69$, $N = 15$; AC: $R = -0.10$, $P = 0.73$, $N = 15$) y AmN (LC: $R = -0.38$, $P = 0.46$, $N = 6$; AC: $R = -0.37$, $P = 0.47$, $N = 6$).

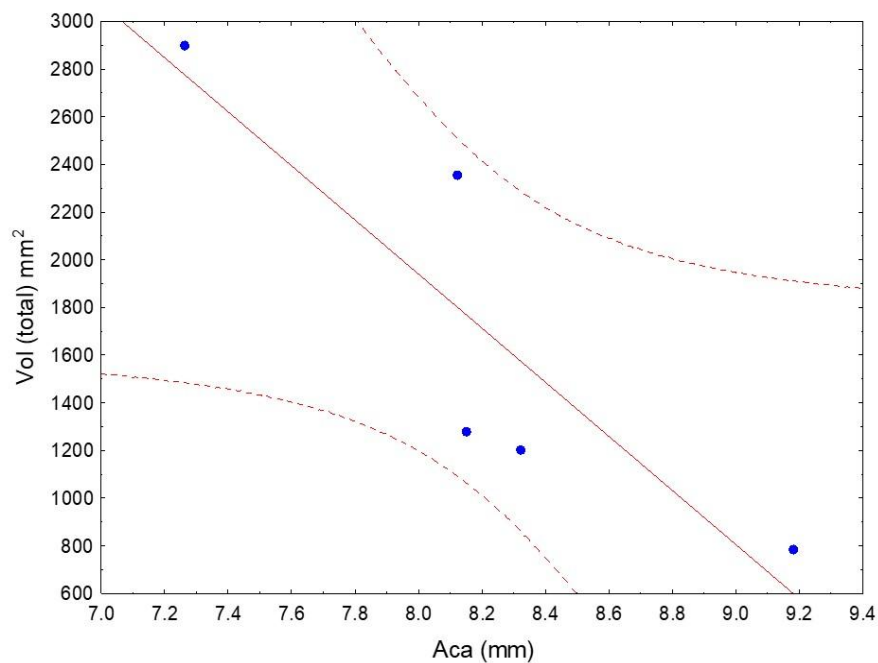


Figura 5. Relación entre el volumen de las presas consumidas con el ancho de la cabeza (AC) en el morfo blanco puro de *Sceloporus grammicus* de Zacualtipán de Ángeles.

Solapamiento de nicho trófico

En la población de Zacualtipán al agrupar los datos entre sexos dentro de cada época se obtuvo un valor de solapamiento de nicho medio en época de secas ($O_{jk} = 0.69$) y un alto solapamiento en época de lluvias ($O_{jk} = 0.94$); entre sexos agrupando ambas épocas se obtuvo un alto valor de solapamiento de nicho ($O_{jk} = 0.81$). En los morfos de hembras se agruparon los datos en cada una de las épocas, de las cuales se obtuvo un solapamiento de nicho alto entre los morfos de hembras NP y BP ($O_{jk} = 0.83$) en la época de lluvias y entre las hembras BN y BP ($O_{jk} = 0.82$) para la época de secas (Cuadro 6); al agrupar ambas épocas entre morfos de color se encontraron valores altos entre los morfos NP y BN ($O_{jk} = 0.84$), NP y BP ($O_{jk} = 0.85$), y BN y BP ($O_{jk} = 0.86$). En el caso de los machos, no se realizó una evaluación entre morfos debido a que solo se registró uno de ellos.

En la población de Mineral del Chico al agrupar los datos entre sexos dentro de cada época se obtuvo un valor medio para la época de secas ($O_{jk} = 0.68$) y un valor más alto en época de lluvias ($O_{jk} = 0.75$), al agrupar ambas épocas entre sexos se obtuvo un valor alto de solapamiento ($O_{jk} = 0.82$). En los morfos de hembras al agruparse los datos en cada una de las épocas se obtuvieron valores altos en los morfos NP y BN ($O_{jk} = 0.85$) y NP y AmN ($O_{jk} = 0.82$) para la época de lluvias, mientras que, para la época de secas, se obtuvieron valores más altos entre los morfos NP y BP ($O_{jk} = 0.94$), BP y AmN ($O_{jk} = 0.91$), y un valor bajo entre los morfos BN y AmN ($O_{jk} = 0.38$) (Cuadro 8). Al agrupar ambas épocas, se encontró un valor alto entre los morfos de hembras NP y BN ($O_{jk} = 0.91$) y valores medios entre los morfos BN y AmN, y entre BN y BP (Cuadro 7). En los machos al evaluarse los morfos dentro de cada una de las épocas se reportó un alto solapamiento en época de secas entre NP y AA ($O_{jk} = 0.84$) y un valor medio entre los morfos NP y AzN ($O_{jk} = 0.52$) (Cuadro 9). Al agruparse las épocas se obtuvo un valor medio entre los morfos AzN y AA ($O_{jk} = 0.61$).

Cuadro 6. Valores del índice de solapamiento de nicho trófico entre morfos de hembras de *Sceloporus grammicus* de Zacualtipán de Ángeles. Los valores por debajo de la diagonal corresponden a los de la época de lluvias, mientras que los valores por encima de la diagonal corresponden a los de la época de secas. Los morfos son naranja puro (NP), blanco-naranja (BN) y blanco puro (BP).

| Morfo | NP | BN | BP |
|-------|------|------|------|
| NP | - | 0.79 | 0.69 |
| BN | 0.76 | - | 0.82 |
| BP | 0.83 | 0.75 | - |

Cuadro 7. Valores del índice de solapamiento de nicho trófico entre morfos de hembras de *Sceloporus grammicus* de Mineral del Chico. Los morfos son naranja puro (NP), blanco-naranja (BN), blanco puro (BP), amarillo-naranja (AmN).

| Morfo | NP | BN | BP | AmN |
|------------|------|------|------|-----|
| NP | --- | --- | --- | --- |
| BN | 0.91 | --- | --- | --- |
| BP | 0.85 | 0.64 | --- | --- |
| AmN | 0.79 | 0.68 | 0.73 | --- |

Cuadro 8. Valores del índice de solapamiento de nicho trófico entre morfos de hembras de *Sceloporus grammicus* de Mineral del Chico. Los valores por debajo de la diagonal corresponden a los de la época de lluvias, mientras que los valores por encima de la diagonal corresponden a los de la época de secas. Los morfos son naranja puro (NP), blanco-naranja (BN), blanco puro (BP) y amarillo-naranja (AmN).

| Morfo | NP | BN | BP | AmN |
|------------|------|------|------|------|
| NP | --- | 0.49 | 0.94 | 0.84 |
| BN | 0.85 | --- | 0.42 | 0.38 |
| BP | 0.71 | 0.65 | --- | 0.91 |
| AmN | 0.82 | 0.70 | 0.79 | --- |

Cuadro 9. Valores del índice de solapamiento de nicho trófico entre morfos de machos de *Sceloporus grammicus* de Mineral del Chico. Los valores que se encuentran por debajo de la diagonal corresponden a los de época de lluvias, mientras que los valores por encima de la diagonal corresponden a los de época de secas. Los morfos son naranja puro (NP), azul-naranja (AzN) y azul-amarillo (AA).

| Morfo | NP | AzN | AA |
|------------|------|------|------|
| NP | --- | 0.45 | 0.84 |
| AzN | 0.52 | --- | 0.40 |
| AA | 0.41 | 0.40 | --- |

DISCUSIÓN

Variación entre épocas y morfos de color en las presas consumidas

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontraron diferencias entre épocas y morfos de color en el número de categorías de presas consumidas en ambas poblaciones. El consumo de presas fue mayor en época de secas que en lluvias sobre todo en la población de Zacualtipán, en donde esta diferencia fue más notoria. En la población de Mineral del Chico se encontraron diferencias significativas entre los morfos de hembras BN y AmN en la época de lluvias. Se han reportado resultados similares en otras especies del género *Sceloporus*, como *S. aeneus*, en la que el volumen y abundancia de categorías de presas consumidas son mayores en época de secas que en lluvias (Cruz-Elizalde et al. 2020).

En otras especies de lagartijas, como *Xenosaurus mendozai*, se han reportado cambios estacionales en relación con la disponibilidad de presas (Hymenoptera, Coleoptera, Formicidae y Hemiptera) la cual varía dependiendo de la época del año de acuerdo con Zamora-Abrego & Ortega-León (2016). En este sentido, Ballinger & Ballinger (1979) mencionan que las diferencias en el consumo de presas por temporada dependen de la disponibilidad de presas en el ambiente, lo que podría explicar patrones observados en estas poblaciones analizadas de *S. grammicus*. Estudios previos sugieren que esta especie es oportunista y se alimenta de una amplia variedad de insectos aprovechando su disponibilidad en el ambiente (Durán-Servín, 2012), con una tendencia a especializarse en presas del orden Coleoptera e Hymenoptera (Leyte-Manrique & Ramírez-Bautista, 2010). Estudios futuros podrían considerar estimar la disponibilidad de las categorías de presas en el ambiente para determinar si las diferencias por época, sexos, y morfos están determinadas por este factor.

Relación entre la morfología y el tamaño de las presas consumidas

En el presente estudio no se encontraron relaciones significativas entre el tamaño de la cabeza y el volumen de las presas consumidas, excepto, en las hembras BP de Zacualtipán, las cuales presentaron una correlación marginal negativa, lo que indica que las hembras con cabezas menos anchas pueden consumir presas de mayor volumen. Un caso similar se ha registrado en *S. minor*, en el que se encontró una relación negativa en machos amarillos, en los que, probablemente, la dureza de las presas y el proceso de deglución determinan este tipo de relación (García-Rosales et al. 2019). Un estudio previo analizó la relación entre la morfología de la cabeza con la dureza y movilidad de las presas en 20 especies de *Sceloporus* distribuidas en México, incluyendo a *S. grammicus*, la cual tiende a consumir presas más duras y presentan cabezas más anchas que otras especies del género (Galindo-Gil et al.

2015), lo que también explica el resultado encontrado en el presente estudio, ya que dentro de las familias de presas consideradas duras se encuentran los coleópteros, los cuales son uno de los grupos de presas más consumidos por lagartijas de este género (Galindo-Gil et al. 2015). La dureza de las presas consumidas y el tiempo de deglución de las presas podría complementar los resultados obtenidos, por lo que en estudios futuros se sugiere considerar estos factores para comprobar esta hipótesis.

Solapamiento de nicho trófico

De acuerdo a los resultados del presente estudio, el solapamiento de nicho trófico fue alto entre machos y hembras de Zacualtipán y Mineral del Chico. Estudios recientes han reportado valores de solapamiento altos entre sexos y en épocas en *S. grammicus* (Lara-Pérez, 2021; Díaz-Marín, 2024), así como en especies del mismo género, como *S. spinosus* (Hidalgo-Licon, 2016), y en otros géneros como *Aspidoscelis gularis* (Martín-Hernández, 2020). De acuerdo con Feria-Ortiz et al (2001), este alto solapamiento de nicho trófico entre sexos se debe a que machos y hembras presentan el mismo modo de forrajeo y probablemente tengan acceso al mismo tipo de presas, resultando así en una dieta similar, lo cual podría explicar los resultados encontrados en este estudio. El solapamiento de nicho trófico fue alto entre hembras y machos en ambas poblaciones, pero solo en la época de lluvias, esta diferencia entre épocas puede deberse a que en época de lluvias existe mayor disponibilidad de alimento y una menor demanda por parte del depredador, contrario a la época de secas, lo que ocasiona que la dieta sea muy similar entre sexos en la época de lluvias (Pianka, 1974, Rusterholz, 1982). Sin embargo, en este estudio no se llevaron a cabo análisis sobre la disponibilidad de alimento en cada población, y como ya se comentó, se sugiere que en estudios posteriores se considere este factor con la finalidad de retroalimentar este estudio como complemento. Además, de acuerdo con los resultados obtenidos, se encontraron valores altos de solapamientos de nicho en ambas poblaciones y sexos en diferente temporada. Un estudio similar en *S. minor* analizó la dieta de los morfos de color de machos de una población, encontrando que existe un solapamiento de nicho alto, indicando que su consumo de presas es similar (García-Rosales et al. 2019). Del mismo modo, Díaz-Marín (2024) encontró un alto solapamiento de nicho trófico entre morfos de color de ambos sexos en cuatro poblaciones de *S. grammicus*, concluyendo así que la dieta fue bastante similar entre morfos de color.

Huyghe et al. (2007) realizaron un estudio en donde analizaron la dieta de los morfos de color en machos de la especie *Podarcis melisellensis*, en el que no encontraron diferencias entre estos en las presas consumidas y sugieren que la base del polimorfismo de color podría estar más asociada a una estrategia reproductiva alternativa. En general, de acuerdo con lo obtenido, y considerando

estudios previos sobre la dieta de *S. grammicus*, esta especie tiende a una dieta especialista que está integrada por presas similares en ambos sexos y morfos; aprovecha la disponibilidad de recursos en cada una de las temporadas de los ambientes donde habita siendo así también oportunista (Leyte-Manrique & Ramírez-Bautista, 2010; Durán-Servín, 2012; Lara-Pérez, 2021; Díaz-Marín, 2024).

CONCLUSIONES

1. El consumo de presas fue mayor en época de secas, tanto en el número como en el volumen de presas, indicando una mayor demanda de consumo durante esta época para ambos sexos y morfos en la población de Zacualtipán, pero no en la de Mineral del Chico, lo que indica que esto varía dependiendo de la disponibilidad de presas en el ambiente por época.
2. El tamaño de la cabeza y el volumen de presas consumidas no se relacionan en los morfos de color analizados en las poblaciones del presente estudio.
3. El solapamiento de nicho trófico fue alto en época de lluvias indicando que consumen categorías de presas similares, entre machos y hembras el consumo fue alto, y finalmente entre morfos no se encontraron diferencias, siendo la dieta similar en ambas poblaciones.

LITERATURA CITADA

- Amadon, D. 1959. The significance of sexual differences in size among birds. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 103: 531-536.
- Ballinger, R. E., & Ballinger, R. A. 1979. Food resource utilization during periods of low and high food availability in *Sceloporus jarrovi* (Sauria: Iguanidae). *The Southwestern Naturalist*, 24(2): 347-363.
- Bastiaans, E., Morinaga, G., Castañeda-Gaytán, J. G., Marshall, J. C., & Sinervo, B. 2013. Male aggression varies with throat color in 2 distinct populations of the mesquite lizard. *Behavioral Ecology*, 24: 968-981.
- Bastiaans, E., Bastiaans, M. J., Morinaga, G., Castañeda-Gaytán, J. G., Marshall, J. C., Bane, B., Méndez-De La Cruz, F., & Sinervo, B. 2014. Female preference for sympatric vs. allopatric male throat color morphs in the mesquite lizard (*Sceloporus grammicus*) species complex. *PLoS ONE*, 9: e93197.
- Beuttner, A. & Koch, C. 2019. Analysis of diet composition and morphological characters of the Peruvian lizard *Microlophus stolzmanni* (Squamata: Tropiduridae). *Phyllomedusa*, 18(1). DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v18i1p47-62>
- Brock, K., Chelini, M. C., Ayton, C., Madden, E. I., Ramos, C., Blois, J. L., Pafilis, P., & Edwards, D. L. 2022. Colour morph predicts social behavior and contest outcomes in a polymorphic lizard (*Podarcis erhardii*). *Animal Behaviour*, 191: 91-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2022.06.017>
- Bustos Zagal, M. G., Castro-Franco, R., Manjarrez, J., & Fajardo Guadarrama, V. 2014. Variación morfológica asociada a los patrones de color de la garganta, en lagartijas *Sceloporus horridus horridus* (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta zoológica mexicana*, 30(2): 357-368.
- Calder, W.A. 1984. *Size, Function and Life History*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Calisi, R. M., Malone, J. H., & Hews, D. K. 2008. Female secondary coloration in the Mexican boulder spiny lizard is associated with nematode load. *Journal of Zoology*, 276(4): 358-367.
- Canseco-Márquez, L., & Gutiérrez-Mayén, G. 2010. *Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-cuicatlán*. CONABIO. 1ra edición.

- Castro-Franco, R., Bustos-Zagal, M. G., & Trujillo-Jiménez, P. 2017. Diet composition of *Sceloporus horridus horridus* (Sauria: Phrynosomatidae) in tropical deciduous forest, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 33(3). ISSN 2448-8445.
- Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A., Rosas Pacheco, L. F., Lozano, A., & Rodríguez-Romero, F. J. 2020. Sexual dimorphism in size and shape among populations of the lizard *Sceloporus variabilis* (Squamata: Phrynosomatidae). *Zoology*, (140), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125781>
- Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A., & Núñez de Cáceres-González. 2020. Sexual Dimorphism and Feeding Ecology of the Black-bellied Bunchgrass Lizard *Sceloporus aeneus* (Squamata: Phrynosomatidae) in Central Mexico. *South American Journal of Herpetology*, 18: 46-55.
- Copper, W. E. Jr. 1995. Foraging mode, prey chemical discrimination, and phylogeny in lizards. *Animal Behavior*, 50: 973-985.
- Darwin, C. R. 1871. The descent of man, and selection in relation to sex. J. Murray, London.
- Díaz-Marín, C. A. 2024. Caracterización ecológica del polimorfismo en la coloración de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) en ambientes contrastantes del centro de México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Durán-Servín, S. L. 2012. Contribución al conocimiento de la alimentación de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Reptilia: Phrynosomatidae) en la localidad de la Palma, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México. *Revista de Zoología*, 23: 9-20.
- Duré, M. I., Kehr, A. I., & Schefer, E. F. 2009. Niche overlap and resource partition among five sympatric bufonids (Anura: Bufonidae) from northeastern Argentina. *Phyllomedusa* 8:27-39. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v8i1p27-39>
- Feria Ortiz, M. F., Nieto-Montes de Oca, A., & Salgado, U. I. H. 2001. Diet and Reproductive Biology of the Viviparous Lizard *Sceloporus torquatus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). *Journal of Herpetology*, 35: 104-112.
- Fernandes K., M., Barros Ribeiro, L., & Xavier Freire, E. M. 2010. Diet and foraging behavior of two species of *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae) in the caatinga of northeastern Brazil. DOI: <https://doi.org/10.2994/057.005.0104>
- Galindo-Gil, S., Rodríguez-Romero, F. D. J., Velázquez-Rodríguez, A. S., & Moreno-Barajas, R. 2015. Correlaciones morfológicas entre la forma de la cabeza, dieta y uso de hábitat de

- algunos *Sceloporus* de México: un análisis cuantitativo. *International Journal of Morphology*, 33(1): 295-300.
- García-Rosales, A., Ramírez-Bautista, A., Stephenson, B. P., Meza-Lázaro, R. N., & de Oca, A. N. M. 2017. Comparative morphology and genetics of two populations of spiny lizards (genus *Sceloporus*) from Central Mexico. *Zoologischer Anzeiger*, 267: 21-30.
- García-Rosales, A., Ramírez-Bautista, A., & Stephenson, B. 2019. Comparative morphology and trophic ecology in a population of the polymorphic lizard *Sceloporus minor* (Squamata: Phrynosomatidae) from central Mexico. DOI: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.8099>
- García-Rosales, A., Díaz-Marín, C. A., & Ramírez-Bautista, A. 2024. Múltiples colores en lagartijas: polimorfismo en color ¿qué es y cómo se mantiene?. *Contactos, Revista De Educación En Ciencias E Ingeniería*, 134: 56 – 64.
- Guzmán-Torres, M.A. 2021. Ecología trófica de un ensamble de lagartijas en un bosque tropical caducifolio al Noroeste de Oaxaca. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Hammerson, G.A., Vazquez Díaz, J., & Quintero Díaz, G.E. 2007. *Sceloporus grammicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007: e.T64107A12744035. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T64107A12744035.en>.
- Hernández-Gallegos, O., Granados-González, G., Rheubert, J. L., Villagrán-Santa Cruz, M., Peña-Herrera, E., & Gribbins, K. M. 2018. Lack of spermatogenic variation in a polymorphic lizard, *Sceloporus aeneus* (Squamata: Phrynosomatidae). *Acta Zoologica*, 100: 359-364.
- Herrel, A., Joachim, R., Vanhooydonck, B., & Irschick, D. J. 2006. Ecological consequences of ontogenetic changes in head shape and bite performance in the Jamaican lizard *Anolis lineatopus*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 89: 443-454.
- Hidalgo-Licona, L. F. 2016. Dimorfismo sexual y nicho trófico en la lagartija ovípara *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) de San Luis Potosí, México. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Hierlihy, C. A., R. García-Collazo, C. B., & Chávez-Tapia. 2013. Sexual dimorphism in the lizard *Sceloporus siniferus*: support for the intraspecific niche divergence and sexual selection hypotheses. *Salamandra*, 49: 1–6.

- Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Herrel, A., Tadic, Z., & Van Damme, R. 2007. Morphology, performance, behavior and ecology of the three color morphs in males of the lizard *Podarcis melisellensis*. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/icm043>
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010, Mineral del Chico, Hidalgo. Recuperado de: https://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13038.pdf
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010, Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo. Recuperado de: https://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13081.pdf
- Karpestam, E., & Forsman, A. 2011 Dietary differences among colour morphs of pygmy grasshoppers revealed by behavioural experiments and stable isotopes. *Evolutionary Ecology Research*, 13: 461–477.
- Köhler G. 2012. Color catalogue for field biologists. Offenbach: Herpeton.
- Lattanzio, M. S., & Miles, D. B. 2014. Ecological divergence among colour morphs mediated by changes in spatial network structure associated with disturbance. *Journal of Animal Ecology*, 83: 1490–1500. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2656.12252>
- Lattanzio, M. S., & Miles, D. B. 2016. Trophic niche divergence among color morphs that exhibit alternative mating tactics. *Royal Open Society*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.150531>
- Lara-Pérez, B. 2021. Dieta y frecuencia de colas regeneradas de *Sceloporus grammicus* en tres sitios del estado de Hidalgo, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Leyte-Manrique, A., & Ramírez-Bautista, A. 2010. Diet of two populations of *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Hidalgo, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 55(1): 98–103.
- Leyte-Manrique, A., U. Hernández-Salinas, A. Ramírez-Bautista, V. Mata-Silva & J. C. Marshall. 2017. Habitat use in eight populations of *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from the Mexican Plateau. *Integrative Zoology*, 12: 198–210.
- Lovich, R. E. 2012. Techniques for reptiles in difficult-to-sample habitats. McDiarmid, R. W., M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons & N. Chernoff (Eds). *Reptile biodiversity: standard methods for inventory and monitoring*. University of California Press. 167-196.

- Luría-Manzano, R. 2012. Ecología trófica del ensamble de anuros riparios de San Sebastián Tlacotepec, Sierra Negra de Puebla, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 66 pp.
- Mahan, R.D., & Johnson, J. R. 2007. Diet of the gray treefrog (*Hyla versicolor*) in relation to foraging site location. *Journal of Herpetology*, 41: 16-23
- McGavin, G. C. 2000. Insectos, arañas y otros artrópodos terrestres. Manuales de identificación. Ediciones Omega.
- Miles, D., Sinervo, B., Hazard, L., Svensson, E., & Costa, D. 2007. Relating endocrinology, physiology and behaviour using species with alternative mating strategies. *Functional Ecology*, 21: 653–665. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01304.x>
- Scali, S., Sacchi, R., Mangiacotti, M., Pupin, F., Gentili, A., Zucchi, C., Sannolo, M., Paves, M., & Zuffi, M. 2016. Does a polymorphic species have a ‘polymorphic’ diet? A case study from a lacertid lizard. *Biological Journal of the Linnean Society*. DOI: <https://doi.org/10.1111/bij.12652>
- Scharf, I., & Meiri, S. 2013. Sexual dimorphism of heads and abdomens: Different approaches to ‘being large’ in female and male lizards. *Biological Journal of the Linnean Society*, 110: 665-673
- Serrano-Cardozo, V. H., Lemos-Espinal, J. A., & Smith, G. R. 2008. Comparative diet of three sympatric *Sceloporus* in the semiarid Zapotitlán Valley, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 427-434.
- Shine, R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4): 419-461.
- Sinervo, B., & Lively, C. M. 1996. The rock-paper-scissors game and the evolution of alternative male strategies. *Nature* 380:240-243. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/380240a0>
- Sites, J. W., Archie, J. W., Cole, C. J., & Flores-Villela, O. 1992. A review of phylogenetic hypotheses for lizards of the genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): implications for ecological and evolutionary studies. *Bulletin of the AMNH*; no. 213.
- Stearns, S. C. 1992. The evolution of life histories. Oxford University Press.

- Tinkle, D. W. 1967: The life and demography of the side-blotched lizard, *Uta stansburiana*. Miscellaneous Publications, University of Michigan Museum Zoology, 132: 1–182.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole, 7.
- Pianka, E. R. 1973. The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics, 4(1): 53–74. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000413>
- Pianka, E. R. 1974. Niche Overlap and Diffuse Competition. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 71: 2141-2145.
- Puga y Colmenares, M., Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R., García-Rosales, A., & Hernández-Salinas, U. 2019. Feeding Ecology and Its Relationship with Head Structures in Two Populations of the Lizard *Sceloporus minor* (Squamata: Phrynosomatidae) from Northern Mexico. Copeia, 107 (3): 542-549.
- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., Cruz-Elizalde, R., Berriozabal-Islas, C., Lara-Tufiño, D., Goyenechea-Mayer Goyenechea, I., & Castillo-Cerón, J. M. 2014. Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana, México, pp. 316
- Reilly, S.M., McBrayer, L.B., & Miles, D.B. 2007. Lizard Ecology: The Evolutionary consequences of foraging mode. Cambridge. Cambridge University Press.
- Rusterholz, K. A. 1981. Niche Overlap Among Foliage-Gleaning Birds: Support for Pianka's Niche Overlap Hypothesis. The American Naturalist, 117: 395-399.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 1ra. Edición digital.
- Selander, R. K. 1972. Sexual selection and dimorphism in birds. Pp. 1871–1971. In: Campbell, B. (ed.) Sexual selection and the descent of man Aldine Publ. Co., Chicago.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7th edition. Cengage Learning.
- Valdéz-González, M. A., & Ramírez-Bautista, A. 2002. Reproductive Characteristics of the Spiny Lizards, *Sceloporus horridus* and *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) from México. Journal of Herpetology, 36(1): 36. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1565799>

Zamora-Abrego, J. G., & Ortega-León, A. M. 2015. Ecología trófica de la lagartija *Xenosaurus mendozai* (Squamata: Xenosauridae) en el estado de Querétaro, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87: 140-149.