



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Licenciatura en Biología

Ecología Alimentaria de *Ambystoma velasci* Dugès, 1888 (Caudata:
Ambystomatidae) en La Reserva de la Biósfera, Sierra Gorda de Querétaro,
México.

Tesis Individual
Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Licenciado en Biología

Presenta:

Claudia Jazmín Martínez Ramírez

Dirigido por:

Raciel Cruz Elizalde

SINODALES

Raciel Cruz Elizalde
Presidente

Firma

Carlos Alberto López González
Secretario

Firma

Jesús Luna Cozar
Vocal

Firma

Norma Hernández Camacho
Suplente

Firma

Ricardo Luría Manzano
Suplente

Firma

Centro Universitario
Querétaro, Querétaro.
4 de Octubre del 2024
MÉXICO

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

RESUMEN

Ambystoma velasci o Ajolote del Altiplano es una especie con amplia distribución, habita pozas y estanques desde el norte de México, hasta la Faja Volcánica Transmexicana. Hay poca información con respecto a su dieta, salvo reportes de consumo de algunos invertebrados y vertebrados de talla pequeña, así como conespecíficos. Este trabajo busca describir la ecología alimentaria de *A. velasci* en una población de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México para poder entender mejor su ecología e historia natural, así como aportar información para planes de manejo y conservación para esta especie y congéneres. El material se obtuvo con la técnica no invasiva de lavado estomacal, se utilizó el índice de Levins para conocer la amplitud (B) de la dieta y el índice de Pianka (Ojk) para calcular la sobreposición de la dieta entre distintas categorías (sexos, clases de edad y temporalidades). Se analizó la correlación entre la talla del cuerpo (longitud hocico-cloaca [LHC]) y el volumen del contenido estomacal por ejemplar. *A. velasci* presenta 27 categorías de presas (CDP), correspondientes a invertebrados como Ostracoda con un Índice de importancia relativa (IIR) de 47.49% y larvas de Diptera (IIR= 23.55%) como las principales CDP, y el resto de CDP con un valor de IIR< 10%, incluido el consumo de vertebrados (IIR= 0.77%). La dieta en general presenta valores bajos de amplitud (B= 0.032), con una alta sobreposición entre grupos (Ojk> 0.7) a excepción de las hembras de distintas clases de edad (Ojk= 0.482) y de distintas temporalidades (Ojk= 0.559). No se encontró una correlación entre la LHC y el volumen del contenido estomacal para la población, por sexos, temporalidades o clases de edad, a excepción de machos juveniles ($r= 0.767$, $P= 0.021$). Se incluyó un resumen de la dieta para el género *Ambystoma*, destacando a los crustáceos y dípteros como principales presas de este género. La dieta de *A. velasci* está basada principalmente en invertebrados, con consumo ocasional de vertebrados.

Palabras clave: Alimentación, ajolote, contenido estomacal, valor de importancia alimentaria, nicho alimentario.

ABSTRACT

Ambystoma velasci or Altiplano Axolotl is a species with a wide distribution, inhabiting pools and ponds from the north of Mexico to the Trans-Mexican Volcanic Belt. There is little information regarding its diet, except for reports of consumption of some invertebrates and small vertebrates, as well as conspecifics. This work seeks to describe the feeding ecology of *A. velasci* in a population of El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, Mexico in order to better understand its ecology and natural history, as well as to provide information for management and conservation plans for this species and congeners. The material was obtained with the non-invasive technique of stomach flushing, the Levins index was used to determine the breadth (B) of the diet and the Pianka index (Ojk) to calculate the overlap of the diet between different categories (sexes, ages classes and seasons). The correlation between body size (snout-vent length [SVL]) and stomach content volume per specimen was analyzed. *A. velasci* presents 27 prey categories (PC), which correspond to invertebrates such as Ostracoda with a Relative Importance Index (RII) of 47.49% and Diptera larvae (RII= 23.55%) as the main PC, and the remaining of the PC with a RII value < 10%, including the consumption of vertebrates (RII= 0.77%). Overall, the diet presents low amplitude values (B= 0.032), with a high overlap between groups (Ojk > 0.7) except for females of different ages classes (Ojk= 0.482) and different seasons (Ojk= 0.559). No correlation was found between SVL and stomach content volume for the population, sexes, seasons or age classes, except for juvenile males ($r = 0.767$, $P = 0.021$). A summary of the diet for the genus *Ambystoma* was included, highlighting crustaceans and dipterans as an essential part of the diet in the genus. The diet of *A. velasci* is mainly based on invertebrates, with occasional consumption of vertebrates.

Keywords: Feeding, axolotl, stomach content, food importance value, food niche

DEDICATORIAS

A mi padre Carlos Alberto, por enseñarme el amor a la naturaleza desde pequeña, a ser persistente y a mostrarme que debo de ser paciente conmigo misma.

A mi madre Marisela, por cuidarme y enseñarme a ser consistente en todo momento, así como mostrarme a ser franca y sincera.

A mi hermana Ana Karen y mi hermano Carlos Fernando, por ser mis compañeros de vida y ayudarme en este camino.

A mis sobrinos Emiliano y Marcelo, por recordarme a ser curiosa.

A mi abuelo Guines y mi abuela María Pueblito que me cuidan desde el cielo y mi abuelo J. Félix y mi abuela Juana que me cuidan desde la tierra.

A mis amigas incondicionales Edith, Karla y Paula, por estar para mí, verme crecer y crecer conmigo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Raciél Cruz Elizalde, por permitir que me integrara a su equipo de trabajo, interesarse en mi formación académica y personal, así como estar dispuesto a resolver mis dudas y motivar la curiosidad en mí.

Al M. en C. Ricardo Luría Manzano quien a pesar de la distancia me brindo mucha ayuda y asesoría, así como las correcciones que eran más que necesarias.

Al Dr. Jesús Luna Cozar quien no importaba que retos le pusiera en el estereoscopio, siempre lograba ayudarme con la identificación de las muestras.

Al Dr. Carlos Alberto López González por motivarme a ir más allá en mi investigación, estar pendiente de mis dudas y en el proceso de mi trabajo.

A la Dra. Norma Hernández Camacho por el apoyo brindado en la asesoría de este trabajo y facilitar los materiales que este necesitara, así como abrir un espacio en el laboratorio para mí.

Al Cuerpo Académico de Ecología y Diversidad Faunística (CAEyDF), por brindarme apoyo académico y logístico, en especial al Dr. Robert Jones, al Dr. Salvador Zamora Ledesma y al Biol. Erick Daniel Velasco Esquivel.

Al ANP Reserva de la Biósfera, Sierra Gorda, por permitirme realizar muestreos en territorio que protege a la biodiversidad del gran estado de Querétaro.

A José María Herrera Maquina por su apoyo logístico en la localidad de El Cedral.

A la Colección Faunística de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (FCN-UAQ), por ayudarme con material bibliográfico y de laboratorio.

Al Aracnario FCN-UAQ por el apoyo otorgado en la identificación y entendimiento de los arácnidos.

A Martín Córdova Romero por ser un buen compañero de tesis que siempre estuvo dispuesto a ayudarme.

A Axel Arturo Sandoval Ponce por el apoyo logístico durante el muestreo en campo y la identificación de organismos.

A Adriana, Andrea, Ángela, Emanuel, Juan Pablo, Karen, Lizeth, Miguel Ángel Orenday, Miguel Ángel Nieto, Mónica Valdez, Romina y Rosa María quienes además de ser compañeras y compañeros de mi generación tengo el privilegio de llamarles mis amigas y amigos.

A Vanessa, por ser mi compañera de laboratorio y sobre todo, amiga.

A Alejandro, Brandon, Leopoldo, Luis, Mónica Torres y Ricardo que gracias a la Biología tuve el privilegio de conocer, gracias por su apoyo y consejos.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
DEDICATORIAS	5
AGRADECIMIENTOS	6
ÍNDICE	8
ÍNDICE DE CUADROS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	12
INTRODUCCIÓN	14
ANTECEDENTES	19
OBJETIVOS	24
Objetivo general	24
Objetivos específicos	24
HIPÓTESIS	25
MATERIALES Y MÉTODOS	26
Área de estudio	26
Localidad de muestreo y toma de datos	27
Filtrado e identificación de muestras	31
Análisis de datos	33
RESULTADOS	35
Determinación de categorías de presa y cálculo del índice de importancia relativa (IIR)	35
Composición de la dieta por sexos	40

Composición de la dieta por clase de edad	42
Composición de la dieta por temporada	44
Amplitud de nicho alimentario.....	46
Análisis de la sobreposición de nicho alimentario	47
Correlación entre tamaño del organismo y volumen de contenido estomacal	48
Comparación y resumen de información de la dieta en <i>Ambystoma</i>	51
DISCUSIÓN	55
Determinación de categorías de presa y cálculo de índice de importancia relativa (IIR).....	55
Composición y comparación de la dieta por sexos.....	59
Composición y comparación de la dieta por clase de edad.....	61
Composición y comparación de la dieta por temporada.....	65
Determinación de la amplitud de nicho alimentario	67
Análisis de la sobreposición de nicho alimentario	68
Evaluación de relaciones entre el tamaño del organismo (talla) y volumen de contenido estomacal.....	70
Comparación y resumen de información de dieta en <i>Ambystoma</i>	72
CONCLUSIONES	76
LITERATURA CITADA	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Organismos muestreados y organismos con contenido identificable de <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México.	35
Cuadro 2. Organismos muestreados y organismos con contenido identificable en hembras de <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México	36
Cuadro 3. Organismos muestreados y organismos con contenido identificable en machos de <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México	36
Cuadro 4. Categorías de presa de <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México. (A = Adulto, P = Pupa, N = Ninfa, L = Larva).	38
Cuadro 5. Amplitud de nicho alimentario para <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México.	46
Cuadro 6. Amplitud de nicho alimentario para machos y hembras de <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México	46
Cuadro 7. Sobreposición de nicho alimentario entre distintas categorías de <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México.	47
Cuadro 8. Correlación entre tamaño corporal (LHC) y volumen del contenido estomacal de distintas categorías de <i>Ambystoma velasci</i> en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México. Se resaltó con negritas los valores significativos.....	49
Cuadro 9. Resumen de investigaciones sobre la composición de la dieta en especies del género <i>Ambystoma</i>	52

Cuadro 10. Categorías de presa y abundancia de presas para el género *Ambystoma*. Pequeños crustáceos incluyen a los órdenes: Ostracoda, Amphipoda, Cladocera y Copepoda53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución potencial de las especies de <i>Ambystoma</i> en México. Destaca la distribución de <i>A. velasci</i> (tonalidad verde) en el país. Mapa tomado de SEMARNAT, 2018.	16
Figura 2. Larvas de <i>Ambystoma velasci</i> con diversas coloraciones dentro de la población estudiada en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México. a) Coloración marrón con puntos amarillos b) Coloración amarillenta con dorso marrón.	17
Figura 3. Mapa de la localidad de El Cedral en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda.	26
Figura 4. a) Área de camping, b) Pozas donde se encuentra <i>Ambystoma velasci</i> en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.	28
Figura 5. Toma de medidas morfológicas. a) Medición de longitud de cola, b) Medición de longitud de brazo.	29
Figura 6. Técnica de lavado estomacal para obtención de contenido estomacal.	31
Figura 7. a) Equipo para identificación, b) Identificación de las muestras en laboratorio.	32
Figura 8. Número de estómagos vacíos de <i>Ambystoma velasci</i> en distintas temporadas de la localidad de El Cedral, Pinal de amoles, Querétaro, Qro.	36
Figura 9. Ejemplos de presas consumidas por <i>Ambystoma velasci</i> . a) Ostrácodos, b) Larva de Diptera, c) Pupa de Diptera (Chironomidae), d) Anuro (Hylidae: posiblemente <i>Rheohyla miotympanum</i>), e) Material vegetal (acículas).	39
Figura 10. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para hembras de <i>Ambystoma velasci</i> en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.	40
Figura 11. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para machos de <i>Ambystoma velasci</i> en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.	41
Figura 12. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para juveniles de <i>Ambystoma velasci</i> en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.	42
Figura 13. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para adultos de <i>Ambystoma velasci</i> en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.	43

Figura 14. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para organismos muestreados durante las temporadas estiaje de <i>Ambystoma velasci</i> en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.	44
Figura 15. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para organismos muestreados durante la temporada de lluvias de <i>Ambystoma velasci</i> en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.	45
Figura 16. Correlación entre el tamaño corporal (LHC) y Volumen del contenido estomacal en <i>Ambystoma velasci</i> . a) Total de organismos b) Machos juveniles, c) Machos juveniles de temporada de estiaje.	50
Figura 17. Curva de rarefacción de categorías de presa entre <i>Ambystoma altamirani</i> , <i>A. rivulare</i> y <i>A. velasci</i>	54

INTRODUCCIÓN

Diversos aspectos en la historia natural de las especies deben ser considerados o estudiados para poder tener una mejor noción del comportamiento de las mismas, como es el caso de la ecología alimentaria. En estos aspectos se incluyen factores que determinan características importantes como el crecimiento, maduración, condición corporal y salud, hablando particularmente de los anfibios y reptiles (García-Rosales et al., 2019; Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019a). Aspectos de la dieta como lo son la composición, amplitud de nicho, tamaño y número de presas consumidas, así como la manera en la que obtienen sus alimentos, están relacionados con la temporalidad, morfología, y comportamiento de las especies (Bolívar et al., 2019).

La ecología alimentaria es un tema ampliamente estudiado en distintos grupos de animales, como los anuros (García-Padrón, 2019; Duré et al., 2021), y en el caso de los caudados la información aún es limitada pero necesaria, tanto para aportar información sobre la historia natural de las especies como para proporcionar información útil para el manejo y conservación para un grupo vulnerable como lo son los anfibios (Mendoza-Almeralla et al., 2015; Duré et al., 2021). Para México, uno de los grupos representativos de anfibios son los Ambystomátidos, de manera específica el género *Ambystoma*, por su impacto en la cultura así como su creciente popularidad por sus características peculiares y únicas como la regeneración (Ávila Akerberg et al., 2021).

Ambystoma (Tschudi, 1838) pertenece a la familia Ambystomatidae y está conformado por organismos que son conocidos coloquialmente como achoques, salamandras o más comúnmente ajolotes (SEMARNAT, 2018). Los organismos de este género tienen un cuerpo alargado, una piel lisa provista de glándulas debido a que necesita constante humectación, sus patas delanteras cuentan con cuatro dedos y en sus miembros posteriores tiene cinco dedos, una cabeza ancha y grande con hocico corto y surcos a los costados (Ávila Akerberg et al., 2021). Su cola se

encuentra aplanada lateralmente, no tienen párpados móviles, sus ojos son pequeños, presentan dientes diminutos que se encuentran en hileras a la entrada de su cavidad oral, tienen pulmones y branquias externas (Morales-García et al., 2021; SEMARNAT, 2018).

Este género está constituido por 26 especies (Frost, 2024), su distribución va de Norteamérica en el suroeste de Alaska y sur de Canadá hasta la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (SEMARNAT, 2018). En México se pueden encontrar registros de 14 especies distribuidas en ocho estados del noreste al centro del país, la mayoría (13) de estas especies se encuentran bajo protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010; Jiménez et al., 2020). Esta normatividad (NOM-059-SEMARNAT-2010) asigna a las especies en alguna categoría de riesgo considerando las amenazas a las que estos anfibios han sido expuestos, tales como la pérdida y fragmentación del hábitat, contaminación de cuerpos de agua e introducción de especies exóticas. Además que considera aspectos como la densidad poblacional de la especie en su área de distribución, para hacer frente a problemáticas como la reducción en su calidad de vida, diversidad genética, disminución en el número de individuos por población e incluso la exposición a nuevos patógenos como la quitridiomycosis, ocasionando fuertes problemas ecosistémicos (Mendoza-Almeralla et al., 2015; SEMARNAT, 2018).

Ambystoma velasci Dugès, 1888 es una especie con una amplia distribución geográfica (Fig. 1), está presente desde el norte de México en los estados de Chihuahua, Durango y Nuevo León, extendiéndose por el Altiplano Mexicano, pasando la cadena montañosa de la FVT, por el bajío (en los estados de Querétaro y Guanajuato) hasta los estados de Hidalgo y Veracruz (Percino-Daniel et al., 2019; Contreras Calvario et al., 2021; Leyte-Manrique, 2023). Esta especie habita bosques de pino-encino, pastizales, bosque mesófilo de montaña, y matorral xerófito, y ocupa como hábitats ríos pequeños, pozas, riachuelos y estanques (SEMARNAT, 2018; Leyte-Manrique, 2023).



Figura 1. Mapa de distribución potencial de las especies de *Ambystoma* en México. Destaca la distribución de *A. velasci* (tonalidad verde) en el país. Mapa tomado de SEMARNAT, 2018.

Respecto a su morfología, tiene branquias con coloraciones rosáceas a ciertas tonalidades de café (Fig. 2), el color de la piel tiende a ser café claro con tonos verdosos o amarillos oscuros, presenta una serie de puntos o manchas por todo el dorso mientras que en los lados del cuerpo tiene distinta coloración que va de amarillo, verde olivo a blanco, en el vientre tiene coloraciones más claras a diferencia del resto del cuerpo (SEMARNAT, 2018; Morales-García et al., 2021; Leyte-Manrique, 2023).



Figura 2. Larvas de *Ambystoma velasci* con diversas coloraciones dentro de la población estudiada en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México. a) Coloración marrón con puntos amarillos b) Coloración amarillenta con dorso marrón.

Los ejemplares de esta especie tienen la capacidad de metamorfosear para pasar del estadio larvario (ajolote), al estadio de adulto (salamandra), pero es capaz como otras especies del mismo género que se conserven en su estado paedomórfico o neoténico (Cruz Jiménez et al., 2020; Leyte-Manrique, 2023) lo que quiere decir que alcanzan la madurez sexual cuando siguen teniendo características larvarias, lo que los restringe a un hábitat acuático.

Esta especie se encuentra categorizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2024) como una especie de preocupación menor (LC), además de encontrarse registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) bajo la categoría de protección especial (Pr) lo que quiere decir que puede llegar a encontrarse amenazada por factores que amenacen a sus poblaciones como puede ser la fragmentación o modificación de su hábitat, priorizando su recuperación y conservación de sus poblaciones (SEMARNAT, 2021). Dentro de estas amenazas se encuentra el deterioro del hábitat por influencia humana (cuerpos de agua para usos de esparcimiento y de agricultura), transformación del hábitat, pérdida y contaminación de cuerpos de agua, extracción

y tráfico de individuos, e introducción de especies exóticas (Mendoza-Almeralla et al., 2015; Aguilar Moreno y Aguilar Aguilar, 2019; Percino-Daniel et al., 2019).

A diferencia de *Ambystoma mexicanum* que es una de las especies bandera en México mayormente representadas y estudiadas del género (SEMARNAT, 2018; Aguilar Moreno y Aguilar Aguilar, 2019; Cruz Jiménez et al., 2020), la información que existe para *A. velasci* en cuestión de su historia natural, estado de sus poblaciones, ecología, y amenazas en específico es limitada, esto a pesar de que presenta la distribución más amplia de las especies que ocurren en México (Leyte-Manrique, 2023). Hay reportes generales de su distribución, características de su hábitat, y datos aislados con respecto a su reproducción, metamorfosis y parásitos así como datos generales sobre su ecología (Collins, 1979; Falcón-Ordaz et al., 2014; Percino-Daniel et al., 2019; Palacios-Martínez et al., 2020; Contreras Calvario et al., 2021; Morales-García et al., 2021; Leyte-Manrique, 2023). Con respecto al estudio de su dieta hay algunos breves reportes, así como sugerencias de enriquecimiento de la dieta para organismos en cautiverio (Leyte-Manrique et al., 2015; López De la Rosa et al., 2023; Vázquez Silva et al., 2023).

Con este estudio se espera determinar la composición de la dieta de *A. velasci*, pues hay pocos datos sobre su ecología alimentaria y así no solo proporcionar nueva información sobre la biología de este anfibio, sino que además generar conocimiento sobre la red de interacciones que presenta la especie en su hábitat y el estado del mismo, así como brindar información sobre la dinámica de forrajeo de la especie, las principales presas, las variaciones en su dieta debido a la temporalidad, y en general al comportamiento alimentario en poblaciones naturales (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019a; Duré et al., 2021). Asimismo, esto resulta importante ya que la localidad de estudio se encuentra en una Reserva de la Biósfera, en donde es importante mantener un seguimiento y un mejor control y conservación de las áreas, y por lo tanto de las poblaciones naturales para la conservación de las especies (INECOL, 1999; Contreras Calvario et al., 2021).

ANTECEDENTES

El estudio de la historia natural de *A. velasci* es breve en comparación con algunos de sus congéneres, como lo es *A. mexicanum* que es un modelo de estudio fundamental para conocer la regeneración y es muy utilizado en el área de la biomedicina, al ser cercano genéticamente al humano y su facilidad de mantenerlo en cautiverio (Cruz Jiménez et al., 2020), mientras que *A. lermanense* es de las especies mayormente estudiadas en aspectos de parásitos como helmintos (Falcón-Ordaz et al., 2014).

Para *A. velasci* hay varias notas y reportes de la distribución de la especie, puesto que su amplia distribución es notoria respecto al resto de especies del género (SEMARNAT, 2018; Percino-Daniel et al., 2019). Existe información sobre características como cambios morfológicos entre clases de edad, en donde se analizó la madurez sexual de los organismos en etapa larvaria, y en el cual no se encontró relación entre la longitud hocico-cloaca (LHC) y el número de branquias (Collins, 1979), así como investigaciones para conocer cuáles son los factores transcripcionómicos que se involucran en la metamorfosis de este anfibio (Palacios-Martínez et al., 2020). Asimismo, se han realizado reportes de presencia de helmintos (Falcón-Ordaz et al., 2014), todo esto en cuanto a otros datos de su biología exceptuando a la dieta.

Algunos estudios y reportes de la dieta en el género *Ambystoma* han permitido dilucidar un panorama de cómo se conforma la dieta de estos organismos, así como las similitudes y diferencias que hay entre cada una de las especies. Sin embargo, en la mayoría de estas no hay estudios profundos acerca de la composición de su dieta, como es el caso de *A. amblycephalum*, *A. andersoni*, *A. bombypellum*, *A. granulosum*, *A. lermanense*, *A. marvortium*, *A. rosaceum*, *A. silvense*, *A. taylori* y en particular de *A. velasci*. En todas estas especies se ha sugerido que consumen invertebrados acuáticos de tamaño pequeño (SEMARNAT, 2018), esto por la asociación con los hábitos (acuáticos) y tipos de hábitats (lagunas,

presas, ríos) que presentan las especies, o en el caso de *A. granulosum* existe el registro de la dieta solo en cautiverio, donde por ejemplo en un estudio de Fuentes Barradas (2014), se determinaron los cambios ontogénicos y su relación con la dieta en esta especie.

En el caso de las especies para las que se cuenta con mayor información, se encuentra *A. altamirani*, en donde Lemos-Espinal et al. (2015a) describen la dieta de esta especie, la cual se compone principalmente de ostrácodos, gasterópodos así como de otros invertebrados. Para *A. dumerilii* en su etapa adulta se describe una dieta especialista, ya que únicamente se compone del decápodo *Cambarellus montezumae* (Huacuz-Elías, 2002). Según Santiago-Pérez et al. (2012) la dieta de *A. flavipiperatum*, se compone de insectos, así como de moluscos y lombrices, aunque no proporciona mucha información al respecto de las proporciones en las que son consumidas, así como de los detalles de obtención de estos datos. *A. leorae*, se alimenta de tricópteros y dípteros, así como de lombrices (Anellidae) (Vega-López y Álvarez, 1992). La especie bandera *A. mexicanum* tiene una dieta diversa en materia vegetal, además de crustáceos pequeños como anfípodos e isópodos, así como insectos (dípteros), anélidos (sanguijuelas), moluscos (caracoles) y peces pequeños (Zambrano et al., 2010).

Por su parte, en un estudio sobre la dieta de *A. ordinarium* se observó que presenta una dieta muy variada, compuesta por varios grupos de invertebrados como moluscos, anélidos, insectos, e incluso larvas de ranas, pero las categorías de presa con mayor dominancia son Chironomidae, dípteros y ostrácodos (Ruiz-Martínez et al. 2014). Este estudio revela más detalles acerca de cómo se compone la dieta de *A. ordinarium* pues utilizaron seis localidades con distinto grado de contaminación, así como el uso de índices de importancia relativa y de diversidad. En el caso de *A. rivulare*, Lemos-Espinal et al. (2015b) reportan el consumo de anélidos e invertebrados pequeños, principalmente ostrácodos, larvas de coleópteros y gasterópodos.

Para *A. velasci* no hay estudios de dieta sistemáticos o extensos, por el contrario, solo hay reportes aislados de consumo de invertebrados pequeños como ninfas de odonatos, peces y de consumo de organismos de su misma especie, lo que prueba el canibalismo en la especie (Leyte-Manrique et al., 2015; Leyte-Manrique, 2023). López De la Rosa et al. (2023) asegura que la dieta de esta especie es carnívora y por lo tanto la dieta en cautiverio puede ser suplementada vía el gusano de fango (*Tubifex* spp.), sin embargo la única evidencia que respalda esto es que, como se mencionó anteriormente, en la dieta de otros congéneres está registrado el consumo de anélidos, sin que se haya realizado un estudio para la especie.

Los estudios para saber la manera en que se pueden utilizar suplementos en la dieta de *A. velasci* para su cautiverio como los de López De la Rosa et al. (2023) y Vázquez Silva et al. (2023) podrían tener un mejor respaldo si se conociera antes la composición de esta en un ambiente silvestre. Esto para tener un preámbulo más claro de cómo obtiene su alimento y nutrientes, y saber así de qué manera influye en su ecología, así como de los enriquecimientos que se les pueda proporcionar en cautiverio que asemeje a su dieta en vida silvestre (García-Rosales et al., 2019).

Las investigaciones sobre la composición alimentaria en anfibios no son algo nuevo, ya que se han hecho múltiples estudios sobre todo enfocados en anuros (Duré et al., 2021; Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2017; Solé et al., 2005) los cuales permiten entender la ecología alimentaria a otros modelos de especie, además del cómo pueden llegar a sobreponerse cuando comparten un hábitat, y también ayudan a identificar el modo de forrajeo. Es decir, si son depredadores de búsqueda activa o de acecho y si hay diferencias en sus requerimientos nutricionales según sea la temporada del año, o época reproductiva (Biavati et al., 2004). Por otra parte, se ha encontrado en numerosos estudios que según el tamaño corporal o los cambios ontogénicos de los organismos, se pueden presentar cambios en la dieta de los anfibios, tal como las dimensiones de las presas respecto

a la mandíbula, la cantidad de alimento consumido por estación, o la proporción de presas respecto a las clases de edad (Maier et al., 2020).

Como se mencionó anteriormente, en los caudados existen pocos estudios sobre ecología alimentaria, y muchos de ellos solo reportan casos específicos o aislados, y son pocos en los cuales se hace un análisis profundo de la composición de la dieta, la temporalidad, la diferenciación por clases de edad y por sexos, como el realizado por Lemos-Espinal et al. (2015b) en *A. rivulare* en donde no se encontró cambios en la dieta con respecto al tamaño de los organismos. Sin embargo, el número de presas capturadas si lo hizo, en donde estos resultados se atribuyeron a la falta de presas de mayor tamaño para un cambio en la dieta entre clases de edad debido a que la población estudiada se encuentra en un cuerpo de agua contaminado por basura y cerca de viviendas humanas. Por otra parte, Maier et al. (2020) no encontraron diferencias en la dieta de *Salamandra salamandra*, a pesar de los cambios de temporadas que en consecuencia representa diferencias en la temperatura del ambiente y se puede ver reflejada en la abundancia de las presas; para *Rhyacotriton keze* (O'Donnell y Richart, 2012) se encontraron diferencias en las presas que consumen los adultos a diferencia de los juveniles, así como distintas dietas entre temporadas relacionadas con la abundancia de las presas.

Tanto en anuros como en caudados los estudios realizados para conocer la dieta de las especies y sus poblaciones han mostrado resultados importantes en el conocimiento de la historia natural. Sin embargo, tal como ocurre para muchas otras especies, es necesario realizar estudios en especies donde se desconoce aún esta información, y principalmente aquellas que se encuentran en categorías de conservación como *A. velasci*. En este sentido y en particular para *A. velasci*, conocer su ecología alimentaria ayudará a entender mejor aspectos de su ecología e historia de vida, así como aportar información sobre las categorías de presa que consume y el modo de obtención de las mismas, además del posible efecto de distintos factores tanto poblacionales (sexos, clases de edad) como ambientales (temporalidad). Esto aportará más información para la especie y el género, sobre

todo en describir y conocer su alimentación, pues la información es limitada, y con la información proporcionada se podría utilizar para la mejora y/o creación de planes de manejo y conservación para esta especie (Velarde Mendoza, 2012; Maier et al., 2020; Ávila Akerberg et al., 2021).

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar los hábitos alimentarios de *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

Objetivos específicos

- Determinar la dieta de los organismos capturados
- Identificar las categorías de presa consumidas.
- Determinar la amplitud de nicho alimentario para *A. velasci*.
- Analizar la amplitud y sobreposición de nicho alimentario entre sexos, clases de edad y temporadas.
- Estimar la relación entre el tamaño corporal vs volumen del contenido estomacal entre sexos, clases de edad y temporadas.

HIPÓTESIS

De acuerdo con lo reportado en otros caudados, la composición de la dieta en salamandras está conformada de manera general por macroinvertebrados acuáticos con consumo ocasional de vertebrados, o congéneres con diferencias mínimas entre la composición de la dieta entre edades y temporalidades. En el caso del género *Ambystoma*, se ha reportado que la dieta en general se compone por macroinvertebrados acuáticos, como pequeños crustáceos, dípteros, tricópteros y moluscos, y se han observado también diferencias mínimas en la composición de la dieta entre distintas clases de edad.

Por lo tanto, se espera encontrar que la dieta para *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de amoles, Querétaro, México esté conformada por macroinvertebrados acuáticos, esto como parte de su historia evolutiva, así como el consumo ocasional de vertebrados, además de poca variación de la composición de su nicho alimentario entre clases de edad, sexos y temporadas y una correlación entre el contenido estomacal y la LHC, todo esto en respuesta de los factores ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro. Se ubica al Noreste del estado de Querétaro, cerca de la cabecera del municipio de Pinal de Amoles (Fig. 3), siendo parte de la Sierra Madre Oriental (SMO). El tipo de vegetación es un bosque de pino-encino, y tiene formaciones geológicas de tipo calcáreas (calizas, lutitas) que proporcionan un ambiente geológicamente diverso gracias al sistema de fallas y cabalgaduras de la SMO, propiciando que tenga una fisiografía muy compleja, por lo que ríos, lagos, arroyos, pozas y riachuelos son fáciles de encontrar (INECOL, 1999).

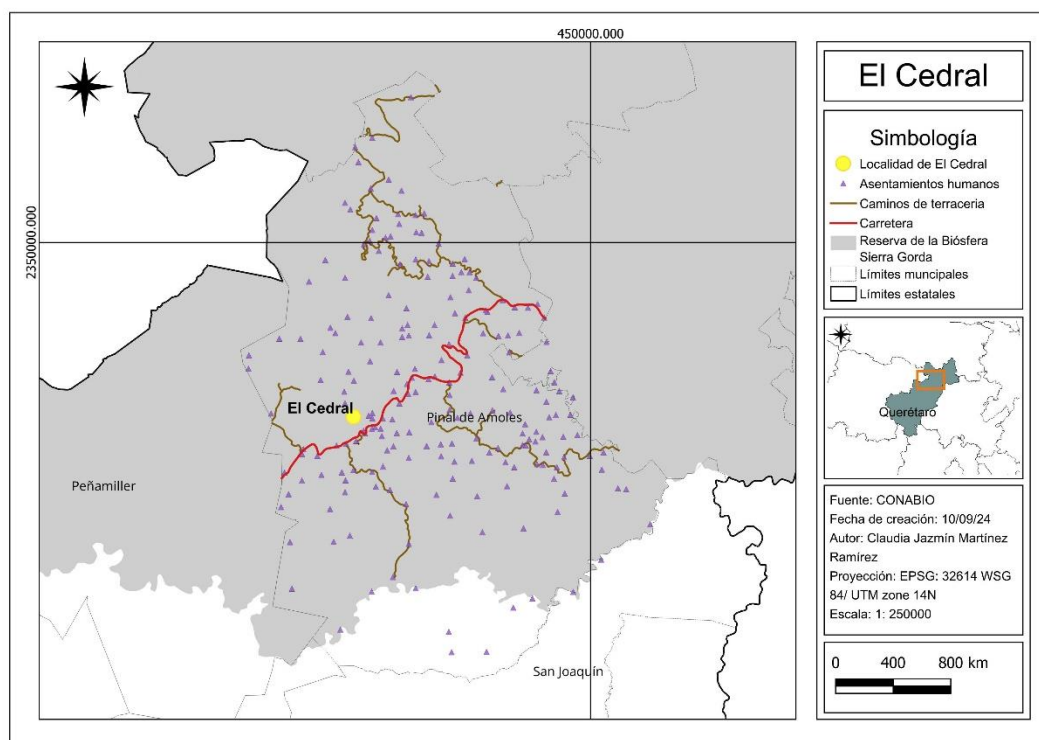


Figura 3. Mapa de la localidad de El Cedral en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda.

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano con rangos de precipitación entre 500-1100 mm y de temperatura de 12-24°C (INEGI, 2010). El área presenta una gran importancia como corredor biológico y alberga gran diversidad de flora y fauna (INECOL, 1999). El Cedral es una de las localidades más conservadas y protegidas en toda la reserva, debido a que es hábitat de *A. velasci*; sin embargo, en esta localidad se realizan actividades de esparcimiento y ecoturismo como campismo y caminatas guiadas. Aunado a esto, el lugar se encuentra resguardado y al cuidado de personal ejidal, así como personal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), lo que impide mayores afectaciones en el sitio (INECOL, 1999).

Localidad de muestreo y toma de datos

La toma de datos se realizó a 200 m del campamento principal de El Cedral, en las coordenadas: 21.140974 N, -99.6405 O a 2,200 msnm (Fig. 4a). Se llevó a cabo el muestreo en las distintas pozas del arroyo (Fig. 4b), entre marzo de 2023 hasta marzo de 2024 dividido en seis muestreos, con una separación temporal de entre 1.5 a 3 meses entre cada muestreo para poder contabilizar las diferencias entre temporadas. Las salidas se programaron de la siguiente manera: temporada de estiaje (marzo, abril, diciembre del 2023 y marzo del 2024), temporada de lluvias (julio y octubre del 2023), dándoles tiempo a los ajolotes de reposar y cumplir con sus actividades de manera normal (e. g. forrajeo, uso del microhábitat, reproducción).

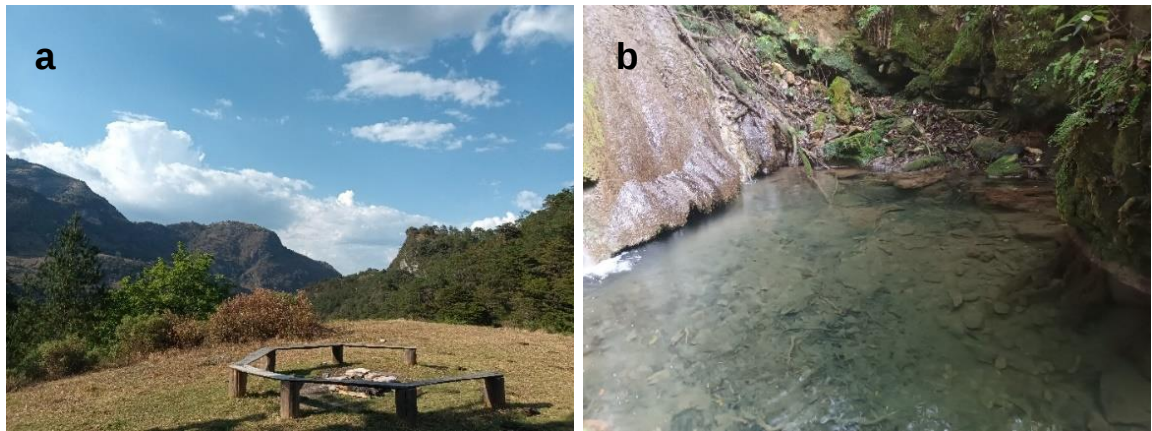


Figura 4. a) Área de camping, b) Pozas donde se encuentra *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

En cada muestreo se capturaron en lo posible la mayor cantidad de ajolotes por poza durante las 14.00 h a las 16:00 h, y debido a que las pozas tenían distinto tamaño y profundidad, la cantidad de ajolotes recolectados varió entre las mismas, con un promedio de 28 organismos por cada muestreo. Para la captura de los organismos, estos se sustrajeron del cuerpo de agua con redes de plástico, y se colocaron en cubetas donde previamente se vertió agua de las mismas pozas. Posteriormente se realizó el manejo de cada ejemplar con guantes de látex o nitrilo para evitar contaminar a los ejemplares o transmitir algún patógeno siempre procurando que el manejo fuese cuidadoso y reduciendo el estrés al ejemplar o causarle alguna lesión (Lemos-Espinal et al., 2015b).

Se tomaron medidas morfológicas para conocer el tamaño corporal de los organismos (Fig. 5), utilizando un calibrador digital, con una aproximación de ± 0.01 mm, y se consideraron las siguientes características: longitud hocico-cloaca (LHC), longitud de la cola (LC), longitud de cabeza (LoCa), ancho de cabeza (AC), longitud de antebrazo (LAn), longitud de brazo (LB), longitud de tibia (LT), longitud de fémur (LF) y distancia interaxial (DIA), procurando que las medidas fuesen tomadas del mismo lado (lado derecho en vista dorsal) y solo por una persona para reducir los errores de apreciación (Cruz-Elizalde et al., 2020b). El sexo se identificó mediante

la observación de la cloaca (si se encuentra con un gran abultamiento es macho, de no ser así se trata de una hembra) (Aguilar-Miguel et al., 2009). La clase de edad se definió con base a la LHC, teniendo una medida de ≥ 80.70 mm para hembras adultas y de ≤ 80.69 mm para hembras juveniles, en el caso de los machos adultos la LHC se estableció de ≥ 75.03 mm y para juveniles ≤ 75.02 mm (Cruz Elizalde com. pers., datos no publicados).



Figura 5. Toma de medidas morfológicas. a) Medición de longitud de cola, b) Medición de longitud de brazo.

Posterior a la toma de datos morfométricos, se realizó la colecta del contenido estomacal, mediante el lavado estomacal siguiendo la técnica propuesta por Solé et al. (2005). Este lavado se hizo en máximo 3 minutos después de capturar al ejemplar (es), de no lograr la extracción del material se colocaba en una de los contenedores con agua de la poza para no estresar más al organismo, después de unos minutos se reintentaba la técnica. Diversas técnicas se han generado para analizar los contenidos estomacales de los anfibios, como es el caso de la captura de organismos y sacrificio y extracción de su tracto digestivo para el análisis del contenido, o el uso de ejemplares de colecciones y con esto determinar la ecología alimentaria de los mismos (O'Donnell y Richart, 2012; García-Padrón, 2019; Duré

et al., 2021). Si bien la técnica del sacrificio del organismo asegura recolectar el contenido estomacal en su totalidad el lavado estomacal puede coleccionar del 90% al 100% de este, siendo una buena técnica para obtener una gran cantidad de datos sin afectar gravemente al organismo (García-Padrón, 2019). En este sentido, la elección del uso de técnicas que no involucren el sacrificio de ejemplares resulta un método eficiente para mantener las poblaciones sanas, además de obtener información de su historia natural, información que será útil para implementar mejores planes de manejo y de conservación para las especies, y en caso particular, para los grupos de anfibios que son de los vertebrados más amenazados (Duré et al., 2021).

Se consideraron algunas modificaciones respecto a la especie, el diámetro de la manguera se adecuó a la abertura bucal considerando el tamaño del ejemplar, para la colecta del contenido se le acomodó al organismo una manguera de venoclisis (plástico de grado médico) en el hocico, se utilizaron los diámetros de 4, 5 y 6 mm, siendo los tamaños más pequeños para los organismos de menor LHC y apertura bucal, y los más grandes para los organismos de mayor tamaño (tanto LHC como apertura bucal). Una vez colocada la manguera dentro de su cavidad bucal se posicionó al anfibio de manera que su cabeza estuviese encima de las bolsas de plástico en donde se recolectaría el contenido estomacal momentáneamente sosteniendo con firmeza. Con el apoyo de una segunda persona se llevó a cabo la inyección de agua proveniente de la poza (previa revisión de que no contuviera restos de materia orgánica) con una jeringa de 10 ml por el extremo de la manguera opuesto al que se encontrara en la boca del ajolote (Fig. 6).

Después de al menos tres inyecciones de agua se retiró la manguera, cuando el organismo expulsaba una gran cantidad de contenido estomacal se realizaron más inyecciones de agua para asegurar el retiro completo de este contenido, y una vez concluida esta parte se liberaba de manera momentánea al organismo en una de las cubetas con agua de poza, esperando a la finalización de todos los lavados para liberar de manera cuidadosa a todos los ajolotes para evitar pseudoréplicas.

Las muestras resultantes del lavado estomacal se mantuvieron en bolsas de plástico, y posteriormente se resguardaron en refrigeración lo más pronto posible. El muestreo, toma de datos, metodología y visitas a campo estuvieron respaldados por el permiso de colecta científica SGPA/DGV/S/00770/22 y el protocolo autorizado por el comité de bioética CEI/024-22 de la Universidad Autónoma de Querétaro.



Figura 6. Técnica de lavado estomacal para obtención de contenido estomacal.
(Fotografía por Erick Daniel Velasco Esquivel).

Filtrado e identificación de muestras

Las muestras se filtraron en el laboratorio con papel filtro para separar el contenido estomacal regurgitado. El material separado fue puesto en viales de 2 ml con alcohol etílico al 70% para su conservación y posterior revisión e identificación.

La identificación fue al nivel taxonómico de orden y otros taxones con menor presencia se dejó en clases o subfilos (García-Rosales et al., 2019), con el uso de microscopio estereoscopio (Fig. 7), claves dicotómicas y libros especializados para invertebrados, invertebrados acuáticos y arácnidos (Cummins y Merritt, 1996; Borror et al., 2002; Needham y Needham, 2002; Ubick et al., 2017). La confirmación para

presas de difícil identificación se realizó con la asesoría de expertos como fue el caso de los técnicos de la Colección Faunística de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (FCN-UAQ) y del Aracnario FCN-UAQ.

Durante la identificación del contenido estomacal se hizo una medición de todo el conjunto de la muestra midiendo largo, ancho y alto con ayuda de una hoja milimétrica. Posterior a esto se separó cada probable categoría de presa (CDP) identificando partes que indiquen que solo se trata de un individuo, por ejemplo: una cabeza es igual a un individuo, una cabeza y dos tórax es igual a dos individuos, numerosas patas solo indicarán si se trata de uno o varios individuos si se logran recolectar varios juegos (seis para insectos, ocho para arañas, etc.) (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2017; Cruz-Elizalde, et al., 2020a). Asimismo, a cada presa o fragmento de presa se le tomaron las medidas de largo y ancho para posteriores análisis.

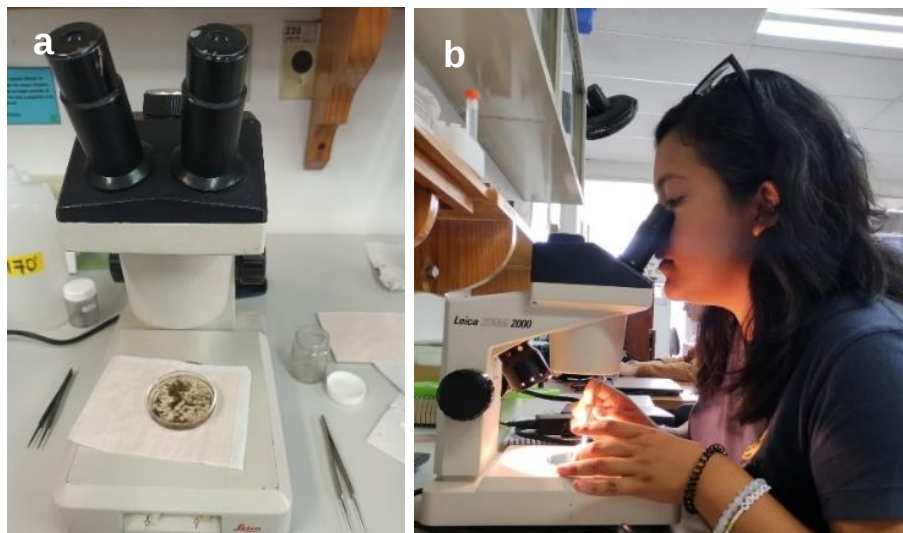


Figura 7. a) Equipo para identificación, b) Identificación de las muestras en laboratorio.

Análisis de datos

Las medidas tomadas para cada una de las presas (largo y ancho) fueron utilizados para estimar el volumen estomacal mediante la fórmula del elipsoide: $V = (4/3) \pi a^2 b$, donde a es la mitad del diámetro más corto y b es la mitad del diámetro más largo (Cruz-Elizalde et al., 2020b).

Para el análisis de dieta se calculó el índice de importancia relativa (IIR) por cada CDP consumida utilizando la siguiente fórmula: $I = (\%F + \%N + \%V)/3$; donde $\%F$ es el porcentaje de ocurrencia, $\%N$ el porcentaje numérico y $\%V$ el porcentaje volumétrico (Biavati et al., 2004). También se calculó la amplitud de nicho alimentario utilizando la fórmula estandarizada de Levins, la cual es la siguiente: $B_A = ((1/\sum p_i^2) - 1)/(N - 1)$, donde: p_i es la proporción (número de individuos) de cada CDP con respecto al total número de presas encontradas en cada grupo y N es el número de CDP en la dieta de los individuos (Hurlbert, 1978). Además, se calculó la superposición de dietas con el índice O_{jk} de Pianka (Pianka, 1973), el cual se calcula mediante la fórmula $O_{jk} = \sum p_{ij} p_{ik} / \sum p_i^2 j \sum p_i^2 k$, donde p_{ij} y p_{ik} son las proporciones numéricas del recurso i utilizado por grupo j y k , respectivamente.

El IIR, amplitud y superposición de nicho fueron calculados para la población, clases de edad y sexos, así como entre sexos y estaciones (lluvias y estiaje), por ejemplo: machos vs hembras. Los dos últimos índices se realizaron utilizando el software Ecological Methodology versión 6.1.1, mientras que la base de datos donde se recopilaron todos los datos se analizó en hojas de cálculo Excel (García-Rosales et al., 2019; Cruz-Elizalde et al., 2020b). Estos análisis determinan las diferencias en la composición de la dieta entre temporalidades, clases de edad y sexos, así como, si hay CDP que tengan un traslape de diversidad dietética (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019a; Maier et al., 2020).

A partir de los datos de volumen del contenido estomacal, este se correlacionó con la LHC de los organismos (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019a). Para esto, se analizó si los datos tenían una distribución normal, de tenerla

se utilizó un análisis de correlación de Pearson, de no ser el caso se empleó un análisis de correlación de Spearman con el Software Past 3.0 (Hammer et al., 2001) entre el volumen del contenido estomacal y la LHC de los organismos (Cruz-Elizalde et al, 2020b).

Para proporcionar un panorama de la información actual sobre la dieta en *Ambystoma* para México, se realizó una búsqueda bibliográfica del tema utilizando principalmente las referencias empleadas para el Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma spp* (SEMARNAT, 2018), complementándolo con una búsqueda en Google Académico durante el mes de mayo del 2024 con las palabras clave <diet *Ambystoma*> agregando el nombre de las especies que aparecen en SEMARNAT (2018) las cuales no tienen información acerca de su alimentación, un ejemplo de búsqueda fue “diet *Ambystoma andersoni*”. Solo se emplearon las fuentes que además de enlistar los grupos de la dieta, describiera la localidad de muestreo, la técnica usada y abundancia de las categorías de presa, descartando los trabajos en donde solo se describe la dieta de organismos en cautiverio o reportes de consumos individuales (como notas científicas), parte de esta se incluyó en la sección de antecedentes y se elaboró una base de datos para homogeneizar los datos de otras especies así como los obtenidos en este trabajo, por lo que algunas CDP se ampliaron o se redujeron. Se utilizó la abundancia de presas como evaluador ya que no todos los estudios proporcionaban información para conocer el IIR. Otros datos recopilados en esta tabla son la talla de los ejemplares muestreados, la localidad, el método de obtención del contenido estomacal y el número de organismos analizados.

Finalmente, en el programa iNext (Hsieh et al., 2016) se realizó una prueba de rarefacción de acumulación de CDP en contraste al número de presas analizadas de los estómagos de los ajolotes, comparando solo las especies que contaron con la información de abundancia en términos de organismos y no porcentajes o decimales, esto para conocer el esfuerzo de muestreo.

RESULTADOS

Determinación de categorías de presa y cálculo del índice de importancia relativa (IIR)

Se analizó el contenido estomacal de 167 ejemplares de *A. velasci*, de los cuales 15 estaban vacíos (8.98%, Fig. 8), mientras que en 74 (44.31%) si contenían material el cual no se logró identificar por la naturaleza de su degradación o por ser contenido vegetal, restando 78 contenidos estomacales (46.71%) con presas identificables. En los cuadros 1, 2 y 3 se presentan la cantidad de organismos muestreados y el porcentaje de los que presentaban contenido identificable. En total se encontraron 2,058 presas divididas en 27 categorías de presas (CDP), siendo los insectos el grupo con mayor CDP con 19 categorías (70.37%, Cuadro 4), los adultos muestreados fueron neoténicos (adultos con caracteres morfológicos de larvas).

Cuadro 1. Organismos muestreados y organismos con contenido identificable de *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México.

	Machos	Hembras	Estiaje	Lluvias	Adultos	Juveniles
Machos	0	—	19 (42.2%)	22 (57.9%)	29 (56.9%)	12 (37.5%)
Hembras	—	0	22 (38.3%)	15 (53.6%)	17 (56.7%)	20 (37%)
Estiaje	45	56	0	—	25 (55.6%)	16 (28.6%)
Lluvias	38	28	—	0	21 (58.3%)	16 (53.3%)
Adultos	51	30	45	36	0	—
Juveniles	32	54	56	30	—	0

Cuadro 2. Organismos muestreados y organismos con contenido identificable en hembras de *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México

Hembras	Estiaje	Lluvias	Adultos	Juveniles
Estiaje	0	—	13 (68.4%)	9 (24.32%)
Lluvias	—	0	4 (36.4%)	11 (64.7%)
Adultos	19	11	0	—
Juveniles	37	17	—	0

Cuadro 3. Organismos muestreados y organismos con contenido identificable en machos de *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México

Machos	Estiaje	Lluvias	Adultos	Juveniles
Estiaje	0	—	12 (45.1%)	7 (36.8%)
Lluvias	—	0	17 (68%)	5 (38.5%)
Adultos	26	25	0	—
Juveniles	19	13	—	0

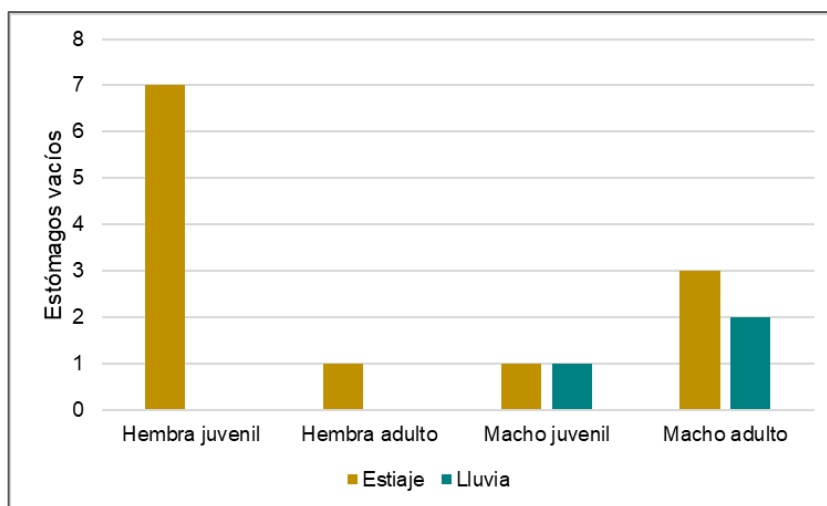


Figura 8. Número de estómagos vacíos de *Ambystoma velasci* en distintas temporadas de la localidad de El Cedral, Pinal de amoles, Querétaro, Qro.

De acuerdo con los estimadores usados para el cálculo del IIR encontramos que las tres CDP con mayor número de presas (N) son Ostracoda (1,443), larvas de Diptera (439) y pupas de Diptera (56). Este orden permanece para la frecuencia de ocurrencia (F) donde Ostracoda tiene 52, larvas de Diptera 48 y pupas de Diptera 24; esto cambia para las CDP con mayor volumen (V), donde en Ostracoda fue de 12,636 mm³, larvas de Diptera 7,187 mm³ y ninfas de Plecoptera 1,317 mm³ (Cuadro 4). Las dos categorías principales fueron los ostrácodos (IIR= 47.49%), seguidos de las larvas de Diptera (IIR= 23.55%) (Fig. 9a-b), y el resto de categorías presenta valores menores al 10%. En el caso de las pupas de Diptera el 96% pertenece a la familia Chironomidae (Fig. 9c). De las CDP registradas, destaca la presencia de un esqueleto no digerido de un anuro de la familia Hylidae, se le identificó por la forma en terminación de disco de los dedos, así como la proporción del esqueleto en contraste a las extremidades posteriores (Fig. 9d). También se detectó la presencia de materia vegetal, la cual tuvo una frecuencia de ocurrencia en 57 organismos (37.5% de los organismos con algún contenido) siendo mayoritariamente acículas de *Pinus spp.* circundantes a las pozas (Fig. 9e). Este material no se consideró para los análisis por las observaciones en la forma del forrajeo de los ajolotes, ni tampoco el material no identificable.

Cuadro 4. Categorías de presa de *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México. (A = Adulto, P = Pupa, N = Ninfa, L = Larva).

Categoría de presa	Abundancia (N)	N %	Frecuencia de ocurrencia (F)	F %	Volumen (V)	V %	Índice de Importancia Relativa (IIR)
Arachnida							
Araneae	8	0.4%	9	4.0%	853.1	3.3%	2.58%
Crustacea							
Ostracoda	1443	70.1%	52	23.0%	12636.0	49.4%	47.49%
Insecta							
Coleoptera A	4	0.2%	4	1.8%	43.5	0.2%	0.71%
Coleoptera L	8	0.4%	7	3.1%	622.0	2.4%	1.97%
Diptera A	5	0.2%	3	1.3%	110.5	0.4%	0.67%
Diptera L	439	21.3%	48	21.2%	7187.2	28.1%	23.55%
Diptera P	56	2.7%	24	10.6%	755.6	3.0%	5.43%
Ephemeroptera A	1	0.0%	1	0.4%	2.6	0.0%	0.17%
Ephemeroptera N	19	0.9%	13	5.8%	68.9	0.3%	2.31%
Hemiptera A	14	0.7%	9	4.0%	116.8	0.5%	1.71%
Hemiptera N	1	0.0%	1	0.4%	1.0	0.0%	0.17%
Hymenoptera A	7	0.3%	7	3.1%	63.1	0.2%	1.23%
Lepidoptera A	1	0.0%	1	0.4%	261.8	1.0%	0.50%
Lepidoptera L	4	0.2%	4	1.8%	161.3	0.6%	0.86%
Megaloptera A	1	0.0%	1	0.4%	0.7	0.0%	0.16%
Megaloptera L	5	0.2%	3	1.3%	136.5	0.5%	0.70%
Odonata N	19	0.9%	18	8.0%	742.5	2.9%	3.93%
Orthoptera A	1	0.0%	1	0.4%	3.1	0.0%	0.17%
Plecoptera A	1	0.0%	1	0.4%	10.5	0.0%	0.18%
Plecoptera N	9	0.4%	8	3.5%	1316.9	5.1%	3.04%
Trichoptera L	4	0.2%	3	1.3%	9.2	0.0%	0.52%
Collembola							
Entomobryomorpha A	1	0.0%	1	0.4%	1.0	0.0%	0.17%
Poduromorpha A	1	0.0%	1	0.4%	4.2	0.0%	0.17%
Siphonaptera A	1	0.0%	1	0.4%	1.6	0.0%	0.17%
Mollusca							
Bivalva	3	0.1%	3	1.3%	5.5	0.0%	0.50%
Gasteropoda	1	0.0%	1	0.4%	0.5	0.0%	0.16%
Amphibia							
Anura	1	0.0%	1	0.4%	469.1	1.8%	0.77%
Total	2058	100%	226	100%	25584.6	100%	100%

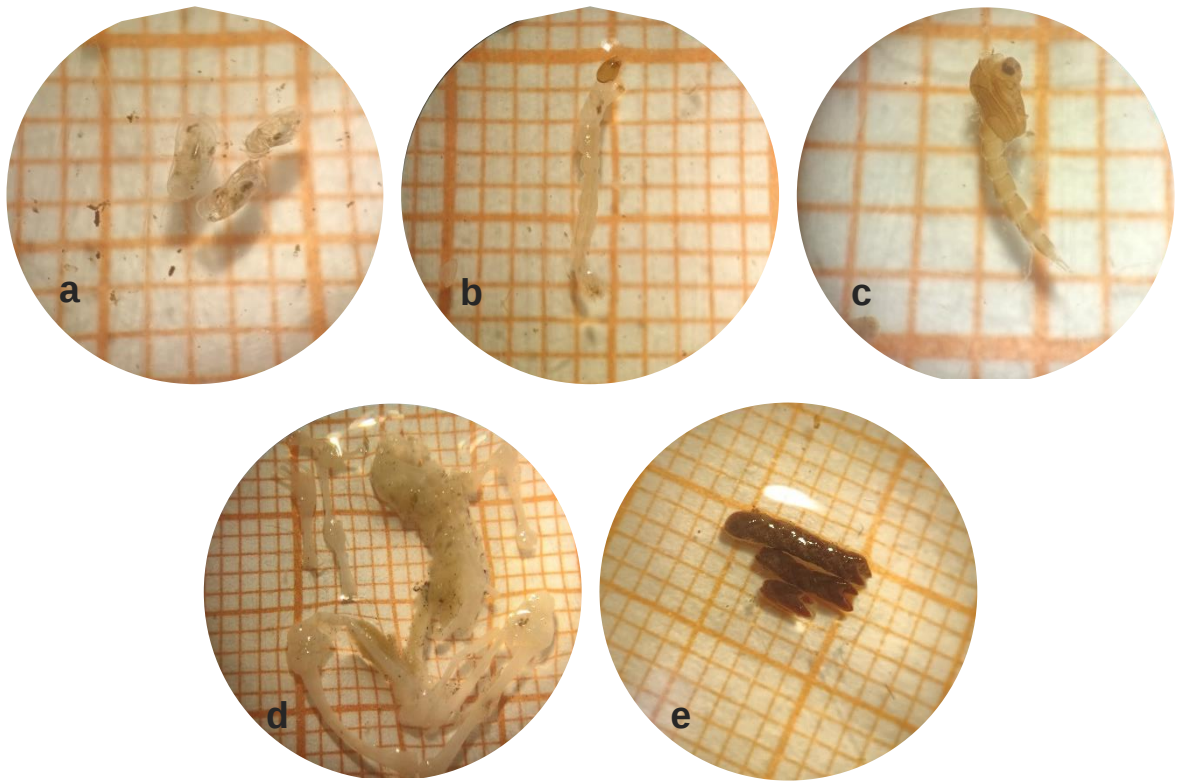


Figura 9. Ejemplos de presas consumidas por *Ambystoma velasci*. a) Ostrácodos, b) Larva de Diptera, c) Pupa de Diptera (Chironomidae), d) Anuro (Hylidae: posiblemente *Rheohyla miotympanum*), e) Material vegetal (acículas).

Composición de la dieta por sexos

En el caso de las hembras, de las 84 muestreadas solo en 37 hubo contenido identificable, el cual se categorizó en 22 de las 27 CDP para la población, siendo los ostrácodos y las larvas de Diptera los que tienen un mayor valor de IIR con 37.91% y 29.61%, respectivamente. En las categorías con un IIR menor de 1.5% se encuentran adultos de Diptera, larvas y adultos de Lepidoptera, adultos de Coleoptera, Bivalva, ninfas de Plecoptera, larvas de Megaloptera, adultos de Plecoptera, adultos de Orthoptera, larvas de Trichoptera, adultos de Siphonaptera, y adultos de Entomobryomorpha (Fig. 10).

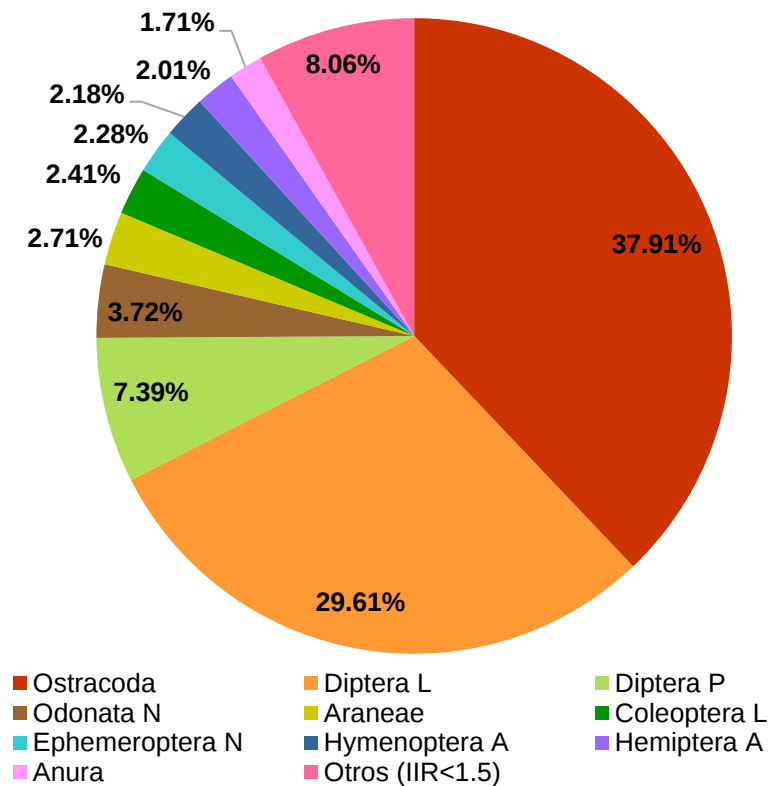


Figura 10. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para hembras de *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

Para los machos, de 83 individuos 41 mostraron contenido identificable, y presentan 20 de las 27 CDP encontradas en la población, siendo los ostrácodos (IIR= 55.40%) y las larvas de Diptera (IIR= 18.79%) los que presentan un mayor porcentaje. Las categorías con un porcentaje menor a 1% de IIR fueron larvas de Trichoptera, larvas de Lepidoptera, adultos de Coleoptera, adultos de Poduromorpha, adultos de Ephemeroptera, ninfas de Hemiptera, Bivalva, adultos de Megaloptera, Gasteropoda, y adultos de Hymenoptera (Fig. 11).

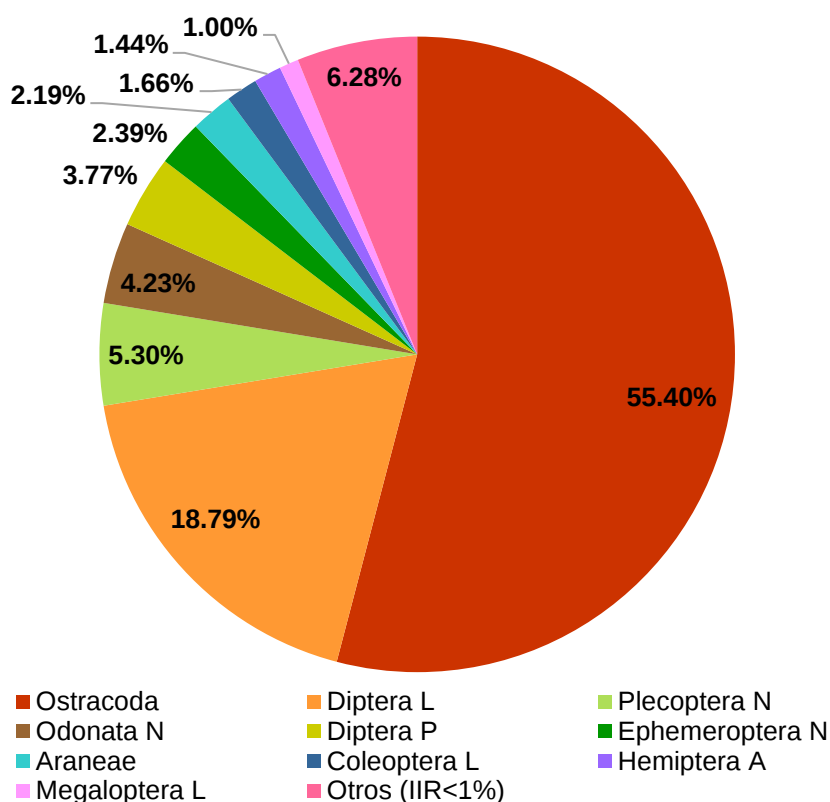


Figura 11. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para machos de *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

Composición de la dieta por clase de edad

En juveniles, de los 86 organismos analizados, 32 presentaban contenidos identificables. Se registraron 21 CDP, donde Ostracoda (60.98%) y larvas de Diptera (12.57%) presentaron los mayores valores de IIR. Respecto a las demás CDP, las categorías larvas de Lepidoptera, adultos de Diptera, larvas de Megaloptera, adultos de Coleoptera, Plecoptera, Poduromorpha, Siphonaptera y Entomobryomorpha, Bivalva, adultos de Megaloptera, y larvas de Trichoptera L tienen un valor menor de 1% de IIR (Fig. 12).

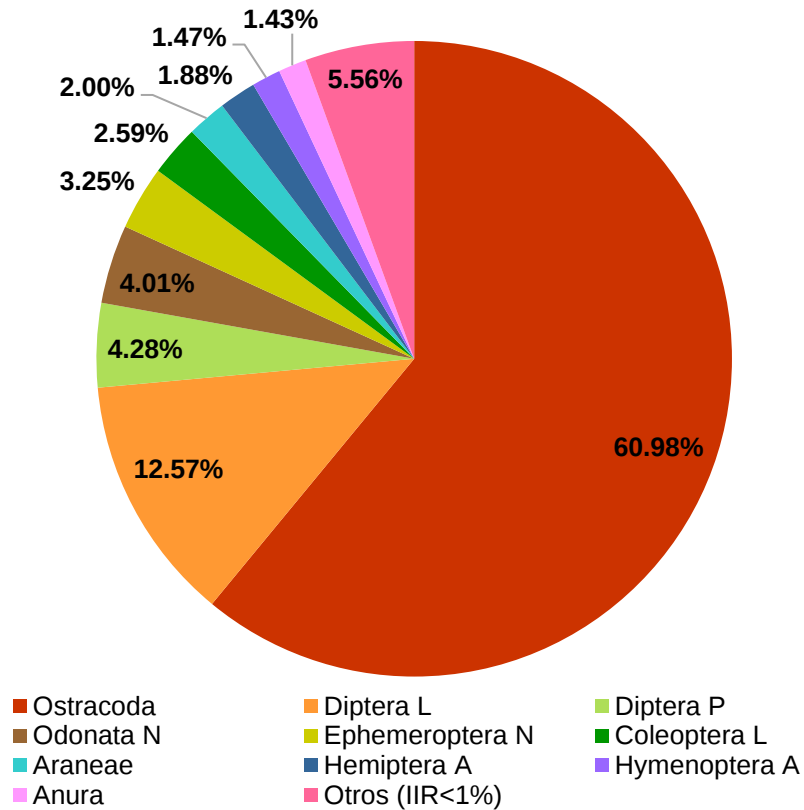


Figura 12. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para juveniles de *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

De 81 organismos adultos con contenido estomacal, 46 presentaban contenido identificable, con 21 CDP de las 27 reportadas para la población. Las CDP con mayor IIR fueron larvas de Diptera con un valor de 41.33% y Ostracoda con un 24.71%. En las categorías con un IIR menor de 1.5% se encuentran adultos de Hymenoptera, larvas de Lepidoptera, adultos de Coleoptera, larvas de Trichoptera y Megaloptera, Bivalva, adultos de Diptera, Orthoptera y Ephemeroptera, Gasteropoda, y ninfas de Hemiptera (Fig. 13).

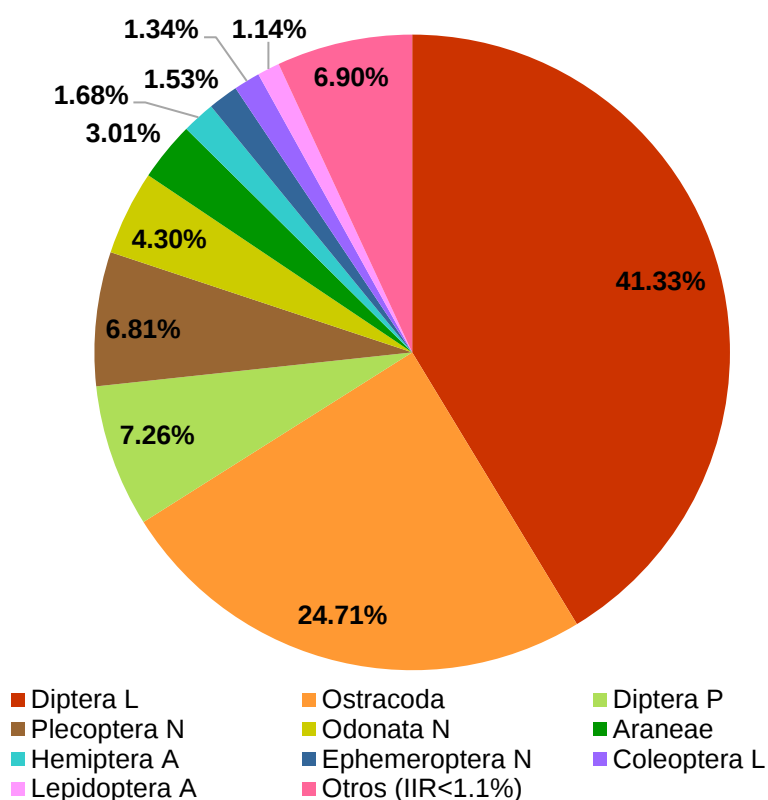


Figura 13. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para adultos de *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

Composición de la dieta por temporada

De 101 ejemplares muestreados en temporada de estiaje, 41 tenían contenido que se identificó y presentaron 22 de las 27 CDP de la población. Ostrácodos y larvas de Diptera fueron las categorías con mayor IIR (38.88% y 32.09%, respectivamente). Las CDP con IIR menor a 1.06% son Bivalva, adultos de Lepidoptera, Ephemeroptera y Coleoptera, larvas de Trichoptera, adultos de Diptera, larvas de Lepidoptera, adultos de Poduromorpha, de Orthoptera, Siphonaptera, Entomobryomorpha, y Megaloptera (Fig. 14).

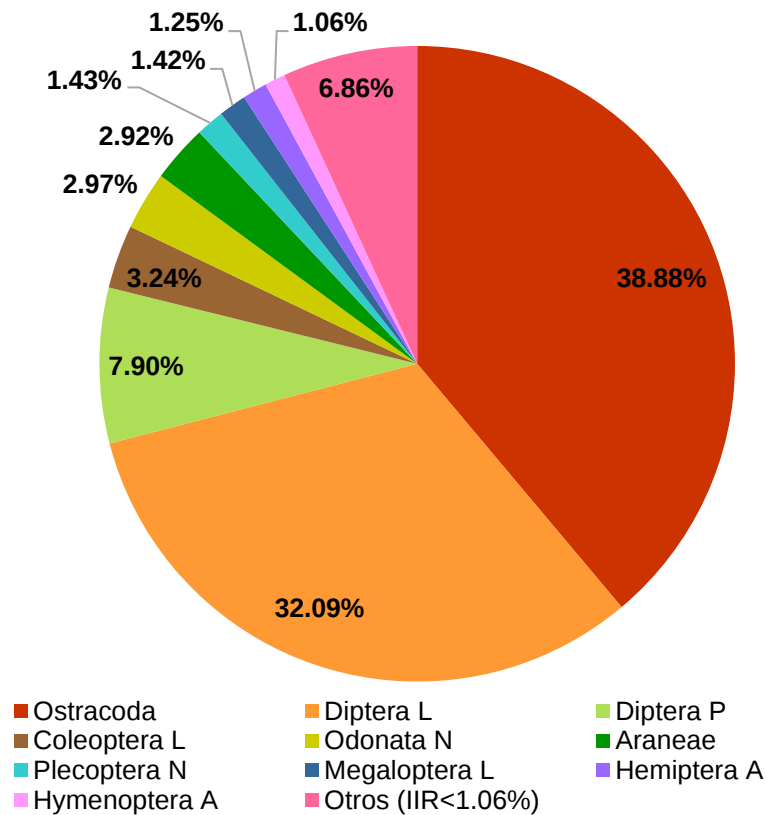


Figura 14. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para organismos muestreados durante las temporadas estiaje de *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

Los organismos colectados y revisados durante la época de lluvias fueron 66, de los cuales 37 contaban con contenido identificable, y presentaron 19 de las 27 CDP de la población, de igual forma los Ostrácodos y larvas de Diptera fueron las categorías con mayor IIR (54.87% y 15.55%, respectivamente). Las categorías con un IIR menor a 1.4% son larvas de Lepidoptera, adultos de Diptera, adultos y larvas de Coleoptera, larvas de Trichoptera, adultos de Plecoptera, adultos de Ephemeroptera, ninfas de Hemiptera, y Gasteropoda (Fig. 15).

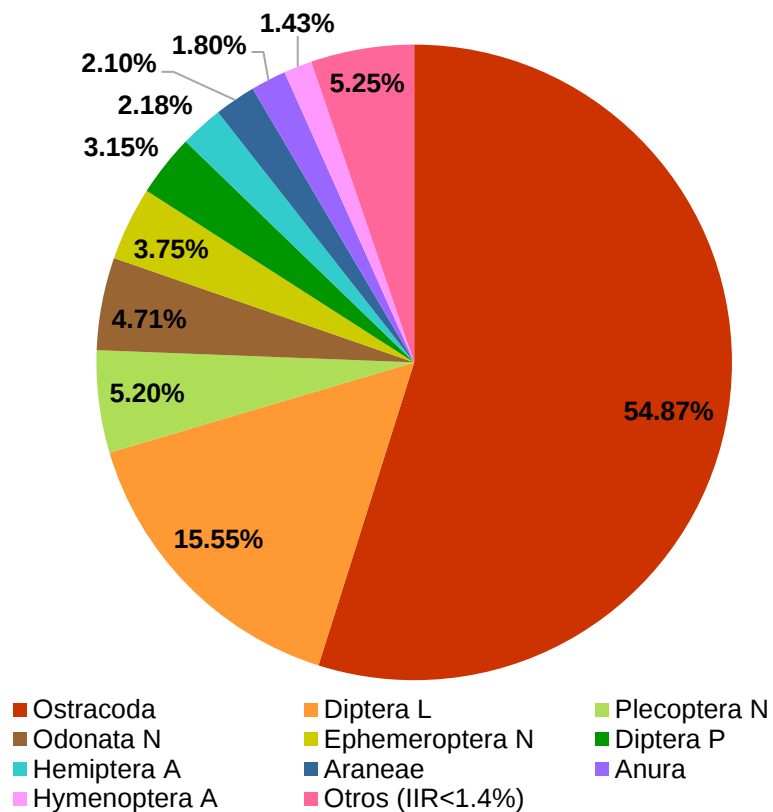


Figura 15. Porcentajes de Importancia relativa de las categorías de presa para organismos muestreados durante la temporada de lluvias de *Ambystoma velasci* en El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro.

Amplitud de nicho alimentario

Los valores del índice de Levins muestran un patrón donde solo unas cuantas CDP resultan importantes para la población, con un valor de amplitud igual a 0.032 (Cuadro 5). Del mismo modo, este patrón de valores bajos se repite para los grupos analizados (sexos, clases de edad, clases-temporadas, etc.) (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Amplitud de nicho alimentario para *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México.

Grupo	Valor de amplitud
Machos	0.033
Hembras	0.055
Estiaje	0.070
Lluvias	0.025
Adultos	0.080
Juveniles	0.018

Cuadro 6. Amplitud de nicho alimentario para machos y hembras de *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México

Grupo	Valor de amplitud por sexo	
	Machos	Hembras
Estiaje	0.062	0.087
Lluvias	0.037	0.027
Adultos	0.077	0.079
Juveniles	0.018	0.033
Adultos estiaje	0.140	0.092
Juveniles estiaje	0.031	0.165
Adultos lluvias	0.105	0.446
Juveniles lluvias	0.030	0.026

Análisis de la sobreposición de nicho alimentario

De manera general, los valores de sobreposición de nicho alimentario que se obtuvieron fueron altos, indicando una alta sobreposición de la dieta entre sexos, clases de edad, y temporadas, así como entre las combinaciones de estas categorías. Sólo se registraron valores bajos de sobreposición entre hembras de distintas temporadas y diferentes clases de edad (Cuadro 7).

Cuadro 7. Sobreposición de nicho alimentario entre distintas categorías de *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México.

Grupos	Sobreposición	Categorías de presa en común
Machos vs hembras	0.978	15
Estiaje vs lluvias	0.872	14
Adultos vs juveniles	0.708	14
Hembras estiaje vs lluvias	0.559	11
Hembras adultas vs juveniles	0.482	12
Machos estiaje vs lluvias	0.99	8
Machos adultos vs juveniles	0.91	11
	Juveniles vs Adultos	
Hembras estiaje	0.777	7
Hembras lluvias	0.875	4
Machos estiaje	0.897	7
Machos lluvias	0.921	6
	Estiaje vs Lluvias	
Hembras adultas	0.757	2
Hembras Juveniles	0.88	8
Machos adultos	0.997	6
Machos juveniles	0.999	5

Correlación entre tamaño del organismo y volumen de contenido estomacal

Los análisis de normalidad de datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk mostraron valores menores a $P < 0.001$, por lo que se realizaron con pruebas no paramétricas de correlación de Spearman. No se encontró una correlación entre el tamaño corporal (LHC) y el volumen del contenido estomacal para la totalidad de ejemplares analizados ($r = -0.058$, $P = 0.621$). Los valores de correlación de Spearman sobre la relación entre LHC y volumen del contenido estomacal de distintas categorías y subcategorías no muestran que exista una correlación entre estas variables (Cuadro 8), a excepción de los machos juveniles y los machos juveniles de temporada de Estiaje (Fig. 16).

Cuadro 8. Correlación entre tamaño corporal (LHC) y volumen del contenido estomacal de distintas categorías de *Ambystoma velasci* en la localidad de El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México.

Se resaltó con negritas los valores significativos.

	<i>r</i>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>		
Hembras	-0.223	0.197	Estiaje	-0.028	0.867	Juveniles	0.258	0.176		
Machos	0.142	0.403	Lluvias	-0.062	0.732	Adultos	0.022	0.885		
		<i>r</i>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>				
Hembras	Adultos	0.194	0.471	Estiaje	0.203	0.527				
				Lluvias	0.8	0.083				
	Juveniles	-0.146	0.552	Estiaje	0.333	0.389				
				Lluvias	-0.327	0.326				
	Estiaje	-0.082	0.731							
	Lluvias	-0.364	0.182							
Machos	Adultos	0.074	0.713	Estiaje	-0.007	0.983				
				Lluvias	0.347	0.205				
	Juveniles	0.767	0.021	Estiaje	0.786	0.048				
				Lluvias	0.5	1				
	Estiaje	0.111	0.652							
	Lluvias	0.326	0.187							

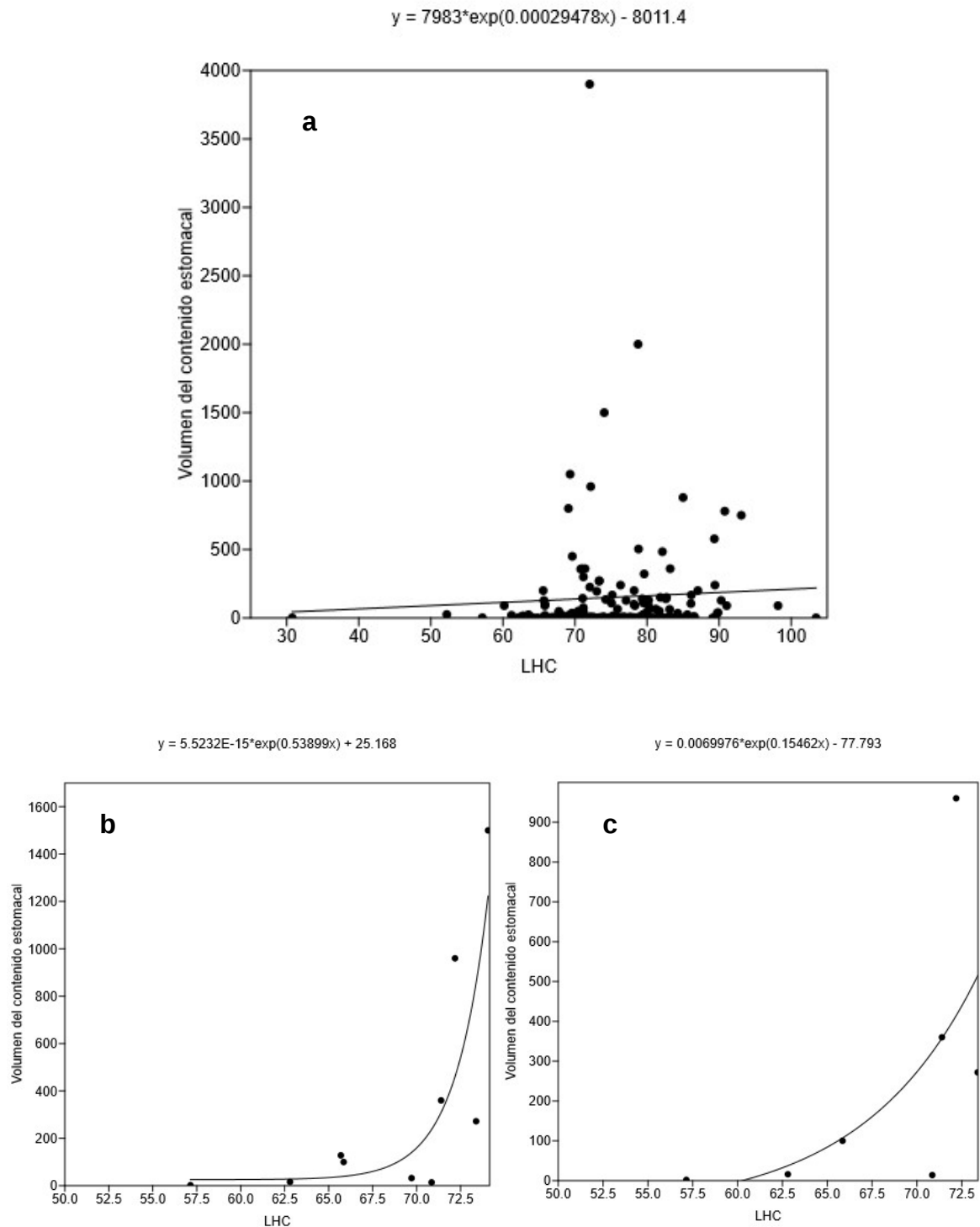


Figura 16. Correlación entre el tamaño corporal (LHC) y Volumen del contenido estomacal en *Ambystoma velasci*. a) Total de organismos b) Machos juveniles, c) Machos juveniles de temporada de estiaje.

Comparación y resumen de información de la dieta en *Ambystoma*

A partir de la revisión de literatura para la dieta de las especies del género, se observó que la técnica más usada es el lavado estomacal y la especie con mayor CDPs es *A. velasci* (Cuadro 9), considerando la información obtenida en el presente estudio. En general, la dieta de la mayoría de las especies está compuesta por invertebrados, destacando los pequeños crustáceos e insectos, pero existe distinciones entre las especies, como en *A. mexicanum* donde la materia vegetal es considerado un recurso alimentario y es más abundante que en todas la demás. En *A. leorae* las CDP principales son Trichoptera y Annelida; además se observó que *A. ordinarium* y *A. velasci* son más similares en la dieta entre ellas, que con respecto a otras spp. Asimismo, se observa la presencia de vertebrados como presas, de manera ocasional o poco frecuente (Cuadro 10), donde al final de entre todas las especies revisadas se catalogaron 29 CDP después de la homogenización.

En la curva de rarefacción que se elaboró se compararon las CDP de tres especies: *A. altamirani*, *A. rivulare* y *A. velasci*, en donde se encontró que *A. velasci* cuenta con una mayor cantidad de CDP, con un menor número de abundancia de presas respecto a las otras especies (Fig. 17).

Cuadro 9. Resumen de investigaciones sobre la composición de la dieta en especies del género *Ambystoma*.

Especie	Localidad	Estado	Latitud	Técnica	Estadio	No. De categoría de presa	N	Referencia
<i>A. altamirani</i>	Sierra de las cruces	Estado de México	18°59′	Lavado estomacal	Larvas	11	45	Lemos-Espinal, et al. (2015a)
<i>A. leorae</i>	Volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl	Ciudad de México	19°01′	Organismo sacrificado	Adultos metamorfoseados	3	4	Vega-López y Álvarez (1992)
<i>A. rivulare</i>	Nevado de Toluca	Estado de México	19°06′	Lavado estomacal	Larvas	7	60	Lemos-Espinal, et al. (2015b)
<i>A. mexicanum</i>	Xochimilco	Ciudad de México	19°17′	Lavado estomacal	Larvas	6	12	Zambrano et al. (2010)
<i>A. ordinarium</i>	Agua Zarca, Rio Grande y Lago Cuitzeo	Michoacán	19°20′	Lavado estomacal	Adultos metamorfoseados	17	288	Ruiz-Martínez et al. (2014)
<i>A. dumerilii</i>	Lago de Pátzcuaro	Michoacán	19°36′	Organismo sacrificado	Adultos metamorfoseados	1	27	Huacuz Elías (2002)
<i>A. velasci</i>	El Cedral	Querétaro	21°08′	Lavado estomacal	Larvas	18	167	Presente estudio

Cuadro 10. Categorías de presa y abundancia de presas para el género *Ambystoma*. Pequeños crustáceos incluyen a los órdenes: Ostracoda, Amphipoda, Cladocera y Copepoda

Categorías		Especie	<i>A. altamirani</i>	<i>A. leorae</i>	<i>A. rivulare</i>	<i>A. mexicanum</i>	<i>A. ordinarium</i>	<i>A. dumerilii</i>	<i>A. velasci</i> (Presente estudio)
Plantas			-	-	-	27.10	-	-	-
Algas filamentosas			-	-	-	8.68	-	-	-
Zooplankton			-	-	-	5.94	-	-	-
Annelida			0.07	26.66	0.03	-	0.15	-	-
Arachnida	Acari		0.63	-	0.30	-	0.03	-	-
	Aranae		0.10	-	-	-	-	-	0.44
	Scorpiones		-	-	-	-	0.04	-	-
Crustacea	Pequeños crustáceos		68.24	-	89.64	20.90	40.60	-	70.08
	Decapoda		-	-	-	-	-	100.00	-
	Isopoda		-	-	-	-	0.03	-	-
Insecta	Coleoptera		1.81	-	0.80	-	0.35	-	0.58
	Diptera		5.50	16.67	0.16	27.26	32.96	-	24.28
	Odonata		-	-	-	-	0.96	-	0.92
	Plecoptera		-	-	-	-	0.10	-	0.49
	Hemiptera		0.04	-	-	-	1.46	-	0.73
	Homoptera		-	-	-	-	0.07	-	-
	Megaloptera		-	-	-	-	0.03	-	0.29
	Lepidoptera		0.74	-	-	-	0.07	-	0.24
	Orthoptera		0.04	-	-	-	-	-	0.05
	Trichoptera		1.14	56.67	0.07	-	2.15	-	0.19
	Ephemoptera		-	-	-	-	19.45	-	0.97
	Hymenoptera		-	-	-	-	-	-	0.34
Entomobryomorpha			-	-	-	-	-	-	0.05
Poduromorpha			-	-	-	-	-	-	0.05
Siphonaptera			-	-	-	-	-	-	0.05
Mollusca			21.69	-	9.00	-	1.56	-	0.19
Peces			-	-	-	10.12	-	-	-
Anura	Larva		-	-	-	-	0.01	-	-
	Adulto		-	-	-	-	-	-	0.05
SUMA			100	100	100	100	100	100	100

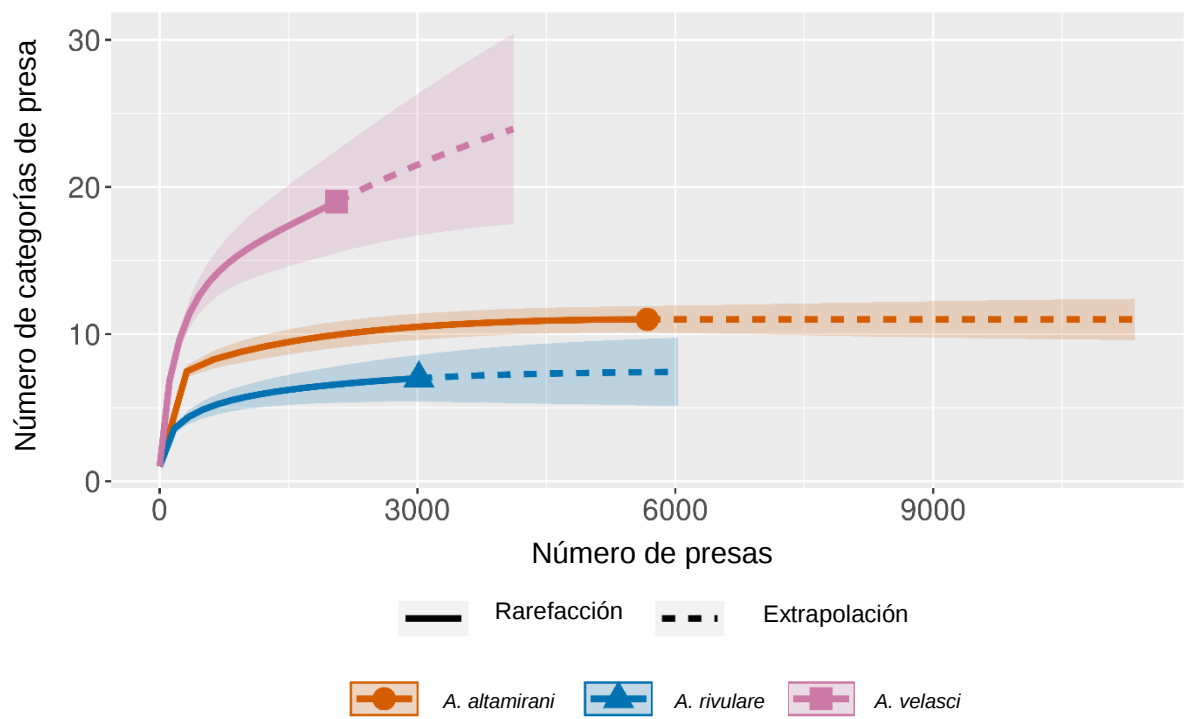


Figura 17. Curva de rarefacción de categorías de presa entre *Ambystoma altamirani*, *A. rivulare* y *A. velasci*.

DISCUSIÓN

Determinación de categorías de presa y cálculo de índice de importancia relativa (IIR)

Se han hecho estudios de ecología alimentaria en otras especies del género, como lo son los trabajos de Lemos-Espinal et al. (2015a y 2015b), donde se ha observado que ésta puede componerse principalmente de invertebrados acuáticos pequeños, sobre todo de crustáceos (Ruiz-Martínez et al., 2014), aunque también hay registro de consumo de vertebrados como peces y larvas de anuros (Zambrano et al., 2010; Ruiz-Martínez et al., 2014). En el caso de *A. velasci* lo previamente reportado se limita al registro de consumo de pequeños invertebrados, así como de organismos de la misma especie (Leyte-Manrique et al., 2015), y con el presente estudio esa información es complementada con el reporte de consumo de 27 CDP, para la especie.

Con respecto al porcentaje de estómagos vacíos (8.98%) que se encontró en esta localidad, puede estar relacionado con distintos aspectos, ya que según Lemos-Espinal et al. (2015a), estos pueden ser por la poca abundancia de recursos alimentarios del cuerpo de agua en donde se encuentran. Esto se relaciona con la temporalidad en donde se encontró la mayor cantidad de estómagos vacíos, la cual fue estiaje (Fig. 8), asociándose con la necesidad de los macroinvertebrados que componen su dieta dependen altamente del recurso hídrico para su ciclo de vida (Duellman y Trueb, 1986; Ruiz-Martínez et al., 2014); además de acuerdo con Leyte-Manrique (2023) *A. velasci* cuenta con mayor actividad durante la noche. El periodo de muestreo en el presente estudio fue de las 14:00 h a 19:00 h debido a la logística del proyecto, por lo que es posible que algunos de los organismos capturados no hayan tenido aún presas dentro de sus estómagos puesto que aún no capturaban a sus presas, o bien si contaban con contenido, no era identificable como fue el caso del 44.31% de los organismos, no obstante, se logró tener

organismos con presas identificables para cada subcategoría o división de las variables a analizar (Cuadros 1-3).

La composición de la dieta registrada en el presente estudio destaca por ser la de mayor cantidad de categorías de presa de las especies registradas para el género en México, incluso con la homogenización de las CDP para los estudios de ecología alimentaria que se realizó. *A. velasci* cuenta con 18 categorías de presa, mientras que las demás cuentan con una menor cantidad, esto puede estar influenciado por la menor cantidad de organismos que fueron muestreados, como *A. leorae* y *A. mexicanum* con una n menor a 20 y presentan menos de 10 CDP, o *A. altamirani*, *A. rivulare*, *A. dumerilii* con una n menor a 100 pero presentando 11, 7 y 1 CDP, respectivamente, o en el caso de *A. ordinarium* tiene una n de más de 100 individuos con respecto a *A. velasci* y cuenta con solo 17 CDP (Cuadro 9).

Las categorías con los valores más altos de IIR fueron los ostrácodos casi teniendo el 50% de IIR (47.49%), lo que coincide con la dieta de otras especies como *A. altamirani*, *A. rivulare* y *A. ordinarium* (Cuadro 10), en donde no importando incluso el nivel de disturbio en el que se encuentre el ecosistema de estos ajolotes, consumieron de manera recurrente ostrácodos (Lemos-Espinal et al., 2015b). La siguiente CDP fueron larvas de Diptera con un porcentaje de IIR menor (23.55%), la cual también es una categoría importante para el género (SEMARNAT, 2018), sin embargo existen distinciones con otras especies, como *A. dumerilii* que consume un decápodo de manera especializada siendo el 100% de su dieta (Huacuz Elías, 2002).

La tendencia en la dominancia de ostrácodos como CDP principal se mantuvo al analizar también los grupos de hembras, machos, juveniles, temporada de estiaje y lluvias. En los adultos esta tendencia se invirtió, teniendo a larvas de Diptera como la principal CDP, y el resto de categorías presentaron un valor menor al 10% de IIR (Cuadro 2). La prevalencia de Ostracoda y Diptera como las CDP con mayor IIR se puede deber a la diversidad y abundancia que tienen en el ecosistema (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019b), sin embargo, en este estudio no se

revisó la abundancia de las presas en el medio, por lo que no se podría indicar si el cambio en la dominancia es un efecto de la disponibilidad del recurso en el ambiente.

Otras de las CDP que destacan para *A. velasci* es el anuro adulto que se registró, el cual, por las características de su esqueleto (como los dedos en forma de disco), hábitat y registros de la especie en la localidad (Cruz-Elizalde et al., 2023) posiblemente se trata de un miembro de la familia Hylidae (Fig. 9d). El consumo de vertebrados ha sido poco registrado para el género en México, y como en el caso de *A. mexicanum* y *A. ordinarium* (Zambrano et al., 2010; Ruiz-Martínez et al., 2014) también hay registros de anurofagia por parte de *A. tigrinum* (Waye et al., 2016), especie a la cual pertenecía *A. velasci* previo a diferenciarlas como especies distintas. La baja frecuencia de la captura de estas presas puede ser debido a la dificultad de tragar presas de mayor tamaño, lo que puede ser limitado por la abertura bucal (Toledo et al., 2007), o también se puede discutir que los dientes en *Ambystoma* son más pequeños y menos filosos (SEMARNAT, 2018) a comparación de otras salamandras que consumen de manera regular vertebrados como es el caso de *Amphiuma means* (Mitchell, 2013), que además de tener dientes filosos cuenta con la técnica de atrapar y rotarse rápidamente para poder obtener un trozo de su presa, comportamiento que no ha sido observado en especies del género *Ambystoma*.

Si bien en muchos estudios se ha comprobado que con la ingesta de vertebrados y de invertebrados el crecimiento aumenta y/o el estadio larvario se reduce (se acelera la metamorfosis), hay poca información respecto a cuál es el aporte nutrimental que estos grupos ofrecen a sus predadores (Pryor, 2014). La información existente indica que las presas más comunes para los caudados (como la familia Chironomidae) tienen un alto contenido en grasas y aminoácidos, pero deficiencias en otros nutrientes como el calcio, por lo que complementar la dieta con presas, como vertebrados, ayudaría a evitar deficiencias nutrimentales (McWilliams, 2008).

En este sentido, se sugiere que el consumo de vertebrados se limita para presas con un tamaño pequeño, lo que facilita que organismos como larvas y juveniles de rana y pequeños peces puedan ser ingeridos de manera ocasional (Leyte-Manrique, 2023). Este tipo de presas puede aportar un mayor valor nutricional (Toledo et al., 2007), sin embargo, al registrarse un bajo número de presas en el estudio, puede ser debido a la alta capacidad de evasión de renacuajos o anuros, por lo que la mayor parte de la dieta de *A. velasci* está compuesta por invertebrados (Lemos-Espinal et al., 2015; Waye et al., 2016). Esto se corrobora con los valores de IIR registrados, ya que la mayoría de sus categorías las componen el grupo de insectos y la CDP con mayor IIR son los crustáceos (ostrácodos). Esto determina que la dieta de la especie está basada principalmente en invertebrados, con consumo ocasional de vertebrados, por lo que *A. velasci* tiene una dieta especialista y se ajusta al patrón del consumo de pequeños invertebrados como otras especies de salamandras de arroyo (Ruiz-Martínez et al., 2014).

Los estudios donde se analiza la composición de la dieta en diversos grupos de anfibios emplean la captura de ejemplares de vida silvestre, así como el uso de ejemplares de colecciones científicas (McWilliams y Bachmann, 1989; Santos et al., 2004). El método de captura directa y sacrificio de ejemplares afecta directamente a las poblaciones, por lo que la aplicación de técnicas que no requieran el sacrificio de ejemplares es idónea para conocer aspectos de la ecología de las especies. En este sentido, la técnica de lavado estomacal (Solé et al., 2005) resultó ser un buen método de colecta de contenido, dado que no se llevó a cabo ningún sacrificio de los organismos, y posterior a la toma de datos no hubo ningún deceso de los ajolotes muestreados, siendo esta una buena técnica para evitar el sacrificio de especies en peligro de extinción, pero que necesitan investigaciones para conocer su historia de vida, por lo que se sugiere seguir usando esta técnica para el estudio de la dieta en ajolotes (Duré et al., 2021).

Composición y comparación de la dieta por sexos

Hasta el momento no hay información de estudios en donde se analice y describa el análisis de las diferencias de la dieta entre hembras y machos para *A. velasci*, así como para el género a diferencia de lo que ocurre en otros grupos de anfibios como anuros (Sugai et al., 2012). En el presente estudio se encontró que la dieta de estos organismos cuando es comparada por sexos presenta pocas discrepancias. Las hembras presentan 22 de las 27 CDP disponibles, siendo Ostrácodos y larvas de Diptera las principales categorías. Mientras que los machos presentaron un número de CDP similar con 20, y de igual forma las dos categorías con mayor IIR fueron Ostrácodos y larvas de Diptera.

Observando la composición de la dieta entre sexos las diferencias son mínimas, comparten una amplitud (B) similar (0.055 Hembras, 0.033 Machos) por lo que en ambos sexos las dietas son estrechas y pueden estar inclinadas a consumir cierto tipo de presas, y ocasionalmente complementan su dieta con otras CDP (Lemos-Espinal et al., 2015a; Cruz-Elizalde et al., 2020b) (Cuadro 5). Con respecto a su sobreposición el valor es cercano a 1 (0.978) lo que significa que la dieta entre estas dos categorías es muy similar (Cuadro 7). La ausencia de diferencias entre sexos se puede explicar por la similitud en los sitios de ocupación como lo son las pozas, ya que presentan el mismo hábitat y la disponibilidad del recurso alimento en el ambiente es similar, como sucede en juveniles y adultos de otros ambystomátidos que de igual forma comparten hábitat y recurso alimentario (Lemos-Espinal et al., 2015). Asimismo, la poca vagilidad y la ausencia de movimiento fuera de las pozas al mantener un estadio de larva constante, a pesar de ser reproductivamente maduros (Cruz-Elizalde, obs. pers.), limitan las áreas de forrajeo, incrementan la competencia entre individuos, y el acceso solo a las presas disponibles en las pozas.

De igual forma, esto se puede observar con la falta de correlación entre la LHC y el volumen de contenido estomacal en machos ($r= 0.142$, $P= 0.403$) y

hembras ($r = -0.223$, $P = 0.197$) (Cuadro 8), sugiriendo que además no se encuentra un efecto de la tamaño corporal sobre el volumen del contenido estomacal en los ejemplares, y que entre sexos no existe diferencia en la dieta con respecto a su tamaño como ocurre en otros anfibios como los anuros (Ganci et al., 2018; Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019b).

Composición y comparación de la dieta por clase de edad

La composición de la dieta puede diferir entre clases de edad, esto ante la necesidad de destinar más energía al crecimiento y supervivencia en etapa de crías-juveniles, que a la de madurez y reproducción en adultos (Rodrigues Da Silva y de Cerqueira Rossa-Ferres, 2010; Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019b). Esta variación en la composición de la dieta entre clases de edad no ha sido analizada para especies del género *Ambystoma*, y aún menos para *A. velasci*.

En el caso de los adultos el porcentaje de estómagos con contenido identificado fue de 56.80% y este contenido se encuentra clasificado en 21 de las 27 CDP, las dos categorías con mayor IIR a 10% son larvas de Diptera y Ostrácodos. En los juveniles el porcentaje de estómagos con contenido identificable es menor en casi 20% (37.21%), con 21 CDP, las dos categorías con mayor IIR a 10% son Ostrácodos y larvas de Diptera. Cuando se analiza la amplitud de nicho alimentario, se observa que los juveniles y adultos tienen amplitudes similares, con 0.018 y 0.080, respectivamente. Sin embargo, al igual que entre sexos, esta amplitud indica una dieta estrecha, consumiendo el mismo número de CDP, pero en diferente preferencia (Hernández-Austria et al., 2019), como es el caso de larvas de mosquitos y crustáceos, donde los adultos tienen una mayor preferencia sobre las larvas de dípteros que por ostrácodos, siendo opuesto en los juveniles (Fig. 12 y 13).

La sobreposición que existe entre estas categorías es de $Ojk = 0.708$ compartiendo 14 de sus 27 CDP (Cuadro 7), si bien no es elevada como ocurre entre sexos, los valores de IIR y la composición por clase de edad indica que juveniles prefieren presas como ostrácodos, dípteros (larvas y ninfas), larvas de coleópteros y ninfas de Odonata y Ephemeroptera, que posiblemente son más sencillos de atrapar por su motilidad baja (ostrácodos, larvas de dípteros y coleópteros) o son más fáciles de digerir (estadios de larva y ninfa) como se ha observado en otras especies de anfibios como *S. salamandra* (Costa et al., 2017).

Por su parte, en adultos si bien presentan un mayor consumo de larvas de dípteros que de ostrácodos, de las categorías con mayor IIR se encuentran Aranae y ninfas de Plecoptera, que inclusive presentan una mayor cantidad de quitina a digerir, por lo que es adecuado pensar que exista la presencia de estas CDP solo en adultos (Holomuzki y Collins, 1987; Costa et al., 2017). En cuanto a las CDP principales, la inversión de la preferencia entre larvas de dípteros y ostrácodos puede estar relacionada por la preferencia que tienen los organismos pequeños de salamandras por una presa de menor tamaño y motilidad, o que hace que sea fácil atraparlos, a comparación de los adultos (de mayor tamaño) que prefieren presas de más grandes, sin embargo se necesitan más estudios de elección de presas en donde también se toma en cuenta la abundancia disponible de las presas así como el comportamiento de los organismos (Sarma et al., 2017).

Al comparar la dieta entre clases de edad, en la información disponible para el género *Ambystoma* no hay datos para muchas de las especies presentes en México (Holomuzki y Collins, 1987; McWilliams y Bachmann, 1989), puesto que no en todos los estudios en donde se ha revisado la ecología alimentaria se han utilizado adultos y juveniles, algunos solo emplean adultos o no indagan más sobre las diferencias en clases de edad (Cuadro 9). Esto puede ser por la dificultad de muestrear a organismos tan pequeños mediante el método de lavado estomacal sin correr el riesgo de sacrificarlos (Solé et al., 2005; Lemos-Espinal et al, 2015a), o la falta de tamaños poblacionales adecuados, ya que el estrés o cambios metamórficos de larvas a adultos puede ocurrir en tiempos breves para el desplazamiento de individuos a nuevas áreas de ocupación, limitando la ocurrencia de juveniles y aumentando la de adultos (Lemos-Espinal et al, 2015a). Uno de los principales métodos para diferenciar entre un adulto y un juvenil es el tamaño (Aguilar-Miguel et al., 2009; Leyte-Manrique, 2023); por ello, se esperaba encontrar diferencia con respecto al tamaño corporal, sin embargo, no se comprobó con la correlación del tamaño de los organismos con respecto al volumen de su contenido

estomacal, ni para juveniles ($r= 0.258$, $P= 0.175$), ni para adultos ($r= -0.022$, $P= 0.885$) (Cuadro 8).

Esto pasa de manera similar con la información que hay en otros caudados como en *Rhyacotriton kezeri*, que a pesar de ser una salamandra acuática en etapa larval y después de la metamorfosis los adultos son altamente acuáticos, las dietas sí difieren, presentando diferentes roles en el ecosistema (O'Donnell y Richart, 2012). Otro ejemplo corresponde a *Bolitoglossa cf. pandi* en donde también existen diferencias entre las dietas de juveniles y adultos, puesto que tienden a consumir ciertas CDP según su LHC que está relacionado con el tamaño de presa (Del Río-García et al., 2014). Para *A. velasci* no se encontró una relación entre la LHC y el volumen del contenido estomacal, lo que coincide con lo reportado para *A. rivulare*, en donde tampoco se encuentran diferencias según el tamaño de los organismos (Lemos-Espinal et al., 2015b). En este mismo trabajo se menciona que esto también sucede en otras especies de *Ambystoma*, como *A. tigrinum*, *A. jeffersoniano* y *A. talpoideum*.

Estos resultados difieren de lo que se ha encontrado en varias especies de caudados: entre más grande es el organismo, mayor es el tamaño de sus presas pero menor el número de estas, y entre menor tamaño corporal presenta, consume una mayor cantidad de organismos pequeños (Vignoli et al., 2017). Para analizar el efecto o explicación de la falta de correlación entre el tamaño corporal y volumen de contenido consumido, es necesario realizar un análisis a detalle de la correlación entre LHC y mediadas mandibulares o número de organismos consumidos que proporcione una mayor claridad de cómo funciona la competencia interespecífica por el recurso alimentario en esta población (Stellati et al., 2021). Esto es necesario ya que en términos generales hay una alta sobreposición del nicho alimentario que parece no afectar a la población, y los factores revisados en este trabajo no develan la existencia de un mecanismo con el que se regule una posible competencia por los recursos alimentarios.

En *A. velasci* hay diferencias en la composición de la dieta, pero no de manera contrastante, por lo que se puede sugerir que el rol en el ecosistema de cada sexo y clase de edad es similar (Lemos-Espinal et al., 2015b), ya que en la localidad de El Cedral solo se encontró un organismo metamorfoseado, estando la mayoría en estadio larval restringiendo a vivir en el mismo medio acuático tanto juveniles como adultos, probablemente, compartiendo roles ecológicos. Por ejemplo, el organismo juvenil muestreado con la LHC más pequeña fue de 30.6 mm (sin contenido), y de 57.14 mm el organismo más chico muestreado con contenido identificable, además del más grande con 103.45 mm. Esto sugiere que las larvas de menor tamaño tienen menor motilidad y por lo tanto, menor capacidad para poder capturar presas que se desplacen fácilmente (como dípteros) (Duellman y Trueb, 1986). Para reforzar la información generada es necesario realizar estudios para analizar la composición de la dieta entre distintas etapas de estadios larvales, así como del uso de recursos como microhábitats, sitios de forrajeo, entre otros.

Composición y comparación de la dieta por temporada

En la población de *A. velasci* analizada, en la temporada de estiaje se encontró un porcentaje de organismos con contenido identificable de 40.59%. En temporada de lluvias el porcentaje de estómagos con presas fue mayor, con 56.06%; para ambas temporadas, las dos categorías con mayor IIR fueron Ostrácodos y larvas de Diptera. La amplitud para estas categorías es baja de acuerdo con el índice de Levins, lo que indica que su dieta es estrecha, con valores en estiaje de 0.070, y para lluvias de 0.025 (Lemos-Espinal et al. 2015) (Cuadro 5). Con respecto a su sobreposición el índice de Pianka revela que comparten entre 80% a 90% de su dieta ($O_{jk} = 0.872$) con 14 categorías compartidas entre sí, que es mayor de lo reportado entre clases de edad, pero menor de lo que se comparte entre sexos (Cuadro 7). Por último la correlación entre LHC y volumen del contenido estomacal tampoco parece mostrar estar relacionadas intrínsecamente; para temporada de estiaje $r = -0.028$, $P = 0.867$, y temporada de lluvias $r = -0.062$, $P = 0.732$ (Cuadro 8) por lo tanto, entre estas categorías tampoco parece mostrar relevancia en la composición de su dieta, pues los valores de P no son significativos (Cruz-Elizalde, et al., 2020b).

Para *A. velasci* se observan pocas diferencias entre temporadas, la sobreposición es alta y en época de estiaje se encontraron más estómagos vacíos (Fig. 8) este fenómeno probablemente se relacione por la reducción de la abundancia del alimento que es dependiente de la presencia de agua por tratarse de macroinvertebrados acuáticos, mayoritariamente (Ruiz-Martínez et al., 2014). Como lo menciona Leyte-Manrique (2023) esta especie presenta dos ciclos que son importantes para su reproducción (estiaje y lluvias), esto indicado por la presencia de adultos reproductivos y de puestas, en la localidad de El Cedral, durante los meses de marzo de ambos años se observó la presencia de larvas en sus primeros estadios (~10-25 mm para la LHC), así como la observación de semen en la cloaca de un macho durante el mes de diciembre de 2023, esto es relevante porque la

reproducción es uno de los factores que puede influir en la obtención de recursos, al asignar energía para la producción y maduración de folículos en hembras, maduración y producción de espermatozoides en machos, así como el crecimiento de las larvas (Holomuzki y Collins, 1987; Edwards et al., 2013).

En el caso de otros caudados como *Bolitoglossa cf. pandi*, la composición entre temporadas cambia pues está relacionada a la abundancia de sus presas en el ambiente; además, si bien en todos los estómagos analizados encontraron al menos una presa el porcentaje de contenido sí cambió, siendo mayor en temporada de lluvias y menor en temporada de estiaje, pues la abundancia de sus presas también disminuyó (Del Río-García et al., 2014). En *A. velasci* se esperaba encontrar algo parecido, pues algunos de los reportes previos de su dieta indican que se componen de invertebrados, los cuales tienen un ciclo de vida muy marcado o son dependientes del recurso hídrico para su supervivencia, y las diferencias podrían ser más marcadas (O'Donnell y Richart, 2012; Ruiz-Martínez et al., 2014; Leyte-Manrique et al., 2015; Leyte-Manrique, 2023), como ocurre con otros grupos biológicos (García-Rosales et al., 2019). Sin embargo, entre temporadas se observó que comparten casi el 90% de su dieta y las presas con mayor IIR no tienen diferencias marcadas indicando que hay disponibilidad de éstas durante todo el año, manteniendo la amplitud estrecha en ambas temporadas, por lo que la dieta queda con una composición similar.

Es necesario además de analizar la dieta de los ejemplares, analizar la disponibilidad del recurso alimento en el ambiente, ya que es el mejor indicativo de ver la proporción y acceso de consumo de presas en los sitios donde ocurren las poblaciones (Costa et al., 2017; Ganci et al., 2018) .

Determinación de la amplitud de nicho alimentario

Si bien anteriormente se explicó cuál es el resultado general de la amplitud de la dieta en la población así como si existe o no diferencias entre sexos, clases de edad y temporadas, aquí se discute los resultados obtenidos de la amplitud del nicho alimentario en distintas subcategorías. La mayoría de estas subcategorías presentan una amplitud menor a 0.2, lo que se asocia con una dieta estrecha, a excepción de las hembras adultas en temporada de estiaje ($B = 0.446$), asociado a su vez con una dieta más uniforme (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2017; Cruz-Elizalde et al., 2020b). Los elementos de sus dietas pueden ser numerosos, y no necesariamente se restringen al consumo de pocas CDP, son más variadas (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019a).

Que la amplitud de las hembras en temporada de estiaje sea cercana a 0.5 podría significar estar consumiendo una mayor diversidad de alimento para el consumo de nutrientes, pues la reproducción es una actividad que conlleva un gran gasto energético tanto en la generación y maduración de folículos, como la generación de huevos (Biavati et al., 2004; Leyte-Manrique y Mata-Silva, 2017). Del mismo modo, no se encontró relación entre el tamaño y el volumen del contenido estomacal (Cuadro 8), descartando la posibilidad de que la amplitud de la dieta sea diferente con respecto al tamaño corporal.

Análisis de la sobreposición de nicho alimentario

El análisis de la sobreposición en las distintas subcategorías ayudó a ver comparaciones entre las dietas de manera más dirigida sobre ciertas temporadas o clases de edad. En su mayoría esta sobreposición se mantiene en valores altos ($O_{jk} > 0.7$), lo que indica que comparten entre 70% y 100% de nicho alimentario. Sin embargo, en un par de comparaciones se encuentra algo distinto, con valores de sobreposición bajos como es el caso de clases de edad en hembras, ya que las hembras juveniles vs hembras adultas presentaron un valor bajo ($O_{jk} = 0.482$), al igual que la comparación entre temporadas para hembras ($O_{jk} = 0.559$). Este resultado no se observa en los machos pues en ambas comparaciones (clases de edad y temporadas) mantiene un $O_{jk} > 0.9$, indicando que en hembras son marcadas las diferencias en la composición de la dieta entre clases de edad y entre temporadas (Cuadro 7).

Ambas sobreposiciones entre hembras de distintas clases de edad y distintas temporalidades pueden estar explicadas también por aspectos reproductivos como se comentó en las diferentes amplitudes que pueden presentar las hembras (Cruz-Elizalde et al., 2020b). Esto es explicado porque las hembras adultas pueden estar propensas a tener diferencias en su dieta por el valor nutrimental que tenga la presa a diferencia de las hembras juveniles (Leyte-Manrique, 2023; Leyte-Manrique y Mata-Silva, 2017), aunado a que en temporada de estiaje y lluvias la disponibilidad del recurso puede cambiar (Ruiz-Martínez et al., 2014). Sin embargo, esto también puede estar afectando a los machos, lo que indica que la sobreposición de la dieta debe estar adaptada para poder prepararse para el ciclo reproductivo que de acuerdo con Leyte-Manrique y Mata-Silva (2017) coincide con la época de lluvias. A pesar de esto, las observaciones en campo indican que la población se reproduce a finales de año, con puestas y aparición de larvas en los meses de febrero a marzo, que corresponde a la época de estiaje, pero al ocupar sitios como pozas, la disponibilidad de cuerpos de agua es permanente en la población de estudio.

Según Finkler y Cullum (2002) en ambystomátidos la producción de gametos es más grande a comparación de los machos por lo que el costo energético de la reproducción puede ser considerablemente más alto para las hembras y esto lo comprobaron en *A. texanum* revisando las diferencias metabólicas entre hembras grávidas y post grávidas, así como en machos. En esta especie por ejemplo, se encontró que para las hembras el costo energético de reproducción es mayor a comparación de los machos, lo que puede estar ocurriendo con la variación en las dietas entre edades y temporadas para la población de *A. velasci* en El Cedral.

Evaluación de relaciones entre el tamaño del organismo (talla) y volumen de contenido estomacal

Existen trabajos en especies del género *Ambystoma* y en otras salamandras en donde se analiza la relación entre el peso de los predadores con respecto al tamaño de las presas (Mitchell, 2013; Lemos-Espinal et al., 2016). Sin embargo, hay poca información del análisis del tamaño corporal con respecto al volumen de la dieta/contenido estomacal en caudados (Del Río-García et al., 2014).

Los resultados indican que en ninguna de las categorías analizadas se registró una correlación con valor estadísticamente significativo, pues todos los valores de P fueron mayores a 0.05, a excepción de los machos juveniles ($r= 0.767$, $P= 0.021$) y los machos juveniles de temporada de estiaje ($r= 0.786$, $P= 0.048$; Cuadro 8), indicando una relación positiva (Fig. 16 a y b), donde entre más grande los individuos se encuentra un mayor volumen de contenido estomacal (Cruz-Elizalde et al., 2020b), en este caso es posible que los hábitos de alimentación sigan el modelo más común para los anfibios, entre más grande mayor es su volumen (Vignoli et al., 2017), aspecto que difiere cuando se convierten en machos adultos, posiblemente pasen por una cambio en su forma de forrajeo consumiendo sus presas bajo otro factor aún desconocido. El patrón general encontrado en *A. velasci*, es diferente a lo reportado en otros caudados como *Bolitoglossa cf. pandi* en donde si se encontró una relación positiva del volumen del contenido estomacal contra la LHC (Del Río-García et al., 2014).

En la población de *A. velasci* estudiada la LHC no demostró ser un buen indicador para ver si hay cambios en el volumen del contenido, por lo que se podría indagar en investigaciones futuras si la comparación de otros datos como la medición de la mandíbula dan más información sobre los cambios del volumen del contenido estomacal como ocurre en otros caudados (Stellati et al., 2021), también para conocer como los cambios ontogénicos influyen en el uso del recurso alimentario (e g. relación entre la dimensión de las presas vs dimensión de las

mandíbulas) como se ha observado en otros grupos de anfibios (Luría-Manzano y Ramírez-Bautista, 2017) ya que se ha documentado que la forma del cráneo en anfibios se correlaciona con el tamaño corporal y el tipo de presas que consumen (Bolívar et al., 2019).

Comparación y resumen de información de dieta en *Ambystoma*

El resumen que se presenta en los cuadros 9 y 10 sobre la dieta de diversas especies del género *Ambystoma* muestra un panorama de cuál es la composición de la dieta, y de forma indirecta la forma de alimentarse de los ajolotes en México. En general, se encuentra poca información sobre datos específicos de las especies presentes en México, ya que si bien el Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma spp* publicado por la SEMARNAT (2018) sintetiza de manera correcta muchos aspectos del género, la dieta de los ambystomátidos es algo con poca información y de esta no toda se encuentra descrita ampliamente.

A. velasci es una de las especies de ajolotes que se encuentra más al norte en su distribución en el país (Figura 1, Cuadro 9), siendo ésta la única con una distribución más amplia (Leyte-Manrique, 2023), las demás se encuentran dentro de la FVT entre los riachuelos, arroyos y lagos formados por esta región fisiográfica (SEMARNAT, 2018). La técnica más usada para la obtención de información de la dieta y que corresponde a varias de las referencias consultadas fue el lavado estomacal, ya que es una herramienta que permite el estudio de los organismos de una manera menos invasiva (Duré et al., 2021), mientras que en *A. leorae* y *A. dumerilii* se empleó la técnica de sacrificar el organismo, dado que el uso de esos organismos también fue para estudiar otros aspectos que fuera estrictamente necesario el sacrificio (como lo son datos reproductivos), además de ser relativamente antiguos y aún no se generalizaba el uso de lavado estomacal para el estudio de la dieta (Vega-López y Álvarez, 1992; Huacuz Elías, 2002).

Con la estandarización de las CDP se buscaba homogeneizar los resultados de las distintas investigaciones, debido a que la mayoría usaba métodos similares, y no todos catalogaban de la misma manera a las CDP, donde algunos eran más precisos y otros más ambiguos. Bajo esta nueva categorización *A. velasci* es la especie con mayor CDP, contando con 18 de 29, seguida de *A. ordinarium* con 17 (Ruiz-Martínez et al., 2014), mientras que las dos especies con menor cantidad de

CDP son *A. leorae* con 3 (Vega-López y Álvarez, 1992) y *A. dumerilii* que cuenta con solo una CDP, siendo *Cambarellus montezumae* (Huacuz Elías, 2002).

Algunas de estas diferencias entre CDP puede ser por el número de muestreo bajo (como en el caso de *A. leorae* con una n de 4 o *A. mexicanum* con una n de 12, las especies con mayor CDP fueron las especies con mayor n, *A. ordinarium* con 288 y *A. velasci* con 167 (Cuadro 9); en el caso de *A. dumerilii* tiene solo una presa registrada que a pesar de contar con disponibilidad de cladóceros y dípteros en el lago donde vive, como la familia Chironomidae que llegan a consumir otros Ambystomátidos (Huacuz Elías, 2002; Ruiz-Martínez et al., 2014) teniendo una alta especialización, lo que puede estar relacionado a la forma de forrajeo y captura que existen entre algunas especies (Bolívar et al., 2019). Si bien comparten características por pertenecer al mismo género, al ser especies endémicas y tener altos grados de especialización de acuerdo con los ambientes en donde habitan, la forma en la que se alimentan, así como los recursos que tengan para ello pueden diferir, encontrando especies como *A. leorae* que tiene otros invertebrados como principales CDP (Vega-López y Álvarez, 1992).

Lo anterior muestra una dieta muy específica conforme a las distintas especies, y algunas de las variables a considerar son el esfuerzo de muestreo, pues no en todas las especies, el tamaño de muestra utilizado es grande, como sucede en *A. leorae*, ya que de aumentar el número de organismos muestreados el número de CDP podría ser mayor. Asimismo, para conocer si la dieta ha sido modificada por la fragmentación, contaminación e introducción de especies exóticas a los hábitats de estos ajolotes (SEMARNAT, 2018), sería fundamental replicar los estudios anteriores y conocer de qué manera han influenciado durante los últimos años estos cambios en sus hábitats y por lo tanto, en la composición de su dieta.

La única especie donde se considera material vegetal (plantas y algas) como CDP fue *A. mexicanum* siendo casi el 30% de la abundancia de su alimento (Zambrano et al., 2010), pero para el resto si bien se pudo registrar su consumo, no se cataloga como una categoría de presa recurrente, sino accidental (Ruiz-Martínez

et al., 2014; Lemos-Espinal et al., 2015a y 2015b). Una de la CDP con mayor abundancia fueron los pequeños crustáceos donde están incluidos los órdenes de Ostracoda, Amphipoda, Cladocera y Copepoda, apareciendo en 5 de las 7 especies que se muestran en el cuadro 10, por lo que uno de los subfilos más importantes para *Ambystoma* es Crustacea, pues está presente en 6 de las 7 especies que se resumen en el cuadro 10. En 4 de estas especies tiene más del 50% del total de abundancia de presas, registrado entre crustáceos pequeños y Decapoda, sumando que en *A. mexicanum* y *A. ordinarium* tiene una abundancia de 20.9% y 40.6%, respectivamente. Otra de las CDP con mayor relevancia para la dieta de *Ambystoma* es el orden Diptera, estando presente en 6 de 7 especies, en 4 de estas el porcentaje de abundancia es mayor a 15%, en otras no son tan abundantes y en el caso de *A. dumerilii* no son parte de su dieta a pesar de estar disponible en el ambiente, mostrando una elección sobre los decápodos que consumen. Sin embargo, faltaría complementar el resto de estudios con la abundancia de macroinvertebrados o fauna en los cuerpos de agua en donde habitan los ajolotes. Solo en tres especies de los ajolotes de México se tiene registrado el consumo de vertebrados, en *A. mexicanum* está el registro de consumo de peces (Zambrano et al., 2010), mientras que se registró anurofagia en *A. ordinarium* con consumo de larvas de rana (Ruiz-Martínez et al., 2014) y en *A. velasci* de un adulto de rana.

Con base en lo anterior, se puede concluir que los crustáceos y los dípteros forman parte fundamental de la dieta de los ajolotes mexicanos, que a su vez son indicadores de un hábitat en buen estado de conservación (Lemos-Espinal et al., 2015b); sin embargo, se necesitan más estudios de ecología alimentaria en el resto de especies de *Ambystoma* para conocer más sobre la composición de la dieta para el género y la importancia de este aspecto (dieta) con respecto a la filogenia o aspectos biogeográficos. Conocer y proteger al mantenimiento de la dieta en *Ambystoma* ayuda al mantenimiento de estos anfibios en sus hábitats naturales.

En la figura 17 se puede observar las diferencias que hay en las CDP entre tres especies analizadas, donde se encontró una mayor riqueza de CDP para *A.*

velasci, a pesar de ser la especie con mayor cantidad de organismos muestreados pero con menor cantidad de presas totales, a comparación de especies con menor número de ajolotes analizados. Si bien normalmente este análisis se emplea para comparar la biodiversidad en distintos ambientes (Lescano et al., 2013), en este caso fue empleado para conocer la completitud del muestreo y saber si en futuros muestreos es necesario coleccionar más contenidos estomacales. Tanto para *A. altamirani* como para *A. rivulare* con 45 y 60 organismos muestreados respectivamente (Cuadro 9), se alcanzó la asíntota, lo que quiere decir que la completitud de su muestreo está cercano al 100%, mientras que para *A. velasci* (167) no se alcanzó la asíntota por lo que probablemente faltaron organismos por analizar para alcanzar más del 90% de completitud, por lo que aumentar y/o estandarizar los métodos de muestreo y periodos, podría mejorar la completitud de muestreo para *A. velasci* (Leyte-Manrique, 2023).

Se espera que con la información recopilada en el resumen de esta sección e información de esta investigación, como lo fue los análisis de la dieta entre sexos, clases de edad y temporadas, se amplíe lo conocido de la historia de vida de *A. velasci*, proporcionando conocimiento para planes de manejo y medidas de conservación para esta especie, la cual es clave en su hábitat. Del mismo modo, la importancia de realizar estudios sobre ecología alimentaria utilizando métodos no invasivos en especies de anfibios resulta de mucha utilidad cuando se prioriza a los organismos sin dejar de lado la obtención de información para la generación de conocimiento.

CONCLUSIONES

El presente estudio es el primero que contempla un muestreo sistemático y la descripción de la ecología alimentaria de *A. velasci*, tomando como modelo la población de El Cedral, Pinal de Amoles que corresponde a un ambiente templado. La información obtenida es valiosa en el sentido de que no se conocía el comportamiento alimentario en vida silvestre, además de la diferenciación entre sexos, clases de edad o temporalidades. Del mismo modo, se recomienda en futuras investigaciones medir la diversidad y abundancia de las presas disponibles en el ambiente para el consumo de los ajolotes, así como de las medidas de estructuras como sus mandíbulas para saber si este es uno de los factores que interfiera en la elección de su alimento, y del mismo modo poder emplear poblaciones que ocupen distintos ambientes dado que *A. velasci* presenta una amplia distribución y es posible que este aspecto y otros presenten variación geográfica.

En resumen, la dieta de *A. velasci* está basada principalmente en invertebrados, con consumo ocasional de vertebrados, presentan 27 categorías de presa siendo los ostrácodos la categoría con mayor índice de importancia relativa. Su dieta es estrecha, pues su amplitud es baja ($B = 0.032$). Al comparar entre sexos, clases de edad y temporalidades se determinó que no hay diferencias contrastantes entre los diversos grupos, mostrando una dieta similar entre las subcategorías de la especie, salvo las hembras adultas de lluvia con una amplitud mayor ($B = 0.46$) y hembras de distintas clases de edad ($O_{jk} = 0.482$) y en diferentes temporadas ($O_{jk} = 0.559$) con una sobreposición en el nicho alimentario que difiere con el resto de subcategorías. No se encontró la existencia de una correlación entre el tamaño corporal y el volumen del contenido estomacal para la especie, únicamente entre machos juveniles.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Miguel, X., Legorreta B, G., y Casas-Andreu, G. (2009). Reproducción ex situ en *Ambystoma granulosum* y *Ambystoma lermaense* (Amphibia: Ambystomatidae). *Acta zoológica mexicana*, 25(3), 443–454.
- Aguilar Moreno, R., y Aguilar Aguilar, R. (2019). The mythical monster of the lake: the conservation of the axolotl in Xochimilco. *Revista Digital Universitaria*, 20(1).
<https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a1>
- Ávila Akerberg, V. D., González Martínez, T. M., González Hernández, A., y Vázquez Trejo, M. (2021). El género *Ambystoma* en México ¿Qué son los ajolotes? *CIENCIA Ergo-Sum*, 28(2).
- Biavati, G. M., Wiederhecker, H. C., y Colli, G. R. (2004). Diet of *Epipedobates flavopictus* (Anura: Dendrobatidae) in a Neotropical Savanna. *Journal of Herpetology*, 38(4), 510–518. <https://doi.org/10.1670/30-04A>
- Bolivar, W., Gomez-Figueroa, A., y Giraldo, A. (2019). Capítulo 5 Ecología trófica. En *Biología de los anfibios y reptiles en el bosque seco tropical del norte de Colombia* (pp. 207–247). <https://doi.org/10.19053/978-958-660-341-6.5>
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., y Johnson, N. F. (2002). *An introduction to the study of insects* (Sexta edición). Saunders College Publishing.
- Collins, J. P. (1979). Sexually Mature Larvae of the Salamanders *Ambystoma rosaceum* and *A. tigrinum velasci* from Chihuahua, Mexico: Taxonomic and Ecologic Notes. *Journal of Herpetology*, 13(3), 351.
<https://doi.org/10.2307/1563331>
- Contreras Calvario, A., Castillo Juárez, J. L., Soto-Pozos, A., Calzada-Arciniega, A., y Parra-Olea, G. (2021). The distribution of *Ambystoma*

velasci Dugès, 1888 in Veracruz, Mexico: insights for its conservation in the region. *Herpetology Notes*, 14, 469–473.

Costa, A., Baroni, D., Romano, A., y Salvidio, S. (2017). Individual diet variation in *Salamandra salamandra* larvae in a Mediterranean stream (Amphibia: Caudata). *Salamandra*, 53, 148–152.

Cruz-Elizalde, R., Hernández-Camacho, N., Pineda López, R., y Jones, R. W. (2023). Amphibians and reptiles of the Sierra Gorda de Querétaro Biosphere Reserve, Mexico: species richness, conservation status and comparison with other natural protected areas in central Mexico. *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD*, 94.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.5135>

Cruz-Elizalde, R., Magno-Benítez, I., Islas, C., Ortiz-Pulido, R., Ramírez-Bautista, A., y Hernández-Austria, R. (2020a). Climatic niche, natural history, and conservation status of the Porthole Treefrog, *Charadrahyla taeniopus* (Günther, 1901) (Anura: Hylidae) in Mexico. *Amphibian and Reptile Conservation*, 14, 10–21.

Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A., y Núñez de Cáceres-González, F. F. (2020b). Sexual Dimorphism and Feeding Ecology of the Black-bellied Bunchgrass Lizard *Sceloporus aeneus* (Squamata: Phrynosomatidae) in Central Mexico. *South American Journal of Herpetology*, 18(1).
<https://doi.org/10.2994/SAJH-D-18-00056.1>

Cruz Jiménez, I., Otero Negrete, J. J., y Sámano Salazar, C. G. (2020). *Ambystoma mexicanum*, un extraordinario modelo animal para estudiar la capacidad regenerativa. *Revista Fesahancccal*, 6, 13–19.

Cummins, K., y Merritt, R. (1996). An Introduction to The Aquatic Insects of North America. *The Journal of Animal Ecology*, 50.
<https://doi.org/10.2307/1467288>

- Del Río-García, J., Serrano-Cardozo, V., y Ramirez Pinilla, M. P. (2014). Diet and Microhabitat Use of *Bolitoglossa cf. pandi* (Caudata: Plethodontidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. *South American Journal of Herpetology*, 9, 52–61. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-13-00031.1>
- DOF. (2010, marzo). *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. Recuperado el 9 de febrero del 2024 de <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Duellman, W. E., y Trueb, L. (1986). *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill Book Company.
- Duré, M., López, J., Lajmanovich, R., Peltzer, P., Attademo, A., Schaefer, E., y Antoniazzi, C. (2021). *Manual de técnicas y protocolos para el relevamiento y estudio de anfibios de Argentina. 4.5 Estudios Tróficos*.
- Edwards, S., Tolley, K. A., Vanhooydonck, B., Measey, G. J., y Herrel, A. (2013). Is dietary niche breadth linked to morphology and performance in Sandveld lizards *Nucras* (Sauria: Lacertidae)? *Biological Journal of the Linnean Society*, 110(3), 674–688. <https://doi.org/10.1111/bij.12148>
- Falcón-Ordaz, J., Monks, S., Pulido-Flores, G., y Rodríguez-Amador, R. (2014). A New Species of *Aplectana* (Nematoda: Cosmocercidae) in *Ambystoma velasci* (Amphibia: Ambystomatidae) from Mexico. *Comparative Parasitology*, 81(2), 220–224. <https://doi.org/10.1654/4684.1>
- Finkler, M. S., y Cullum, K. A. (2002). Sex-Related Differences in Metabolic Rate and Energy Reserves in Spring-Breeding Small-Mouthed Salamanders (*Ambystoma texanum*). *Copeia*, 2002(3), 824–829. <http://www.jstor.org/stable/1448163>

- Frost, D. (2024). *Amphibian species of the World: an online reference*. Versions 6.1. Recuperado el 23 de agosto del 2024 de <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Caudata/Ambystomatidae/Ambystoma>
- Fuentes Barradas, A. E. (2014). *Ecología alimentaria larval de Ambystoma granulosum (Amphibia: Caudata)*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ganci, C., Silva, L., Pacheco, E., Nogueira, T., y Santana, D. (2018). Diet and sexual dimorphism of *Leptodactylus labyrinthicus* (Anura, Leptodactylidae) in a Cerrado area in Central Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 14, 250–254.
- García-Padrón, L. Y. (2019). Métodos para el estudio de la dieta en anfibios ¿Cuál es el más adecuado para las especies cubanas? *Revista Cubana de Zoología*, 28–33.
- García-Rosales, A., Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A., y Mata-Silva, V. (2019). Feeding ecology of two populations of *Sceloporus minor* (Squamata: Phrynosomatidae) inhabiting contrasting environments in central Mexico. *Salamandra*, 55, 103–114.
- Hammer, O., Harper, D., y Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1–9.
- Hernández-Austria, R., Luría-Manzano, R., y Ramírez-Bautista, A. (2019). Variation in Feeding Habits between Two Syntopic Frog Species (Genus *Lithobates*) of a Tropical Habitat in the Atlantic Versant of Mexico. *Journal of Herpetology*, 53, 289. <https://doi.org/10.1670/17-132>

- Holomuzki, J. R., y Collins, J. P. (1987). Trophic Dynamics of a Top Predator, *Ambystoma tigrinum nebulosum* (Caudata: Ambystomatidae), in a Lentic Community. *Copeia*, 1987(4), 949–957. <https://doi.org/10.2307/1445558>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., y Chao, A. (2016). iNEXT: An R package for interpolation and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451.
- Huacuz Elias, D. del C. (2002). *Programa de conservación y manejo de Ambystoma dumerilii. El Achoque del Lago de Pátzcuaro*. Morevallado. https://www.researchgate.net/profile/Huacuz-Dolores-Del-Carmen/publication/331396750_Programa_de_conservacion_y_manejo_de_Ambystoma_dumerilii_El_Achoque_del_Lago_de_Patzcuaro/links/5c774cdf458515831f7577e8/Programa-de-conservacion-y-manejo-de-Ambystoma-dumerilii-El-Achoque-del-Lago-de-Patzcuaro.pdf
- Hurlbert, S. H. (1978). The Measurement of Niche Overlap and Some Relatives. *Ecology*, 59(1), 67–77. <https://doi.org/10.2307/1936632>
- INECOL. (1999). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, México* (Primera edición).
- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Pinal de Amoles, Querétaro*.
- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species Version 2023-1*. Recuperado el 14 de febrero del 2024 de <https://www.iucnredlist.org>
- Jiménez Jiménez, O., Cruz Aviña, J. R., Arzate Ramírez, E., Figueroa Lucero, G., y Casas Andreu, G. (2020). Ex-situ conservation of axolotl's (*ambystoma spp.*) populations at risk in State of Puebla, Mexico. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 8(18), 1–10.
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R., Ruíz, Á. H., y Ayala, R. M. (2016). Stream use and population characteristics of the endangered salamander,

Ambystoma altamirani, from The Arroyo Los Axolotes, State of Mexico, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 61(1), 28–32.

<https://www.jstor.org/stable/26748476>

Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R., y Woolrich-Piña, G. (2015a). Diet of Larval *Ambystoma altamirani* from Llano de los Axolotes, Mexico. *Current Herpetology*, 34(1), 75–79. <https://doi.org/10.5358/hsj.34.75>

Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R., Woolrich-Piña, G., y Montoya-Ayala, R. (2015b). Diet of larval *Ambystoma rivulare* (Caudata: Ambystomatidae), a threatened salamander from the Volcán Nevado de Toluca, Mexico. *Phyllomedusa*, 14, 33–41. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v14i1p33-41>

Lescano, J. N., Bonino, M. F., y Akmentins, M. S. (2013). Composición y riqueza de anfibios y sus relaciones con las características de los sitios de reproducción en un sector de la Selva Atlántica de Misiones, Argentina. . *Cuadernos de herpetología*, 27(1), 35–46.

Leyte-Manrique, A. (2023). El ajolote del Altiplano en Sierra Gorda-Guanajuato: un acercamiento a su historia natural. *Herpetología Mexicana*, 4, 47–50.

Leyte-Manrique, A., y Mata-Silva, V. (2017). *Clutch size of Ambystoma velasci (Duges 1888) in situ, from Guanajuato, Mexico*. 4, 412–414.

Leyte-Manrique, A., Morales-Castorena, J. P., y Mata-Silva, V. (2015). Natural History: *Ambystoma velasci*. Mortality. *Herpetological Review*, 46, 407.

López De la Rosa, A. K., Vázquez Silva, G., Hernández Hernández, L. H., Aguirre Garrido, J. F., Morales Jiménez, J. I., Razo Ortiz, P. B., Morales Sánchez, S., y Rayo Leyva, G. S. (2023). Adición de OptiLisina® a la dieta de juveniles del ajolote *Ambystoma velasci* para su crecimiento y

supervivencia. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(Suplemento), 159–164. <https://doi.org/10.53588/alpa.310528>

Luría-Manzano, R., y Ramírez-Bautista, A. (2017). Diet comparison between rainforest and cave populations of *Craugastor alfredi* (Anura: Craugastoridae): does diet vary in contrasting habitats? *Journal of Natural History*, 51. <https://doi.org/10.1080/00222933.2017.1366573>

Luría-Manzano, R., y Ramírez-Bautista, A. (2019a). Dietary composition and selection in the stream-breeding anuran assemblage from a tropical wet forest in eastern Mexico. *Acta Oecologica*, 98, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.06.003>

Luría-Manzano, R., y Ramírez-Bautista, A. (2019b). Ontogenetic variation in the diet of the anuran community from a semi-arid environment in the southeastern Chihuahuan Desert. *PeerJ*, 7, e7908. <https://doi.org/10.7717/peerj.7908>

Maier, A.-R.-M., Achim-Mircea, C., y Dumbrava, A. (2020). Feeding in cold weather: Food composition of a *Salamandra salamandra* (Amphibia) population from The Iron gates natural park, Romania, in early march. *Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii*, 36.

McWilliams, D. A. (2008). *Nutrition Recommendations for some Captive Amphibian Species (Anura and Caudata)*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:87652751>

McWilliams, S. R., y Bachmann, M. (1989). Foraging Ecology and Prey Preference of Pond-Form Larval Small-Mouthed Salamanders, *Ambystoma texanum*. *Copeia*, 1989(4), 948. <https://doi.org/10.2307/1445981>

- Mendoza-Almeralla, C., Burrowes, P., y Parra-Olea, G. (2015). La quitridiomycosis en los anfibios de México: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(1), 238–248. <https://doi.org/10.7550/rmb.42588>
- Mitchell, J. (2013). Body Size and Diet of *Amphiuma Means* (Caudata: Amphiumidae) From Southeastern Virginia. *Journal of North Carolina Academy of Science*, 129, 66–68. <https://doi.org/10.7572/2167-5880-129.2.66>
- Morales-García, A. D., Morales-García, J. J., Leyte Manrique, A., y García-Díaz, A. M. (2021). Registros de *Ambystoma velasci* (Caudata: Ambystomatidae) en ambientes antropizados en Pachuca, Hidalgo y alrededores. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 4(2), 173–176. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2021.02.294>
- Needham, J. G., y Needham, P. R. (2002). *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces* (Edición en español). Editorial Reverté.
- O'Donnell, R. P., y Richart, C. H. (2012). Diet of the Columbia Torrent Salamander, *Rhyacotriton kezeri* (Caudata: Rhyacotritonidae): linkages between aquatic and terrestrial ecosystems in forested headwaters. *Northwestern Naturalist*, 93(1), 17–22. <http://www.jstor.org/stable/23259629>
- Palacios-Martinez, J., Caballero-Perez, J., Espinal-Centeno, A., Marquez-Chavoya, G., Lomeli, H., Salas-Vidal, E., Schnabel, D., Chimal-Monroy, J., y Cruz-Ramirez, A. (2020). Multi-organ transcriptomic landscape of *Ambystoma velasci* metamorphosis. *Developmental Biology*, 466(1–2), 22–35. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2020.08.002>
- Percino-Daniel, R., Gómez Llamas, J. C., y Contreras López, J. M. (2019). New record of *Ambystoma velasci* (Dugès, 1888) from Western Mexico. *Herpetology Notes*, 12, 351–352.

- 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>
- Pryor, G. (2014). Tadpole Nutritional Ecology and Digestive Physiology: Implications For Captive Rearing of Larval Anurans. *Zoo Biology*, 33.
<https://doi.org/10.1002/zoo.21152>
- Rodrigues Da Silva, F., y de Cerqueira Rossa-Ferres, D. (2010). Diet of anurans captured in forest remnants in southeastern Brazil. *Rev. Esp. Herp*, 24, 5–17.
- Ruiz-Martínez, L., Alvarado-Díaz, J., Suazo-Ortuño, I., y Pérez-Munguía, R. (2014). Diet of *Ambystoma ordinarium* (Caudata: Ambystomatidae) in undisturbed and disturbed segments of a mountain stream in the trans-Mexican Volcanic Belt. *Salamandra*, 50, 63–70.
- Santiago-Pérez, A., Domínguez-Laso, M., Rosas-Espinoza, V., y Rodríguez Canseco, J. (2012). *Anfibios y Reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila*.
- Santos, E. M., Almeida, A. V., y Vasconcelos, S. D. (2004). Feeding habits of six anuran (Amphibia: Anura) species in a rainforest fragment in Northeastern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, 94(4), 433–438.
<https://doi.org/10.1590/S0073-47212004000400014>
- Sarma, S. S. S., Fuentes-Barradas, A. E., Nandini, S., y Chaparro-Herrera, D. J. (2017). Feeding behaviour of larval *Ambystoma granulosum* (Amphibia: Caudata). *Journal of Environmental Biology*, 38(6(SI)), 1241–1248.
[https://doi.org/10.22438/jeb/38/6\(SI\)/09](https://doi.org/10.22438/jeb/38/6(SI)/09)
- SEMARNAT. (2018). *Programa de Acción para la Conservación de las Especies Ambystoma spp.* SEMARNAT.

SEMARNAT. (2021, abril 5). *Conoce las categorías de riesgo de la NOM 059 SEMARNAT-2010 para especies de flora y fauna*. Recuperado el 21 de agosto del 2024 de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/conoce-las-categorias-de-riesgo-de-la-nom-059-semarnat-2010-para-especies-de-flora-y-fauna#:~:text=La%20NOM%20059%20SEMARNAT%2D2010%20es%20una%20Norma%20mexicana%20que,integraci%C3%B3n%20de%20las%20listas%20correspondientes>.

Solé, M., Beckmann, O., Pelz, B., Kwet, A., y Engels, W. (2005). Stomach-flushing for diet analysis in anurans: An improved protocol evaluated in a case study in Araucaria forests, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40, 23–28.
<https://doi.org/10.1080/01650520400025704>

Stellati, L., Mirabasso, J., Luiselli, L., Bologna, M. A., Vignoli, L., y Bissattini, A. M. (2021). Can We Share? Feeding Strategy in Three Syntopic Newts in Artificial Habitats. *Diversity*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/d13010032>

Sugai, J. L. M. M., Terra, J. de S., y Ferreira, V. L. (2012). Diet of *Leptodactylus fuscus* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) in the Pantanal of Miranda river, Brazil. *Biota Neotropica*, 12(1), 99–104.
<https://doi.org/10.1590/S1676-06032012000100008>

Toledo, L. F., Ribeiro, R. S., y Haddad, C. F. B. (2007). Anurans as prey: an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *Journal of Zoology*, 271(2), 170–177. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00195.x>

Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P., y Roth, V. (2017). *Spiders of North America: An Identification Manual*.

Vázquez Silva, G., Martínez García, J. A., Martínez Alvarado, J. D., Rayo Leyva, G. S., López De la Rosa, A. K., Hernández García, P. A.,

- Mendoza Martínez, G. D., y Díaz Galván, C. (2023). Uso de Biocolina® en la alimentación de pre-adultos de *Ambystoma velasci*. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(Suplemento), 165–168. <https://doi.org/10.53588/alpa.310529>
- Vega-López, Á. A., y Álvarez, T. S. (1992). La herpetofauna de los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl. *Acta Zoológica Mexicana*, 51.
- Vignoli, L., Bissattini, A. M., y Luiselli, L. (2017). Food partitioning and the evolution of non-randomly structured communities in tailed amphibians: a worldwide systematic review. *Biological Journal of the Linnean Society*, 120(3), 489–502. <https://doi.org/10.1111/bij.12906>
- Waye, H. L., Smith, Z. M., y Dalman, N. W. (2016). Natural history: *Ambystoma tigrinum* (Eastern Tiger Salamander). Diet. *Herpetological Review*, 47(1), 97.
- Zambrano, L., Valiente, E., y Vander Zanden, J. (2010). Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: Carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions*, 12, 3061–3069. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9697-8>