



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

**“Preferencia alimentaria de *Ambystoma granulosum* adultos
con y sin ayuno”**

Tesis que para obtener el título de Licenciada en Biología

P R E S E N T A

ISABEL CRISTINA GARCIA PEREZ

Director de tesis:

Dr. Singaraju Sri Subrahmanya Sarma

Los Reyes Iztacala a 28 de Agosto del 2017

“Por mi raza hablará el espíritu”





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Pon tu corazón, mente y alma incluso en los más pequeños actos; ese es el secreto del éxito”

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la cual me siento muy orgullosa de pertenecer.

A mi *alma máter* la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por forjarme de carácter y conocimiento.

Al laboratorio de Zoología Acuática por brindarme el espacio para desarrollar el presente proyecto.

A mi asesor de tesis el Dr. Singaraju Sri Subrahmanya Sarma por apoyarme en todo momento, aconsejarme, guiarme durante este tiempo dentro del laboratorio de zoología acuática y por aceptarme como su estudiante.

A la Dra. Nandini Sarma por su apoyo en la realización de este trabajo experimental, por su asesoramiento para que el presente estudio lograra cumplir las características necesarias para ser aprobado.

A mi sinodal el Dr. Gerardo García García por su constante apoyo durante la realización de este proyecto, por toda la guía que brindo, por escuchar mis dudas y estar al pendiente de mi proyecto.

Al Dr. Diego de Jesús Chaparro Herrera ya que, gracias a sus correcciones para la elaboración de este escrito, su amabilidad y consejos debido a su experiencia en ecología logré hacer una recapitulación de conceptos para mejorar mi tesis, por lo cual aprendí mucho de él y de sus trabajos anteriores.

A la Maestra en Ciencias Sandra Fabiola Arias Balderas por escucharme, por su atención, compartirme parte de sus conocimientos sobre los ajolotes y sus consejos para la realización de este trabajo durante todo este tiempo.

A mi abuelita Elvira Pérez Cortes, a mi mamá María Hortensia García Pérez, a mi tío Francisco García Pérez, a mi tía Heidi María García y a mi prima Ana Gabriela por apoyarme siempre en mi vida y durante mi carrera profesional e inspirarme a seguir mejorando día con día.

A mi amado novio Eduardo Castro Martínez que ha sido una persona muy importante en este trayecto de mi vida, al cual agradezco su amor, comprensión, apoyo, motivación e inspiración que me ha brindado a lo largo de la carrera.

A mis amigos y compañeros de la carrera, especialmente a Adrian, Javier y Jorge, por hacer estos años de carrera más a menos y divertidos con los cuales forme un gran equipo.

A mi compañero maestro en ciencias amante de los ajolotes Aldo Eric Fuentes Barradas, de quien aprendí mucho sobre los *Ambystoma* y me apoyo siempre durante el desarrollo de este trabajo.

A la maestra en ciencias Brenda Gonzáles Pérez por su apoyo al brindarme sugerencias durante la elaboración de esta tesis.

A mi compañero de laboratorio el maestro en ciencias Manuel Aarón Gayosso, por escucharme y aconsejarme en la elaboración de mi tesis.

Dedicatoria

A mí amada familia por darme todo lo necesario para concluir esta etapa de mi vida, por tenerme la paciencia suficiente a lo largo de este tiempo, por impulsarme, tener la oportunidad aprender y contar con ellos siempre.

Contenido

| | |
|--|----|
| Agradecimientos | 3 |
| Dedicatoria | 5 |
| 1. Introducción | 9 |
| 1.1 Distribución y ciclo de vida del género <i>Ambystoma</i> | 9 |
| 1.2 Factores de riesgo y medidas de conservación | 12 |
| 1.4 Preferencia alimentaria | 20 |
| 2. Justificación | 22 |
| 3.1 Objetivo general | 24 |
| 4. Materiales y métodos | 25 |
| 4.1 Obtención y mantenimiento de <i>Ambystoma granulosum</i> | 25 |
| 4.3 Morfometría y peso de las presas | 29 |
| 4.4 Preferencia alimentaria con alimento vivo | 31 |
| 4.6 Preferencia alimentaria con alimento seco | 36 |
| 5 Resultados | 40 |
| 5.1 Morfometría y peso | 40 |
| 5.2 Preferencia alimentaria y consumo en biomasa del alimento vivo | 42 |
| 5.9.11 Consumo de alimento seco | 55 |
| 6. Discusión | 57 |
| 7. Conclusiones | 66 |
| 8. RECOMENDACIONES | 67 |
| 9. Anexo 1 | 68 |
| 10. Anexo 2 | 69 |
| 11. LITERATURA CITADA | 70 |

Resumen

No existe mucha información sobre la ecología alimentaria de ajolotes del género *Ambystoma* para su mantenimiento en cautiverio. Aun así, existen esfuerzos para cultivarlos en lugares especializados como UMAS (Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre) o laboratorios. En estos lugares, los reproducen debido a que son una especie protegida por estar en peligro de extinción y a su vez, estos sitios obtienen beneficios económicos vendiendo parte de las poblaciones organismos se ponen a la venta. Sin embargo, los compradores desconocen las dietas óptimas para su cuidado. Por lo cual, este estudio trata de encontrar el mejor alimento para estas especies, que sea accesible durante todo el año y de fácil disposición. En este trabajo utilizamos presas vivas (vertebrados e invertebrados) disponibles en los mercados de peces y alimento seco comercial flotante. Desarrollamos experimentos de preferencia alimentaria con *Ambystoma granulosum*, colocándolos en ayuno (6 horas) y sin ayuno, para determinar el mejor tipo de alimento. La preferencia alimentaria se analizó mediante el índice de alfa de Manly. Los vertebrados utilizados como presa fueron guppies (*Poecilia reticulata*), mollies (*Poecilia sphenops*) y peces comercializados comúnmente con el nombre de charal (nombrados así para fines prácticos durante el estudio) sin ser verdaderos *Chirostoma*; los organismos invertebrados fueron notonéctidos (hemípteros), anfípodos (Amphipoda) colectados en el lago del parque Tezozómoc y acociles (*Cambarellus*) comprados en donde se adquirieron los peces. Para determinar el tamaño de alimento seco preferido por *A. granulosum*, fue desarrollado un experimento complementario, colocando la misma cantidad de peso seco del

alimento compactado de acuerdo con la densidad correspondiente a los organismos vivos. En cada tratamiento utilizamos un ejemplar de *A. granulorum* adulto (obtenidos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala), colocando por acuario un individuo macho o hembra (según sea el caso según correspondiera). Posteriormente tomamos medidas morfométricas de cada *A. granulorum* así como de cada presa y el peso seco de las presas vivas. Observamos que el alimento seco de 7 mm es decir el más grande, fue el menos consumido, el que más consumieron fue el de 1.5 y 5 mm, sin embargo, no existió selección activa para el alimento seco. En cuanto al alimento vivo vertebrado, prefirieron principalmente a los peces comercializados como charal y las presas invertebradas que prefirieron fueron los Anfípodos. En conclusión el alimento compactado no es tan fácil de ser detectado por los ajolotes, además de que su manipulación puede ser complicada al momento de ser ingerido. Recientemente, los ajolotes se han popularizado como mascota, por lo cual es necesario conocer el alimento óptimo a otorgarle y que sea fácil de conseguir de acuerdo a las preferencias del ajolote. Por otra parte, recomendamos seguir la experimentación con el alimento estandarizado para mejorar la alimentación de los ajolotes en cautiverio.

Palabras clave: Dietas, peces, alimento, artrópodos, selectividad alfa de Manly.

1. Introducción

1.1 Distribución y ciclo de vida del género *Ambystoma*

Los ajolotes son animales cordados pertenecientes a la clase Amphibia, familia Ambystomatidae del género *Ambystoma*. Estos organismos tienen distribución en gran parte de América del Norte, desde el sur de Canadá y Alaska, hasta el Eje Neovolcánico Transversal. De 32 especies que se conocen, 17 especies se encuentran en el centro de México (Valiente, 2007). Dentro de estas, *Ambystoma granulatum* (ver anexo1) se puede localizar en el Estado de México (aguas lénticas con poca luz) dentro de los municipios de: Aculco, Atlacomulco, Cuautitlán Izcalli, Chapa de Mota, Ixtlahuaca, Jocotitlán, El Oro, San Felipe del Progreso, Toluca, Villa de Allende, Villa Victoria y Zinacantepec. Aunque, actualmente sus poblaciones han disminuido drásticamente por lo que está sujeto a protección especial (Pr) por la Nom-059-Semarnat-2010 (Casas, 2004).

El nombre de “ajolote” proviene del náhuatl Axolotl que significa “monstruo del agua”. Durante la época prehispánica se creía que el ajolote era la encarnación del dios Xólotl en las civilizaciones más importantes del Altiplano Mexicano. Estas civilizaciones, le han dado una connotación religiosa, medicinal y alimentaria; usos que se dieron desde tiempos prehispánicos y que han persistido en la actualidad; como por ejemplo para el tratamiento de vías respiratorias como el asma (Badillo, 2014).

Los ajolotes son anfibios pedomórfos neoténicos, es decir que, aun alcanzando su madurez sexual, presentan características particulares del estado larval (como sus

branquias) reteniendo esta forma aun en estado adulto. No obstante, tienen la opción de completar su metamorfosis hasta convertirse en salamandras llegando a un estadio terrestre. Estos son solitarios, poseen una piel permeable con mucosa. Presentan una longitud de hasta 30 cm y se desarrollan en climas cálidos sub-húmedos, a una temperatura que va de 10⁰ a 18⁰C (sin sobrepasar los 22⁰C). Estos organismos viven en ambientes acuáticos dulceacuícolas con turbidez y corrientes acuáticas estables, presentan dimorfismo sexual acentuado por el engrosamiento de la región cloacal en los machos (Casas *et al.*, 2004).

Su ciclo de vida inicia con la reproducción de hembra y macho *Ambystoma* durante los meses fríos de septiembre a febrero, el macho deposita los espermátóforos, los cuales son recogidos por la hembra, posteriormente estas ovopositan los huevos fecundados adhiriéndolos a plantas filamentosas o raíces. En condición de cautiverio (dentro de acuarios o estanques) también se puede utilizar cintas de plástico (ej. rafia) como superficie de sujeción para los huevos, con puestas que van de 1000-1,600 huevos. Para que estos puedan eclosionar en cautiverio, se tienen que mantener a una temperatura de no más de 22⁰C. El crecimiento del embrión, se distingue desde el cuarto día después de la puesta (inicio de formación de estructuras del sistema nervioso y digestivo, aparición de ojos y branquias). A partir de su eclosión (sin extremidades) los *Ambystomas* empiezan a alimentarse de su vitelo (absorbiéndolo durante aproximadamente en una semana), lo cual utilizan como reserva energética para después buscar otro alimento (zooplancton). Entre la semana dos a la ocho aproximadamente desarrollan sus extremidades (Figura 1), para este momento habrán aumentado de talla y la medida de su boca, logrando

capturar presas de acuerdo al tamaño de esta como insectos pequeños. Su crecimiento continua hasta llegar a la etapa adulta (12 meses), que es cuando los gametos maduran (Legorreta, 2009).

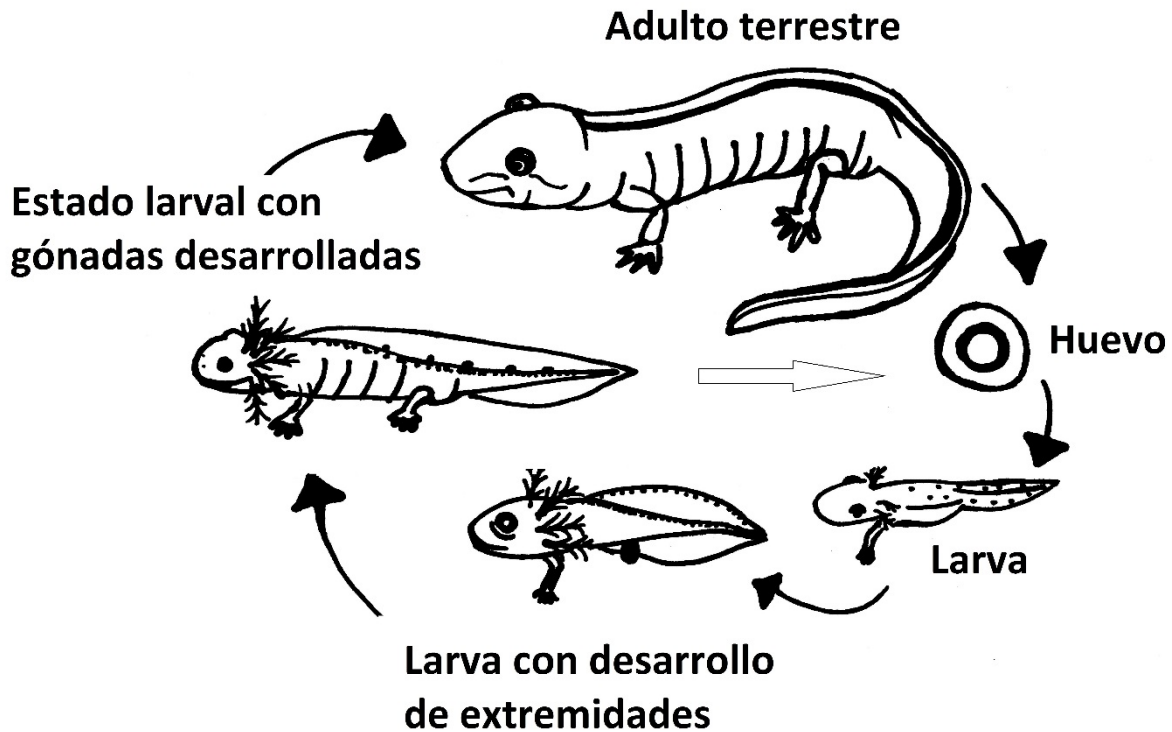


Figura 1. Ciclo de vida del *Ambystoma granulatum* (larval y terrestre).

En tanto a la descripción morfológica de los organismos de *A. granulatum*, estos son de color amarillo oliváceo, parte dorsal con manchas oscuras en el dorso, región ventral de color amarillo claro, parte dorsal más oscura, no viven en grupo, de piel permeable y con mucosa, tienen una longitud de hasta 30 cm, parte superior amplia con ojos pequeños sin párpados, con tres pares de branquias laterales externas,

con cuatro dedos en las extremidades anteriores y cinco en las posteriores, cada extremidad carente de uñas, con un peso promedio de 85 g (Fig. 2).

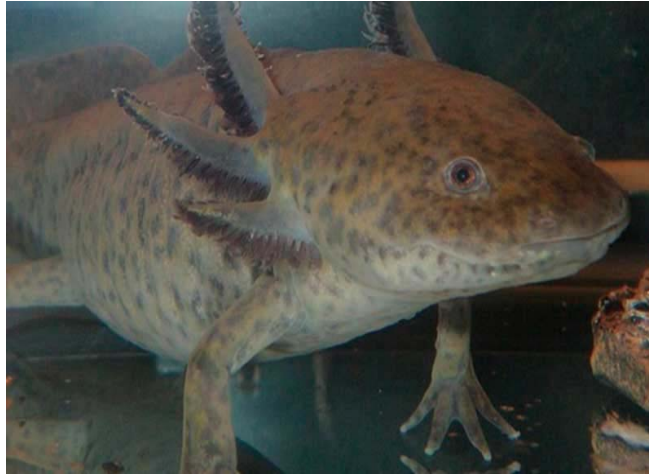


Fig. 2 *Ambystoma granuloseum*.

1.2 Factores de riesgo y medidas de conservación

En México tenemos algunas de las especies endémicas del género *Ambystoma* como, el *Ambystoma mexicanum*, (CDMX de Xochimilco) que es el *Ambystoma* más conocido; *Ambystoma amblycephalum* (de cabeza chata, Michoacán); el *Ambystoma bombypellum* (de piel fina, Estado de México); así como el *Ambystoma granuloseum* (ajolote granuloso, Estado de México), que se encuentran en peligro de extinción por la inserción de organismos no autóctonos, y es la especie utilizada como objeto de estudio en este trabajo. Dentro de las especies introducidas que afectan a *A. granuloseum*, se encuentran *Cyprinus carpio* (carpas), *Oreochromis niloticus* (tilapias), *Micropterus salmoides* (lobina negra), entre otras.

Otros factores que afectan la sobrevivencia de *A. granuloseum* son: la contaminación por aguas de drenaje, la presencia de fertilizantes y otros químicos, la agricultura,

la sobreexplotación para su uso medicinal y en general el aumento de la población. Estos factores han ido acabando con el sistema lagunar donde habita *A.granulosum* (CONABIO, 2011).

Aunado a esto, los ajolotes sufren de Chytridiomycosis, una enfermedad en su epidermis relacionada a los anfibios. Esta es producida por un hongo difícil de erradicar, infectando inclusive organismos en cautiverio. Una de las especies de ajolotes que se encuentra en la lista roja de animales en peligro de extinción de acuerdo a la NOM- 059 (Anon., 2010), coloca a *Ambystoma granulosum* en la posición de Pr (sujeto a protección especial). *A. granulosum* es una de las 51 especies del programa de Conservación de Especies Prioritarias. Estos anfibios han sido utilizados para estudios, analizando la pérdida de su diversidad genética, su capacidad de regeneración y por la fragmentación de hábitat. Para realizar estos estudios se requieren permisos, ya que se trata de una especie globalmente en peligro crítico (CONABIO, 2011).

1.3.1 Alimentación

Ecología alimentaria

La alimentación de las especies del género *Ambystoma* en vida silvestre, está constituida por diferentes organismos vivos obteniendo así una dieta variada, es decir, son carnívoros. Durante su etapa larval (primeras ocho semanas de desarrollo) se alimentan de zooplancton, cladóceros (*Moina macrocopa*, *Simocephalus vetulus*, *Alona rectangula*, *Macrothrix triserialis*, entre otros), los cuales son presas pequeñas menores a 0.5 mm de largo. La apertura de la boca

permite que estos sean consumidos en este estadio, adquiriendo los nutrientes y energía necesarios para llegar a la etapa adulta. Su dieta cambia en la etapa adulta por alimento de mayor tamaño, para lograr su supervivencia y posterior reproducción (López-Cuauhtémoc, 2009).

Como estrategia alimentaria, los ajolotes, son depredadores pasivos con un tracto digestivo simple (en forma de “j” y relativamente corto). Utilizan sus pequeños dientes rudimentarios (estructuras cartilagosas) dispuestos en hileras para retener a su presa, succionándola repentinamente, hasta ingerirla por completo. Como mecanismo de depredación, tomando en cuenta el tamaño de la boca del depredador (en este caso 3 cm) *Ambystoma granulosum* seleccionará a la presa de acuerdo a la distensión de su mandíbula (Gape limited predation (Lampert & Sommer, 2007). Si la presa es demasiado grande en comparación con su boca, será evitada, de lo contrario la podrá ingerir sin problema (Mundy, 1996). Tanto machos y hembras detectan su alimento mediante señales químicas, debido al movimiento en el agua, ya que carecen de buena visión. (Juanes, 1994).

Por otra parte, el alimento vivo requiere mantenerse saludable; suministrándoles alimento estandarizado para mantener su calidad y cantidad. En cultivos de organismos acuáticos ya sea para consumo humano o de ornato, es común darles alimento compactado. Este alimento está compuesto de diferentes ingredientes mezclados en diversas proporciones para complementarse obteniendo una dieta balanceada. Algunos ejemplos de alimento común para el *A. granulosum* son: insectos acuáticos (fig.3), grillos (fig. 4), tubifex (fig. 5), acociles (fig. 6), moluscos,

peces, lombrices, tenebrios y pequeños trozos de carne de res o pollo e inclusive larvas de anfibios llegando al canibalismo (Valiente, 2007).



Fig. 3 insectos acuaticos anfípodos (Amphipoda).



Fig. 4 grillos (*Acheta domestica*).



Fig. 5 tubifex (*Tubifex tubifex*).



Fig. 6 Acocil (*Cambarellus*).

Figuras 3-6: Ejemplos de alimento vivo usado en este trabajo.

1.3.2 Alimento seco o compactado

El alimento seco se divide en alimento de hundimiento rápido, de hundimiento lento y flotante; dependiendo del organismo al que se vaya otorgar de acuerdo a los hábitos alimentarios del mismo. Los alimentos generalmente pueden estar compuestos de harinas de: maíz, trigo, cebada, arroz, avena, pescado, calamar, sangre, aceites, grasa y sales. Se sabe que la nutrición de organismos acuáticos, es un área de investigación y desarrollo muy importante para la acuicultura o conservación. Este alimento balanceado tiene proteínas, lípidos, vitaminas, carbohidratos y minerales que otorgan una dieta rica en nutrimentos necesarios para el desarrollo de las especies a cultivar (FAO, 2010).

Los alimentos secos tienen proteínas, que son el componente más importante de las células. Estas son el grupo químico más abundante en el cuerpo de los animales y suministradas a la dieta (en este caso como presas), se catabolizan para la formación de lípidos y carbohidratos en el tejido. Activan enzimas para la generación de anticuerpos y hemoglobina. Por lo tanto, la información disponible de los requerimientos nutricionales en el alimento seco para organismos acuáticos es estudiada previamente, para así distribuirlo al mercado y de esta manera el comprador tenga certeza de que es un producto de calidad (FAO, 2010).

El alimento seco equivale hasta 50% de contenido energético necesario en la dieta de los individuos (20-50% de proteína). Por ejemplo, el alimento para trucha tiene aproximadamente 30% de aminoácidos, ayudando así al metabolismo celular, el cual contiene principalmente lisina, tirosina y cistina. Los lípidos son grasas que brindan energía y también actúan como lubricante, ayudando en el paso del

alimento por el tracto digestivo. Por lo cual, el alimento seco contiene los nutrientes necesarios para el desarrollo de diversos organismos, como ejemplo el alimento seco para trucha, que entre sus características, destaca su aroma lo cual ayuda al depredadora detectarlo más fácilmente (Rivas, 2010).

Estos alimentos compactados son fáciles de conseguir para las personas que pretenden cultivar peces u otros organismos para alimento o mascota. Cabe señalar que este tipo de alimento es de bajo costo, debido a su producción masiva y por la diversidad de organismos a los que se les otorga. El alimento seco, tiene diferentes tamaños y colores, así como diversos parámetros cuantitativos de nutrientes. Esto permite lograr la supervivencia de sus consumidores otorgándoles energía para su crecimiento y posterior reproducción (Fernández, 2002). Además, tiene la ventaja de poder almacenarse fácilmente (Machiney, 2016). Por lo general, a los ajolotes se les da alimento seco para peces ya que anatómicamente y por sus hábitos acuáticos tienen un parecido con los peces. Preferentemente se les da alimento compactado de flotación, ya que el alimento de fácil hundimiento ensucia más el agua y puede confundirse con rocas. Por otra parte, el ajolote lo podría consumir junto con las rocas o con alguna otra impureza presente en el agua, lo cual provocaría su pérdida de apetito e incluso su muerte (CIBAC, 2016).

1.3.3 Características de los tipos de alimento

Respecto a la alimentación del ajolote en vida libre, se han realizado estudios sobre su hábitat y análisis de contenidos estomacales. Estos indican que su dieta se basa principalmente en insectos hemípteros 34%, caracoles 31%, acociles 15% y 20% peces; variando de acuerdo al alimento disponible en la naturaleza. Cabe destacar,

que de estas presas obtienen las proteínas, carbohidratos y lípidos necesarios, por lo tanto, si no hay suficiente alimento, los *Ambystoma* no lograrían un estado óptimo de crecimiento (Arenas, 2009).

Actualmente, hay algunos indicios de que ciertas especies de *Cambarellus* “acociles” (por ejemplo, *Cambarellus montezumae*) están en peligro de extinción (Norma ECOL-2001). Esta especie, se ubica en lagos del valle de México y está en contacto con otras especies de *Ambystoma* por ende, en vida libre permiten el balance ecológico del sistema. Son una fuente importante de energía al ser presas de otros animales ya que contienen 40% de proteínas, 15% de grasas y 17% de carbohidratos; sin embargo, es una especie con potencial para ser cultivada. A pesar de esto, las especies que se venden en acuario no están en peligro de extinción, debido a que estos se cultivan en grandes cantidades.

Los anfípodos son una de las presas comunes en vida libre del *Ambystoma granulolum*. Estos crustáceos con altas abundancias en los cuerpos de agua lenticos (como los lagos) contienen una gran cantidad de proteína (alrededor de 85%), lípidos 6% y carbohidratos (9%). Poseen un tamaño de 5 mm aproximadamente (Plada-Jiménez, 2015). Otra presa de los ajolotes en vida libre son los notonéctidos que son insectos, pertenecen al orden de los hemípteros y también son consumidos en su estado larval por los humanos. Estos insectos, tienen abundancias altas en los cuerpos de agua; respecto a sus nutrientes es sabido que las larvas de estos artrópodos tienen un gran contenido proteico. Estos hemípteros fueron utilizados como presa por su presencia en lagos naturales y artificiales (FAO, 2013).

A sí mismo, los poecílidos (peces vertebrados pequeños) se venden en forma constante; debido a su gran reproducción como alimento de otros organismos más grandes o como mascota. Ejemplos de estos organismos, son los *Poecilia reticulata* (guppies), *Poecilia sphenops* (mollies) y peces que se venden comúnmente con el nombre de charal, aunque no sea *Menidia* o *Chirostoma* (organismos a los cuales pertenece dicho nombre) en esta tesis, nos referiremos con este nombre a la mezcla de especies que son comercializadas en los mercados de peces. Estos poecílidos también, se encuentran en cuerpos de agua donde se distribuyen los *Ambystoma*, no tienen la misma cantidad de proteínas que los peces grandes. Aunque, no dejan de poseerla y dado que no son de consumo humano, no hay estudios en cuanto sus características nutricionales (Blanco, 2005).

1.4 Preferencia alimentaria

La abundancia de las presas es un factor muy importante para la sobrevivencia de cualquier depredador de la red trófica, contribuyendo, al flujo de la energía. Estudios de ecología alimentaria determinan la relación ecológica entre las presas y el ambiente para entender la biología de diversos organismos como los *Ambystoma*. Se debe tomar en cuenta la relación depredador-presa de un organismo en peligro de extinción como lo es el ajolote para poder entender mejor su comportamiento de selección de presa, de tal manera que estos resultados contribuyan a salvaguardar a *A. granulosum* (Chaparro Herrera, 2014).

Por otra parte, la ecología alimentaria de *A. granulosum* está íntimamente relacionada con la selección de su presa, ya que se toma en cuenta su método de

captura de alimento respecto a el tamaño de la boca (Gape Predator Limited). Los *Ambystoma* prefieren a sus presas respecto a la abundancia en el que se encuentren y a sí mismo la cantidad de energía que les otorgará (Domínguez-Domínguez et al., 2002).

Actualmente con modelos matemáticos se pueden explicar estos procesos de selección para determinar si el consumo de ciertas presas es significativo o no. La preferencia alimentaria es el resultado de aspectos metabólicos, nutricionales, conductuales, así como de la disponibilidad del alimento y momento del día (Fuentes-Barradas, 2014). El conocimiento de estas preferencias resulta de gran valor ya que aporta conocimiento de la biología del organismo, ayudándonos a lograr una mejor conservación y cuidado del mismo (Domínguez-Domínguez et al., 2002).

El índice estadístico llamado alfa de Manly, permite conocer la preferencia del depredador (*Ambystoma granulosum*), es decir, si el consumo de presas (unidades de individuos consumidos por unidad de tiempo) es significativo ($P < 0.05$). La fórmula de alfa de Manly está basada en la probabilidad de presas (en similar densidad) que consume el depredador. Se puede inferir las necesidades ecológicas para cualquier especie indicando un intervalo de 0 a 1, si el valor del índice es mayor a 0.5, entonces es de preferencia y si el valor es menor lo evita (Acosta, 2008).

Alfa de Manly muestra valores que miden la probabilidad de que una presa sea seleccionada estando otras presas en igual disposición (Krebs, 1999). En el experimento este índice tuvo gran importancia para cumplir los objetivos

determinando la preferencia alimentaria de *A. granulorum* en machos y hembras adultos.

2. Justificación

Ambystoma granulorum es una especie de anfibio amenazada, por lo que se han realizado esfuerzos de cultivo en cautiverio, estos esfuerzos de conservación *ex situ* pueden fallar debido entre otras causas, a la falta de conocimientos sobre los aspectos de alimentación. Pese a los datos disponibles sobre sus hábitos alimentarios, esta información puede ser mejorada para obtener resultados favorables. La sobrevivencia de los ajolotes está ligada al conocimiento de su biología y al tipo de alimentación disponible. El invertir en el alimento de *A. granulorum* es una buena opción para obtener mejores resultados en la crianza, por lo que se debe de optar por alimentos que nutran y sean de bajo costo, una buena alternativa es ofrecer alimento seco junto con alimento vivo para mejorar la supervivencia de los ajolotes.

Por otra parte, *A. granulorum* puede presentar canibalismo cuando el alimento no cumple con sus demandas nutricionales. Para prevenir esto es necesario ofrecer dietas balanceadas en una cantidad adecuada, ya que esto conduciría a la disminución en la densidad de la población (Fuentes-Barradas, 2014). Los ajolotes se alimentan de una variedad de artrópodos (larvas y adultos) y peces (huevos y juveniles) de diferentes especies (Zambrano et al., 2010). Estos organismos vivos pueden ser utilizados como alimento para los ajolotes en cautiverio porque son de bajo costo, ya que son producidos por piscicultores y productores de insectos ya

establecidos. Sin embargo, el costo del alimento seco es menor por lo que la gente prefiere comprar este alimento, lamentablemente existen pocos estudios sobre el consumo de alimento seco por *A. granulatum*. A pesar de las ventajas que tiene este alimento en cuanto a nutrientes, se tiene como desventaja que los ajolotes se basan principalmente en el movimiento de las presas para estimular su caza (Fuentes-Barradas, 2014) por lo que, este trabajo propone ofrecer alimento de bajo costo y fácil de capturar e ingerir por los ajolotes, determinando la preferencia alimentaria sobre las diferentes presas propuestas. El cuidado de esta especie es prioritario tanto como mascota, en cautiverio, e investigación, para de esta manera rescatar su pool genético y así continuar con su conservación (Domínguez-Domínguez et al; 2002).



Fig. 7 Ejemplo de ajolote (*Ambystoma granulatum*).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar la preferencia alimentaria de *Ambystoma granulosum* adultos, ofreciendo presas vivas y alimento seco compactado de diferentes tamaños.

3.2 Objetivos particulares

-Conocer la preferencia alimentaria de machos y hembras adultos (con y sin ayuno) de *Ambystoma granulosum* ofreciendo peces como presas.

-Identificar la preferencia alimentaria de machos y hembras adultos (con y sin ayuno) de *Ambystoma granulosum* ofreciendo artrópodos como presas.

-Analizar la preferencia alimentaria de machos y hembras adultos (con y sin ayuno) de *Ambystoma granulosum* ofreciendo alimento seco compactado.

4. Materiales y métodos

4.1 Obtención y mantenimiento de *Ambystoma granulosum*

Los individuos de *A. granulosum* utilizados en este estudio fueron donados por el laboratorio de Herpetología (Vivario) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES-I), al laboratorio de Zoología Acuática, contribuyendo ambos al cuidado, reproducción y preservación de esta especie endémica).

Dichos organismos, se mantuvieron en el laboratorio de Zoología Acuática en acuarios de vidrio con capacidad de 40 litros, en 20 litros de agua, con aeración constante, manteniéndolos en temperaturas entre 10-18°C, sin exponerlos directamente a la radiación solar, dentro de un sitio adaptado para su cultivo en el exterior. En los acuarios se colocó vegetación acuática (lirio *Eichhornia crassipes*), para simular lo más parecido su ambiente natural. Se separaron los organismos de *A. granulosum* de acuerdo a su talla, para evitar que se presentara el canibalismo (Tapia, 2010).

Los adultos de *A. granulosum* se alimentaron *ad libitum*, manteniendo alimento vivo siempre presente, generalmente peces poecílidos, que en el mercado se venden con el nombre de charal y tubifex de la clase Oligochaeta equivalente a 20 ml de volumen. El tamaño de los depredadores adultos fue de 25 a 30 centímetros, se les cambio el medio antes de cada experimento con agua reposada (libre de cloro). Para su cuidado independientemente de los experimentos se cambiaba el agua y se lavaban los acuarios normalmente cada tercer día.

4.2 Obtención y mantenimiento de las diferentes dietas

Para los experimentos se utilizó alimento seco y alimento vivo. El seco estaba compactado y se utilizaron cuatro diferentes tamaños (7, 5, 3 y 1.5 mm), con forma redondeada (flotante). Este alimento se consiguió en La forrajera del norte, que es un centro de nutrición animal, ubicada en la Colonia Palmatitla, Cuautepec.

Las presas vivas nunca presentaron alguna enfermedad en su piel y tuvieron un comportamiento normal. Los artrópodos hemípteros (notonéctidos), fueron colectados en un lago artificial, ubicado en el parque Tezozómoc (delegación Azcapotzalco). Se obtuvieron los anfípodos, de un cultivo de zooplancton del laboratorio de zoología acuática. Finalmente, los acociles se compraron en el mercado de Mixhuca, este mercado se especializa en la venta de animales acuáticos y alimento para los mismos. Los vertebrados utilizados fueron peces poecílicos: guppies (*Poecilia reticulata*), mollies (*Poecilia sphenops*) y peces vendidos comúnmente en los acuarios como charal (sin ser del género *Chirostoma*), obtenidos también del mercado de peces de Mixhuca. Todas estas presas vivas, se enjuagaron con agua de grifo para estar libres del agua en la que se encontraban antes de los experimentos. Este procedimiento se realizó para cada tratamiento. Se contabilizaron veinte por cada tratamiento y posteriormente se colocaron las presas en los acuarios con el agua libre de cloro.

4.2.1 Presas invertebradas

Anfípodos: (*Amphipoda*) son artrópodos acuáticos pequeños considerados micro crustáceos de color gris o marrón que miden no más de 20 mm. Se colectaron de

un cultivo de zooplancton del laboratorio de zoología acuática de la FES-I (UNAM) ya que se desarrollan muy bien entre esta vegetación, fueron separados y contados para ofrecerlos como presa.

Notonéctidos: (*Notonectidae*) son organismos acuáticos, insectos pequeños que pertenecen al género Hemíptera que utilizan sus apéndices natatorios para su desplazamiento en lagos. Alcanzan una talla máxima de 2 cm de longitud. Su coloración es diversa variando desde café, marrón y amarillento. Estos se colectaron en el lago artificial del parque Tezozómoc en la delegación Azcapotzalco, con el permiso correspondiente emitido por las autoridades del parque utilizando una red.

Acociles: (*Cambarellus*) son crustáceos decápodos que se consiguen fácilmente en el mercado de Mixhuca. Comprándose en estado joven presentan una coloración grisácea. Asimismo, son conocidos por su gran contenido proteico (40%), habitan en lagos del valle de México y miden alrededor de 3 cm y ese mismo tamaño fue utilizado en este trabajo.

4.2.2 Presas vertebradas

Guppies: (*Poecilia reticulata*) es un pez común en acuarios y en vida libre se localiza en lagos. En este trabajo, se utilizaron indistintamente machos y hembras, de estos poecilidos. Estos peces, miden de 2 a 4 cm. Los guppies utilizados en este experimento midieron 2 cm.

Mollies: (*Poecilia sphenops*) son peces rechonchos de coloración variada de negro o pinto con color naranja. En vida libre habitan en charcas y lagos. Pueden medir

hasta 10 cm, sin embargo, en los acuarios no miden más de tres. Para este trabajo se utilizaron mollies con un tamaño entre 2 a 2.5 cm.

Charales: (poecílicos coloquialmente nombrados charal) son cultivados en acuarios comunes y los venden como charales, aunque no sean del género *Menidia* o *Chirostoma*. Son pequeños y grisáceos de alrededor de tres cm o menos.

Se debe mencionar que todas estas presas, se escogieron por su capacidad de mantenerse en las condiciones que requiere el ajolote para vivir, es decir, condiciones de agua, temperatura y pH. Las presas seleccionadas para ser utilizadas en este trabajo se determinaron de acuerdo a su disponibilidad y bajo costo, para otorgar como alimento al ajolote.

Alimento seco: Se obtuvieron cuatro tamaños diferentes de alimento (compactado flotante y de mismos parámetros nutricionales) para peces. Este alimento es comprado por kilos o dependiendo de la cantidad que el consumidor necesite, son de bajo costo y se encontraba en buenas condiciones (sin hongos). Se utilizaron cuatro tamaños de alimento de flotación para peces (ver Fig. 8) y su medición se determinó utilizando un vernier y dichos alimentos presentaban las siguientes medidas: 1.5 mm, 3.0 mm, 5 mm y 7 mm).

Se compró alimento de trucha flotante compactado de la marca Biofingerlin (ver Fig. 8 y tabla 1):

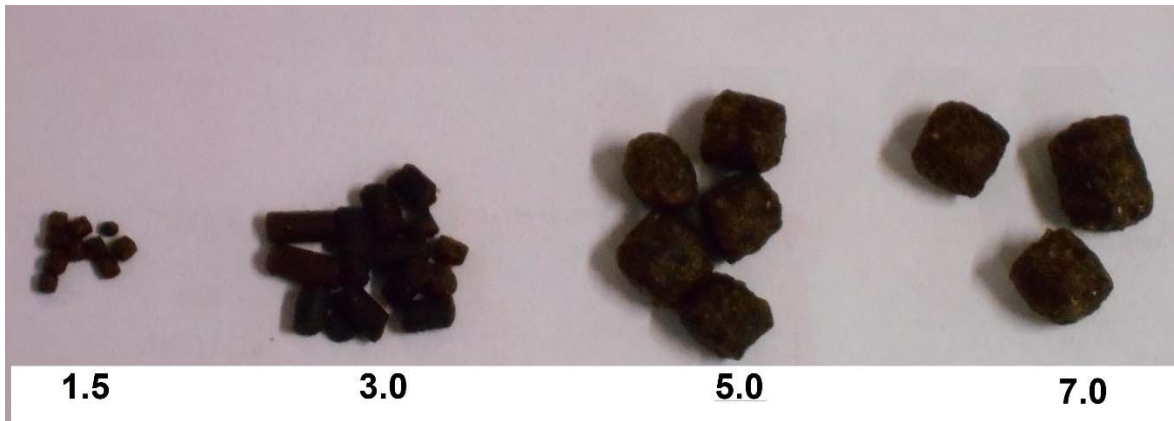


Fig. 8 Diferentes tipos de alimento compactado utilizados durante la fase experimental, de izquierda a derecha se menciona su nombre comercial: Biofingerlin 1.5, Biofingerlin 2.5, Trucha 2 y Tucha 3.

4.3 Morfometría y peso de las presas

Cabe mencionar que para la deshidratación se utilizó un horno de laboratorio (Rius Rocha, modelo E-501), posteriormente se tomó el peso en una balanza analítica.

Para determinar la morfometría y el peso seco, se utilizaron 20 individuos de cada especie de presas, Para obtener la morfometría (longitud y ancho), se utilizó el programa Image J (imagej.nih.gov/ij/download/) y se determinó la media de los 20 individuos. Para obtener el peso seco, se procedió a obtener el peso constante de cada una de las presas al mantenerlas en un horno a 60°C. Cada especie diferente de presa fue colocada muerta (sacrificada con alcohol al 70%) en charolas de aluminio previamente marcadas. Finalmente, el valor del peso seco de cada presa con la charola fue restado al peso seco de la charola y se obtuvo la media de los pesos para cada especie de presa (Fig. 9).



Fig. 9 Charolas usadas para tomar el peso seco de las presas.

Los individuos de *Ambystoma granulosum* fueron divididos en dos grupos: machos y hembras adultos. Se midieron tomando una foto de cada ajolote sobre una hoja milimétrica, para después con el programa Image J, determinar la longitud de cada individuo. En cuanto a la boca, no fue mayor a cinco cm de ancho (Figura 10).

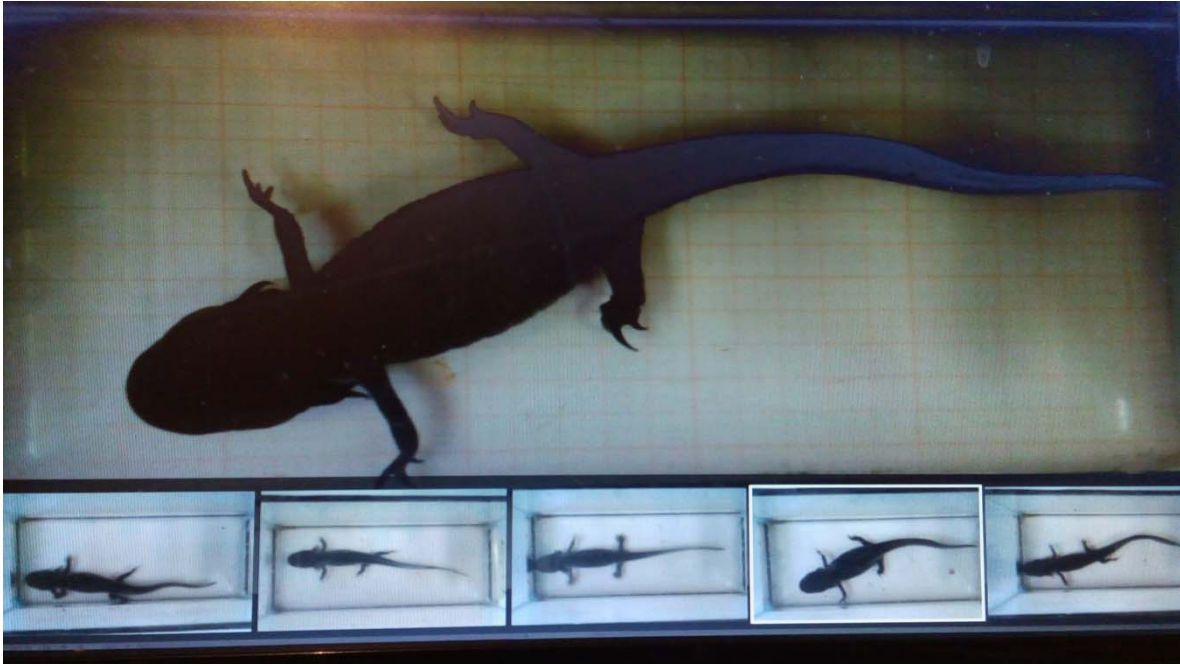


Fig. 10 Método usado para tomar las medidas de los ajolotes.

4.4 Preferencia alimentaria con alimento vivo

De machos y hembras (Fig.11) por medio el programa Image J se obtuvo una longitud aproximada de <100 mm de hocico a cloaca. Cada acuario mantuvo un individuo adulto. En total, se utilizaron seis *A. granulose* adultos (3 hembras y 3 machos).

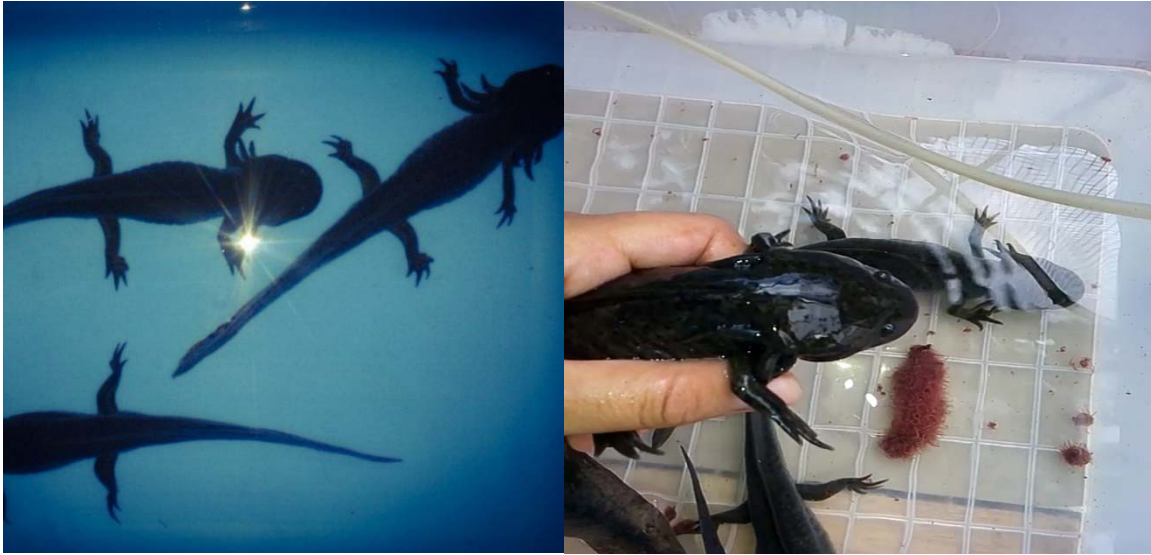


Fig. 11 (individuos de *Ambystoma granulosem*).

Se separaron y colocaron a los individuos (machos y hembras) en acuarios limpios con agua libre de cloro para cada repetición. Posteriormente, se colocó un individuo por acuario para cada tratamiento. Todos los objetos de estudio se mantuvieron en agua libre de cloro (reposada) y se mantuvieron con alimentación durante 2 horas para cada tratamiento. Los individuos utilizados para los experimentos sin ayuno (*ad libitum*), fueron trasladados directamente a acuarios experimentales. Los individuos utilizados para los experimentos en ayuno (6 horas) se mantuvieron en acuarios sin alimento y posteriormente fueron trasladados a los acuarios experimentales.

Para los experimentos, se permitió que los ajolotes de todos los tratamientos se alimentaran durante dos horas. Los vertebrados (Fig. 12) ofrecidos fueron peces (mollies, guppies y charales) y los invertebrados fueron artrópodos (acociles, notonéctidos y anfípodos). En cuanto a los acociles, fueron elegidos los ejemplares

sanos de tres cm (Fig. 13). Los notonéctidos fueron limpiados para no tener residuos del agua del lago en el que se colectaron, procurando que los organismos tuvieran una medida aproximada de 1.5 cm de longitud (Fig. 14). Los acociles fueron elegidos de 3 cm. Por último, los anfípodos fueron separados del cultivo de lirio del laboratorio de Zoología Acuática. Se contaron uno por uno con cuidado, ya que son de tamaño pequeño (5 mm aproximadamente). Los individuos utilizados en los experimentos, fueron seleccionados de acuerdo a su talla (Fig. 15).

Se ofrecieron 20 individuos de cada presa en 20 litros de agua. Después del tiempo de alimentación se retiraron los peces y artrópodos para posteriormente ser contabilizados y conocer cuántas presas consumieron. Cada tratamiento se realizó utilizando tres replicas. Posteriormente, se obtuvo el índice de preferencia de alfa de Manly (ver anexo 1) para conocer las presas preferidas por *A. granulorum* (Fig.16).



Fig. 12 Presas vertebradas.



Fig. 13 Acociles (*Cambarellus*).



Fig. 14 Notonéctidos (*Notonectidae*).



Fig. 15 Anfípodos (*Amphipoda*).



Fig. 16 Ejemplo de experimentos.

4.5 Diagrama de flujo

En el siguiente cuadro se muestran los procedimientos para los tratamientos que se realizaron (Fig. 17).

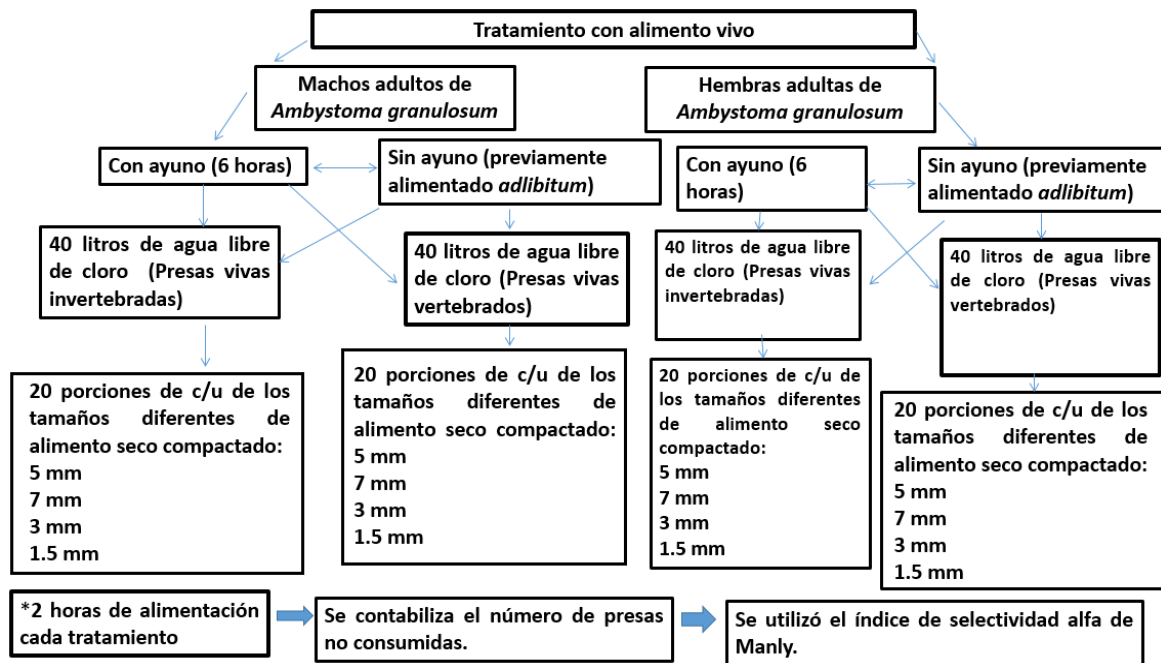


Fig. 17: Tratamiento con alimento vivo

4.6 Preferencia alimentaria con alimento seco

Alimento seco como presa

Previamente el alimento seco fue refrigerado, para que ninguno de los cuatro tamaños del alimento seco compactado generara algún tipo de hongo y se mantuviera en buen estado. Posteriormente, cada tamaño del alimento seco se colocó, dentro de los acuarios según correspondiera el tratamiento. Se colocaron dentro de los acuarios con suficiente aireación (para que este alimento tuviera

movimiento) y de esta manera, el alimento compactado, fuera mejor detectado por los depredadores. Posterior a la colocación de las presas (alimento seco), se colocaron a los ajolotes y se tomó el tiempo exacto de consumo.

Experimentos preliminares mostraron que el alimento compactado no pierde su forma, al permanecer tres horas dentro del medio acuático. Por ende, el tiempo seleccionado de alimentación se restringió a dos horas. Después del tiempo de alimentación, los ajolotes fueron separados de los acuarios y el alimento seco sobrante que no consumieron, fue contabilizado obteniendo la diferencia entre el número inicial y el número final de alimento compactado obteniendo así el número de alimento seco compactado consumido.

Con el fin de determinar si los ajolotes pueden preferir alimentarse de alimento seco, se realizó un experimento que contenía exclusivamente alimento seco. Para ello, se seleccionaron cuatro diferentes tipos de tamaños. En este experimento se les ofreció alimento seco a los machos y hembras de *Ambystoma* de manera separada, con y sin ayuno. La combinación de dieta consistió en proporcionar 20 porciones de cada uno de los alimentos compactados seleccionados de cada tamaño diferente en agua reposada (10 litros).

Se utilizaron como modelos experimentales a machos y hembras de *A. granulosum* en tratamientos de preferencia alimentaria de alimento seco con ayuno (seis horas) y sin ayuno (*ad libitum*). Se les dejó alimentándose durante dos horas (por cada tamaño de alimento). Se realizó un experimento complementario, permitiendo que un macho y una hembra de *A. granulosum* por separado, se alimentaran durante

dos horas de los cuatro tipos de alimento en diversas porciones (un solo alimento seco de tamaño 5 mm, un alimento seco de 7 mm, cinco de 3 mm y 50 de 1.5 mm) para hacer una comparación respecto a la densidad consumida de alimento vivo.

Los *A. granulorum*, tuvieron la oportunidad de elegir entre diferentes presas y de acuerdo a su consumo se cuantificó la cantidad de organismos consumidos. A cada ajolote se le dejó alimentarse durante un lapso de dos horas, con una temperatura entre $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Para determinar la preferencia de machos y hembras con y sin ayuno se utilizó el programa Sigma Plot versión 11.0 para realizar el análisis estadístico mediante el índice de selectividad de alfa de Manly.

4.7 Diagrama de flujo

Los siguientes diagramas muestran los procedimientos para los tratamientos que se realizaron (Figs. 18, 19).

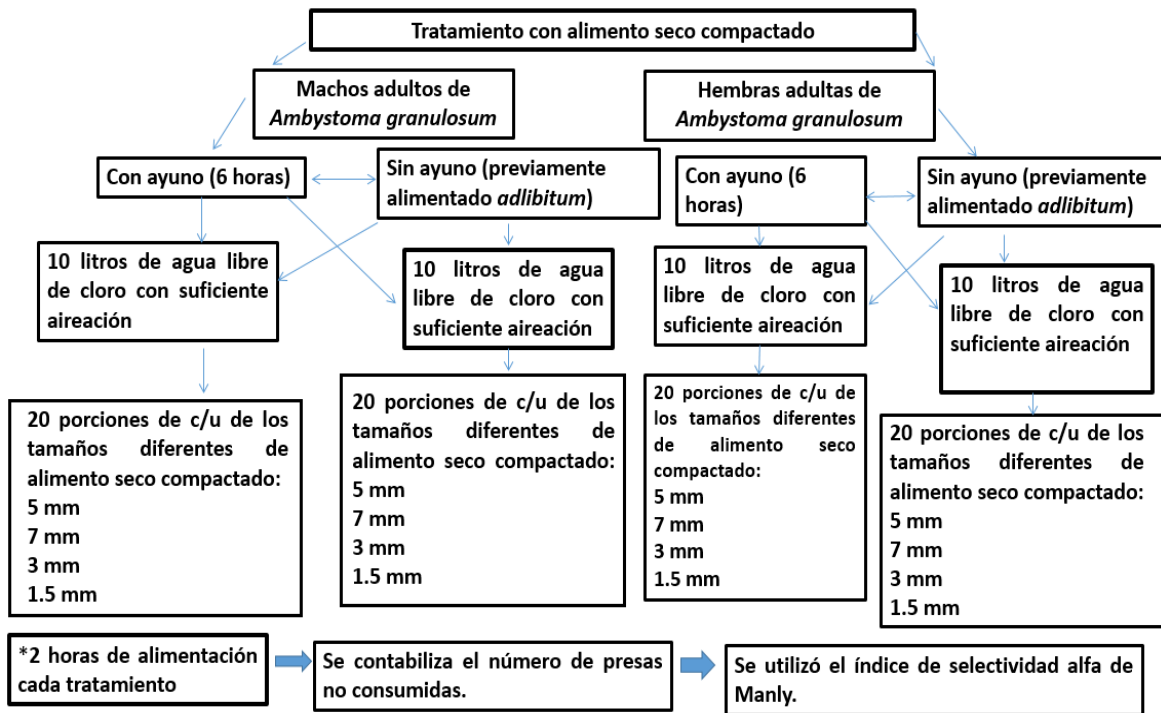


Fig. 18 Tratamiento con alimento seco compactado.

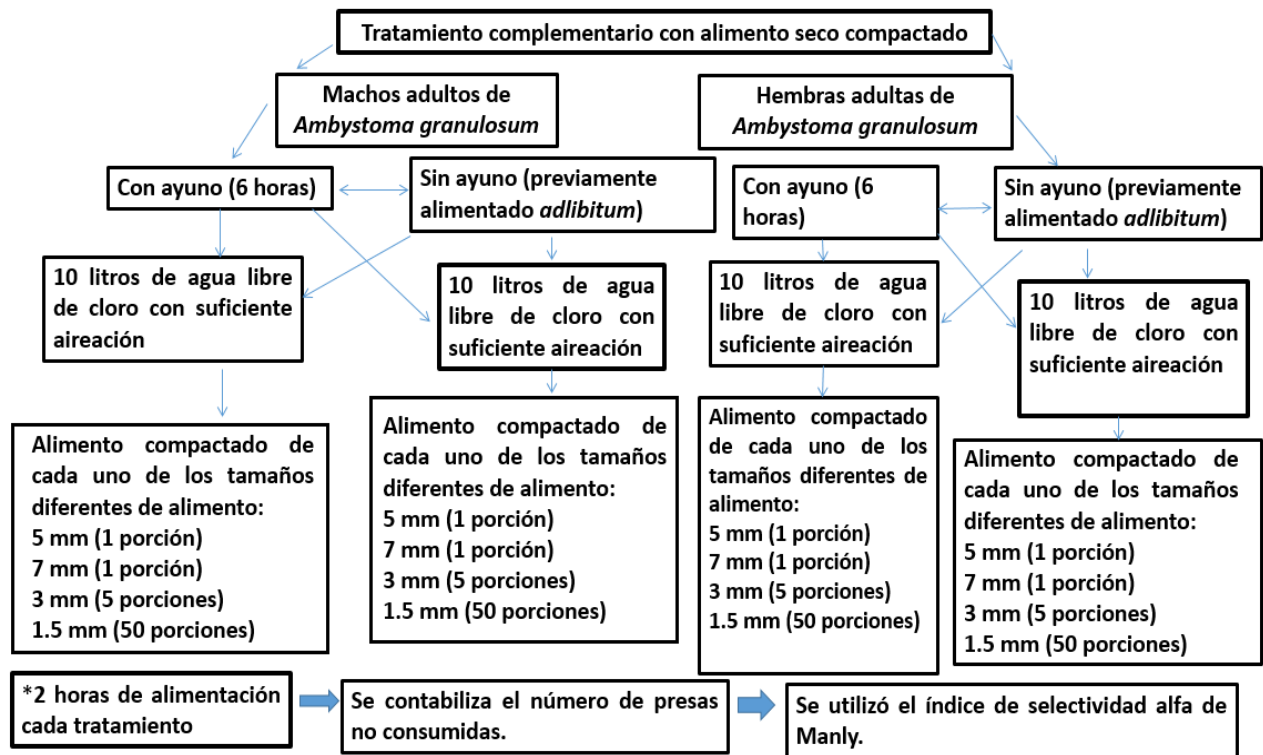


Fig. 19. Tratamiento complementario con alimento seco compactado.

5 Resultados

5.1 Morfometría y peso

En este trabajo, los datos morfométricos de ajolotes son presentados en la tabla 2. Los machos tuvieron mayor longitud que las hembras. Sin embargo, en términos de peso, el de las hembras fue mayor. En general el diámetro de la boca estuvo en un intervalo de 2.4–2.8 cm dependiendo el sexo de cada individuo. Las hembras presentaron apertura de boca más pequeña en comparación a los machos. El diámetro de cabeza de ajolotes hembras y machos fue de 3.4 cm y 3.3 cm respectivamente. La longitud del hocico a cloaca de los ajolotes hembras y machos no presentaron diferencias (11.8 cm), Por otra parte, la longitud de la cola fue más larga en machos (13.6 cm) que en hembras (12.9 cm).

Tabla 1. Los valores de la siguiente tabla indican promedio y error estándar para cada parámetro de seis individuos, basados en sus medidas en centímetros y peso húmedo en gramos.

| Parámetro | Sexo de Ajolotes | |
|---|------------------|---------------|
| | <i>Hembras</i> | <i>Machos</i> |
| Longitud total (cm) | 21.6 ± 2.9 | 25.4 ± 0.8 |
| Diámetro de boca (cm) | 2.5 ± 0.1 | 2.7 ± 0.1 |
| Diámetro de cabeza (cm) | 3.4 ± 0.1 | 3.3 ± 0.1 |
| Longitud de cuerpo (hocico a cloaca) (cm) | 11.8 ± 0.4 | 11.8 ± 0.3 |
| Longitud de cola (cm) | 12.9 ± 0.3 | 13.6 ± 0.6 |
| Peso húmedo (g) | 51.7 ± 17.3 | 40.3 ± 5.0 |

La tabla 2 muestra los resultados de peso seco de los organismos que fueron proporcionados como presa viva tanto de vertebrados (peces poecílidos: guppies, mollies y charal) y de invertebrados (acociles notonéctidos y anfípodos).

Tabla 2. Peso seco de las presas usadas.

| Presa | Peso seco (mg) |
|--|-----------------------|
| Notonéctidos | 7.21 |
| <i>Cambarellus</i> sp* | 28.0 |
| Anfipodos | 0.22 |
| Guppies (<i>Poecilia reticulata</i>) | 36.0 |
| Mollie (<i>Poecilia sphenops</i>) | 93.0 |
| Poecílicos (<i>Chirostoma</i>) | 13.9 |

*Tomado de la literatura (Castro-Mejía et al., 2011).

5.2 Preferencia alimentaria y consumo en biomasa del alimento vivo

Todas las especies de alimento vivo fueron consumidas por machos y hembras de *A. granulorum* en ambas condiciones (con y sin ayuno). Dependiendo del tipo de alimento vivo las hembras y machos de ajolotes con y sin ayuno, consumieron distintas cantidades de presas y biomasa proporcionadas.

5.3 Ingestión de biomasa de artrópodos por machos

En términos de biomasa, la cantidad de presas consumidas por las hembras de ajolote en condiciones con y sin ayuno, fue diferente en comparación con los machos. Las hembras consumieron hasta 20 mg de biomasa de acociles y hasta 40 mg de biomasa en notonéctidos aunque, cuando estas se mantuvieron en ayuno, la cantidad de notonéctidos consumida fue más baja que sin ayuno. Por otra parte, la

cantidad de anfípodos consumidos por las hembras en ambos tratamientos fue más baja con respecto a la presa anterior (5 mg).

5.4 Ingesta en biomasa de artrópodos por hembras

Los experimentos hechos con y sin ayuno, indicaron que en términos de biomasa, los notonéctidos fueron más consumidos en comparación a los acociles y anfípodos. Los machos con ayuno consumieron hasta 60 mg de biomasa de notonéctidos. Sin embargo, en condiciones sin ayuno, la biomasa que consumieron fue menor (40mg). Por otra parte, los machos no consumieron acociles independientemente de estar en condiciones de ayuno y sin inanición (Fig. 20).

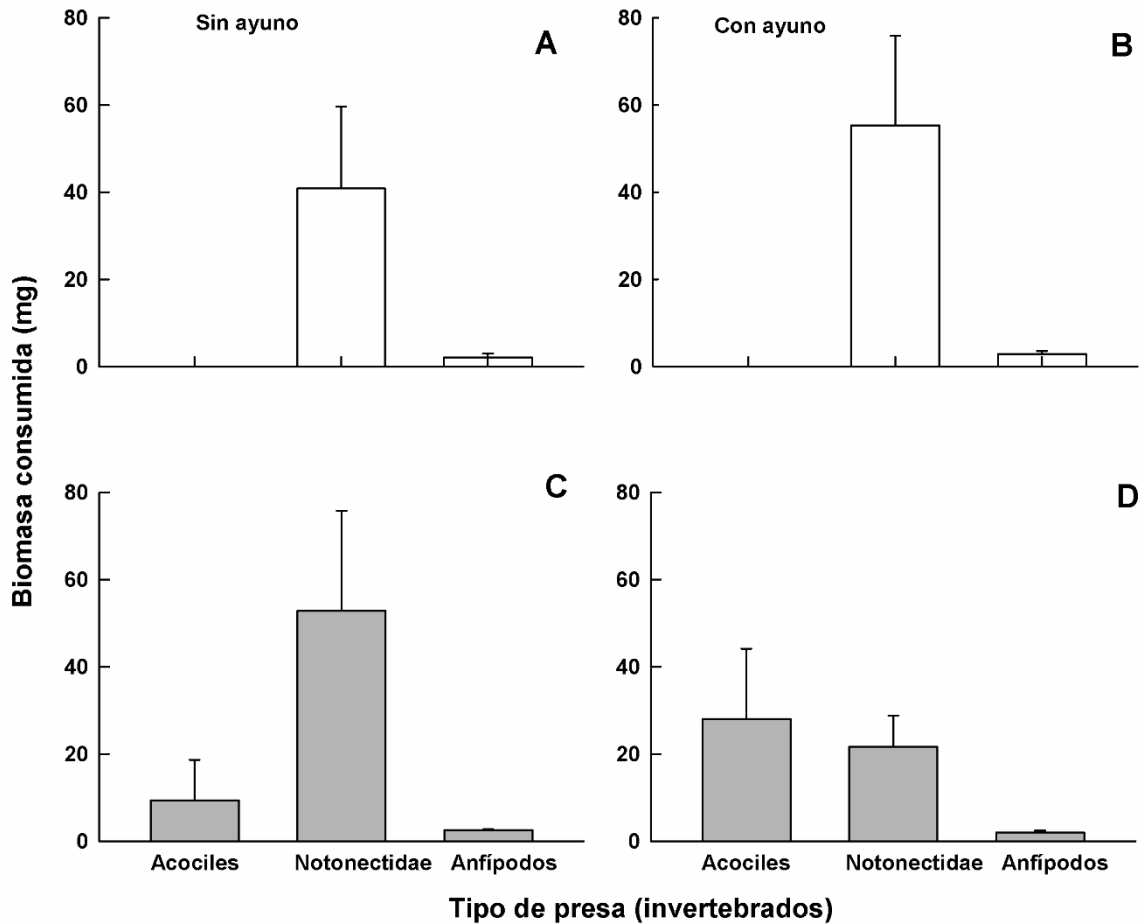


Figura 20. Biomasa (mg) de presas invertebradas consumidas sin y con ayuno por ajolotes machos y hembras.

5.5 Ingesta por machos en términos numéricos de invertebrados

Los machos de ajolote consumieron grandes cantidades de anfípodos (hasta 13 individuos) y notonéctidos (8 individuos). En ambos casos los acociles fueron evitados. Los machos con ayuno consumieron una gran cantidad de anfípodos y notonéctidos, en comparación a aquellos sin ayuno.

5.6 Ingesta en términos numéricos de invertebrados en hembras

De acuerdo al número de presas consumidas por las hembras de ajolote en ambas condiciones experimentales, las hembras en condiciones de inanición consumieron un gran número de anfípodos (hasta 12 individuos). Mientras que con ayuno el consumo fue bajo (9 individuos). Los notonéctidos fueron consumidos en altos números por las hembras sin ayuno y con ayuno (Fig. 21). Un aspecto interesante en este trabajo fue que únicamente las hembras ajolote consumieron de acociles, no obstante, el número fue muy bajo (hasta 2 individuos).

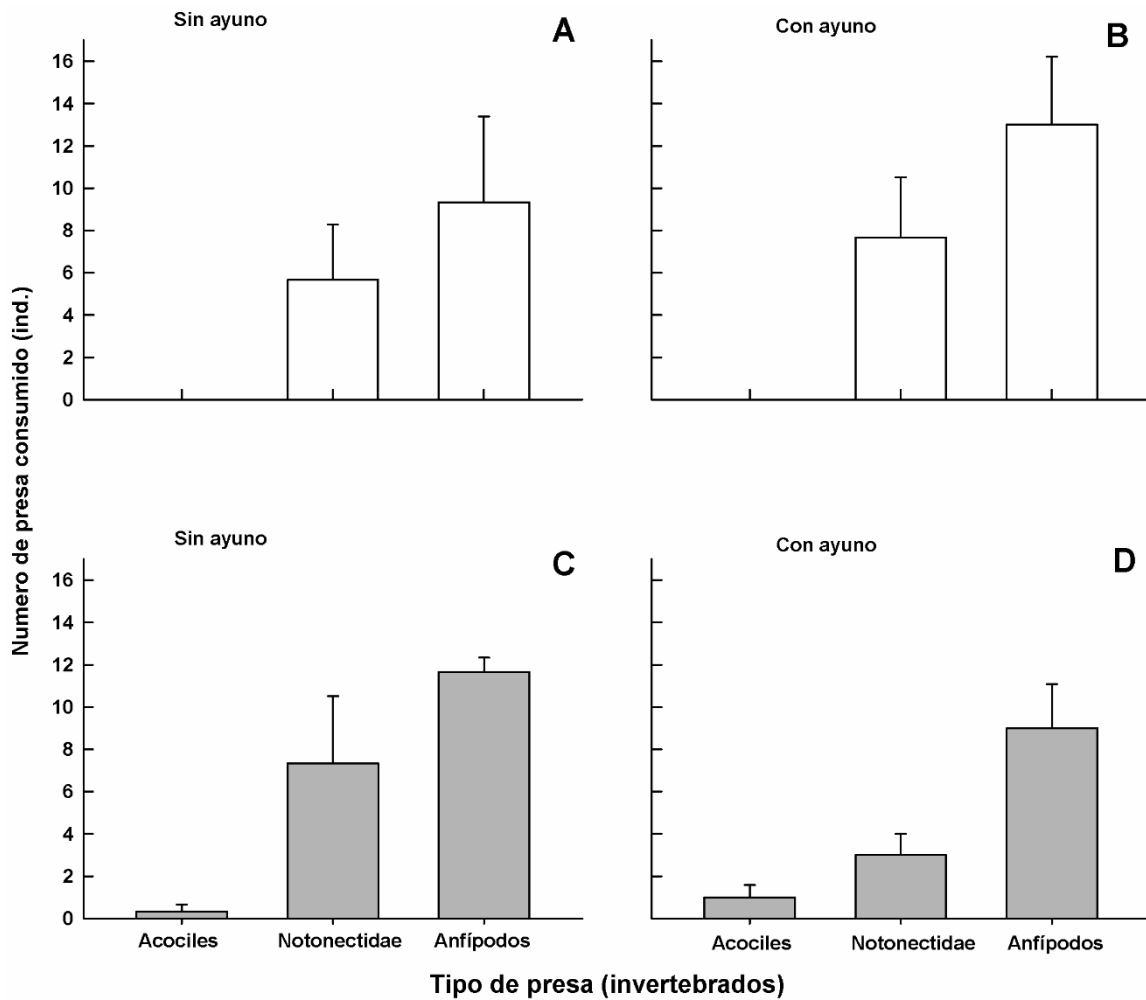


Figura 21. Número de presas invertebradas ingeridas en ambas condiciones experimentales por ajolotes machos y hembras.

5.7 Ingestión de biomasa de vertebrados por machos

Cuando los vertebrados fueron utilizados como presa (en términos de biomasa) los mollies fueron consumidos igualmente por los ajolotes machos independientemente de las condiciones experimentales. Cuando los machos de ajolotes estaban en condición de inanición, la biomasa de charales fue menor, mientras que en los

machos con ayuno fue mayor. Los machos consumieron guppies en menor biomasa (5 mg) en comparación a los que estuvieron en inanición.

5.8 Ingestión por hembras de vertebrados en biomasa

Las hembras de ajolotes con o sin ayuno consumieron hasta 110 mg en biomasa de mollies, aunque, hubo diferencias con respecto a las otras dos presas ofrecidas. Los peces guppies fueron consumidos en alta biomasa en condición sin inanición, pero en bajo número de captura. En general, en ambas condiciones experimentales las consumieron una menor cantidad de poecílicos, alcanzando valores de hasta 40 mg (Fig. 22).

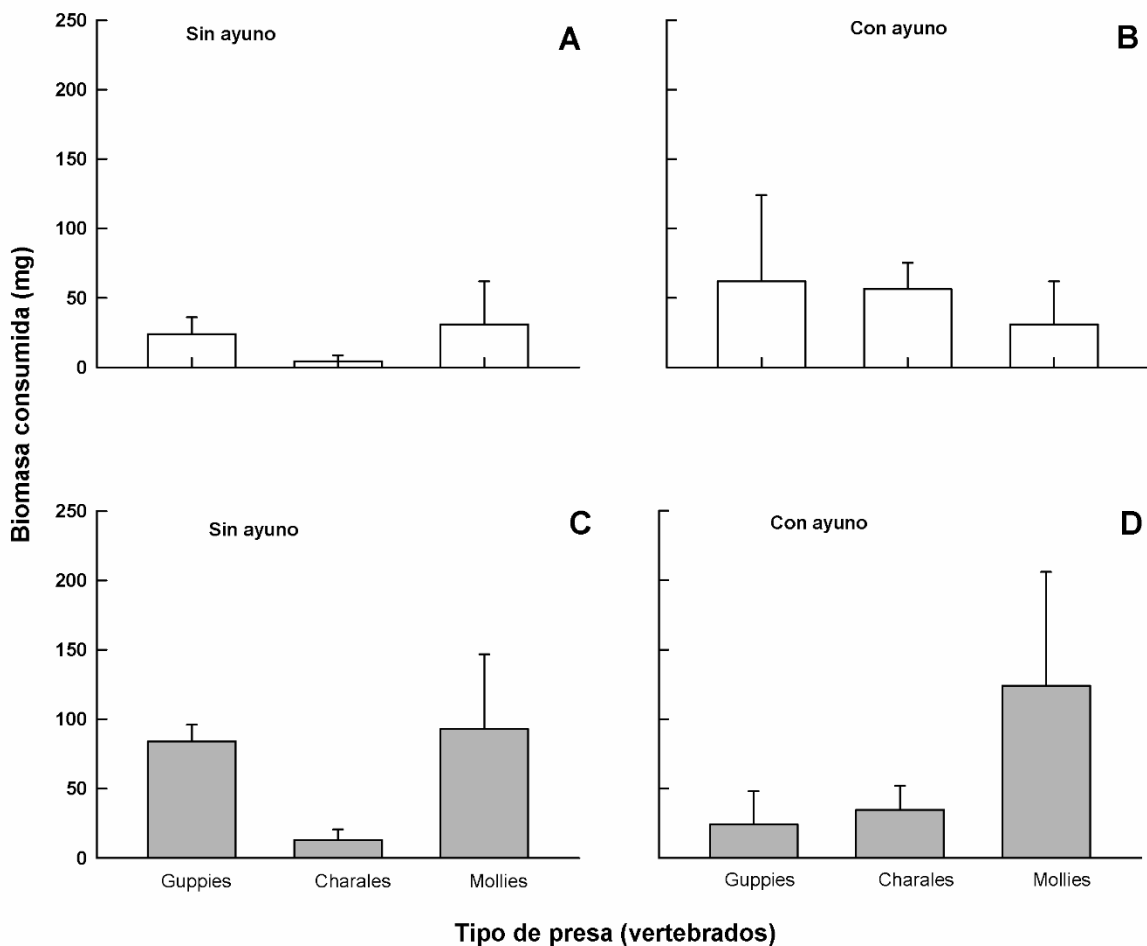


Fig. 22. Biomasa (mg) de presas de vertebrados consumida sin y con ayuno por ajolotes machos y hembras.

5.9 Ingesta en términos numéricos de vertebrados por ajolotes macho

En término de números de presa, los machos de ajolote en condiciones sin inanición consumieron un número muy bajo de peces. Los depredadores, ingirieron como máximo un individuo de alguna de las tres especies ofrecidas. Pero, bajo ayuno, los machos consumieron hasta cuatro poecílicos. En ambos casos (con y sin ayuno) tampoco consumieron más de un individuo de guppie o mollie.

5.9.1 Ingesta de vertebrados por hembras en términos numéricos

En términos de número de presas consumidas por las hembras en inanición, las tres especies fueron consumidas. Los guppies fueron consumidos en mayor cantidad y aquellos que no tuvieron ayuno consumieron más poecílicos. Las hembras de ajolote nunca consumieron más de dos individuos de mollies (Fig. 23).

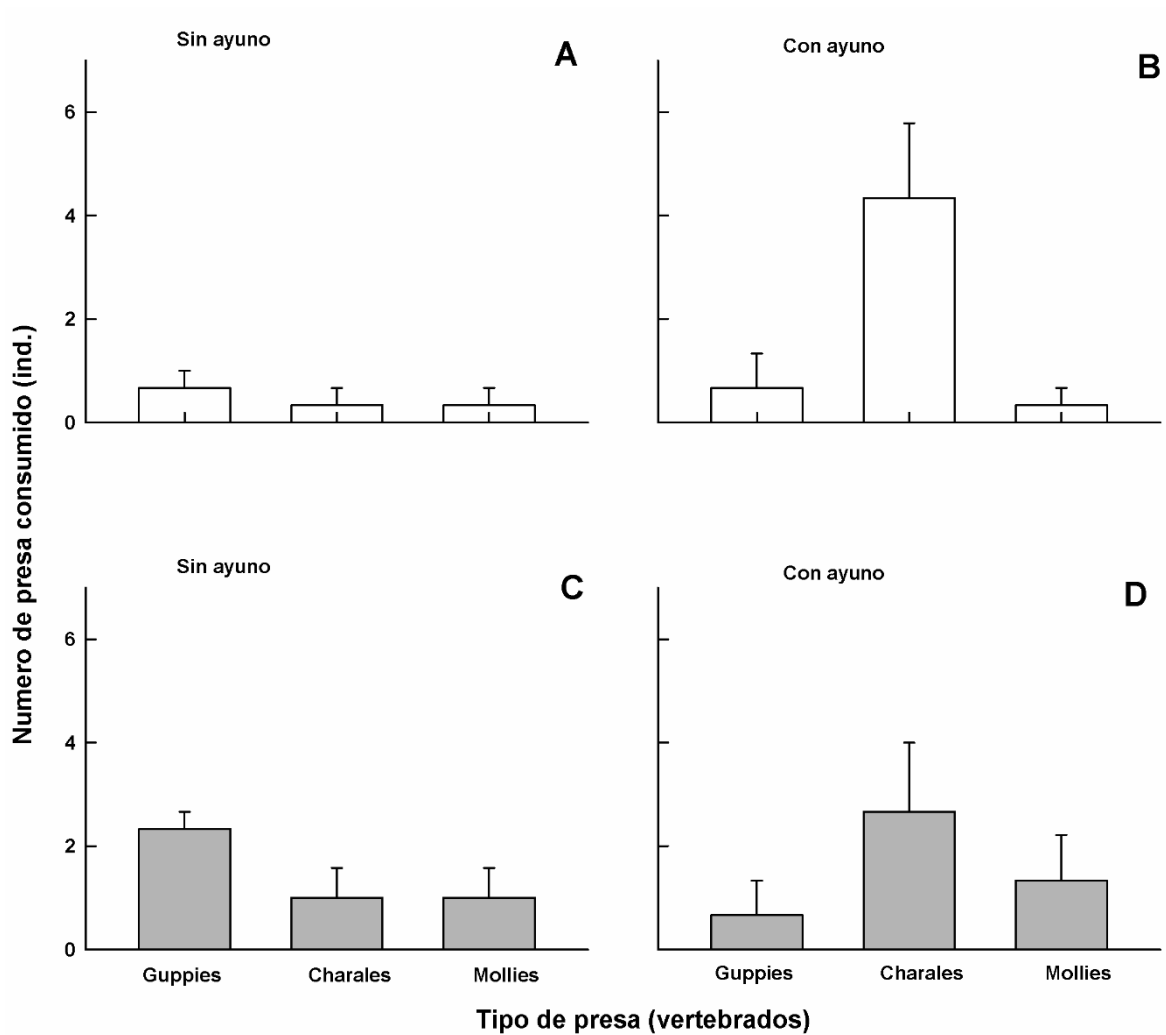


Fig. 23. Número de presas vertebradas consumidas sin y con ayuno por machos y hembras.

A continuación, se menciona de cada uno de los cuatro alimentos secos ofrecidos como presa, su nombre comercial y la medida con la que el comprador los puede adquirir sin embargo, se verificaron estas medidas con ayuda de un vernier.

Biofinglerin 1.5 (nombre comercial): midiendo 1.5 mm de diámetro (tratamiento 1).

Biofingerlin 2.5 (nombre comercial): midiendo 3 mm de diámetro (tratamiento 2).

Trucha 2 (nombre comercial): midiendo 5 mm de diámetro (tratamiento 3).

Trucha 3 (nombre comercial): midiendo 7 mm de diámetro (tratamiento 4).

Tabla 3. Muestra información de cada tamaño (verificado utilizando un vernier) de alimento seco utilizado durante la fase experimental (peso por unidad en gramos, derivados usando un bloque de 20, 30 y 40 porciones de alimento compactado).

| Dieta | Tamaño (mm) | Número de porciones de alimento seco pesado | | | Peso por unidad (gramos) |
|----------|----------------|--|-------|-------|--------------------------------|
| | | 20 | 30 | 40 | |
| 1 | 1.5 | 0.049 | 0.065 | 0.089 | 0.002 |
| 2 | 3 | 0.236 | 0.364 | 0.486 | 0.012 |
| 3 | 5 | 1.975 | 3.019 | 4.069 | 0.100 |
| 4 | 7 | 2.225 | 3.388 | 4.555 | 0.112 |

5.9.2 Preferencia alimentaria

5.9.3 Preferencia de machos sin ayuno por presas invertebradas

La selectividad de presa obtenida usando el número de artrópodos consumidos por machos de ajolote sin inanición se presenta en la figura 24. Los datos nos permiten observar que los machos de ambos grupos prefirieron a los anfípodos, seguido por

los notonéctidos. Sin embargo, únicamente los machos con ayuno consumieron acociles.

5.9.4 Preferencia de machos con ayuno por presas invertebradas

Los ajolotes macho con ayuno mostraron alta preferencia por anfípodos, mientras que los acociles y notonéctidos fueron rechazados.

5.9.5 Preferencia de hembras sin ayuno por presas invertebradas

El índice de selectividad indicó que las hembras de ajolote sin ayuno tuvieron preferencia por anfípodos y notonéctidos. No obstante, los acociles fueron rechazados por las hembras bajo condiciones de inanición.

5.9.6 Preferencia de hembras con ayuno por presas invertebradas

De acuerdo con el índice de alfa de Manly, Las hembras de ajolotes bajo condiciones de ayuno mostraron preferencia por los anfípodos, los acociles y notonéctidos no fueron seleccionados por las hembras en condición de ayuno.

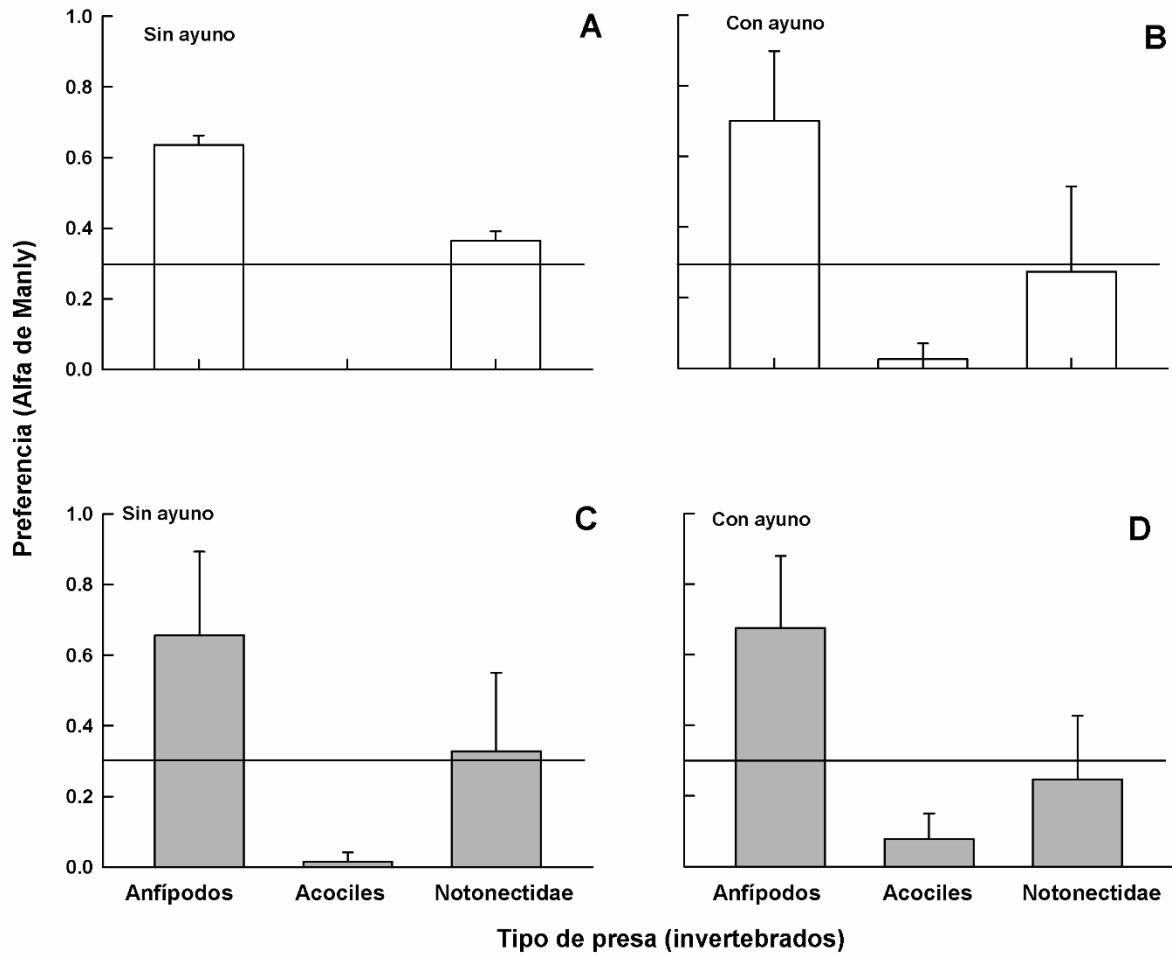


Fig. 24. Preferencia de ajolotes machos y hembras en ambos tratamientos por presas invertebradas.

Los datos indican promedio y desviación estándar basada en tres replicas por cada tratamiento. La línea horizontal por encima de las barras indica la preferencia por cada presa.

5.9.7 Preferencia de machos sin ayuno por vertebrados

Las gráficas (figura 25 a y b) representan al número de peces que consumieron sin ayuno. Cuando Los machos estuvieron en ayuno prefirieron en primer lugar a los poecílidos y por último a los mollies. Los machos sin ayuno prefirieron a los guppies, seguidos por los mollies y por último a los poecílidos. Para los machos sin ayuno se observó una preferencia por los guppies, sin embargo, los otros dos tipos de presas fueron evitados.

5.9.8 Preferencia de machos con ayuno por vertebrados

Cuando los tres distintos tipos de peces fueron utilizados como presas, los guppies fueron preferidos por los machos en condición de ayuno y el resto charales y mollies) no fueron seleccionados positivamente de acuerdo con el índice de alfa de Manly.

5.9.9 Preferencia de hembras sin ayuno por vertebrados

Las hembras en condiciones sin ayuno (Fig. c y d), consumieron todas las especies de peces proporcionados. Las hembras sin ayuno consumieron en mayor cantidad a los guppies, en comparación a las hembras que se encontraban en condiciones de ayuno.

5.9.10 Preferencia de hembras con ayuno por invertebrados

Las hembras con ayuno consumieron artrópodos, por otra parte, se observó una diferencia entre el número de presas consumidas. El consumo fue mayor en las hembras que estuvieron en dichas condiciones, incrementando así, el número de presas capturadas. El mayor consumo se observó hacia los anfípodos, seguido por

notonéctidos y por último los acociles. Se observó un mayor consumo por parte de hembras en condición de ayuno. Las hembras mostraron una clara preferencia por charales y por mollies, y los guppies no fueron seleccionados (Fig. 25).

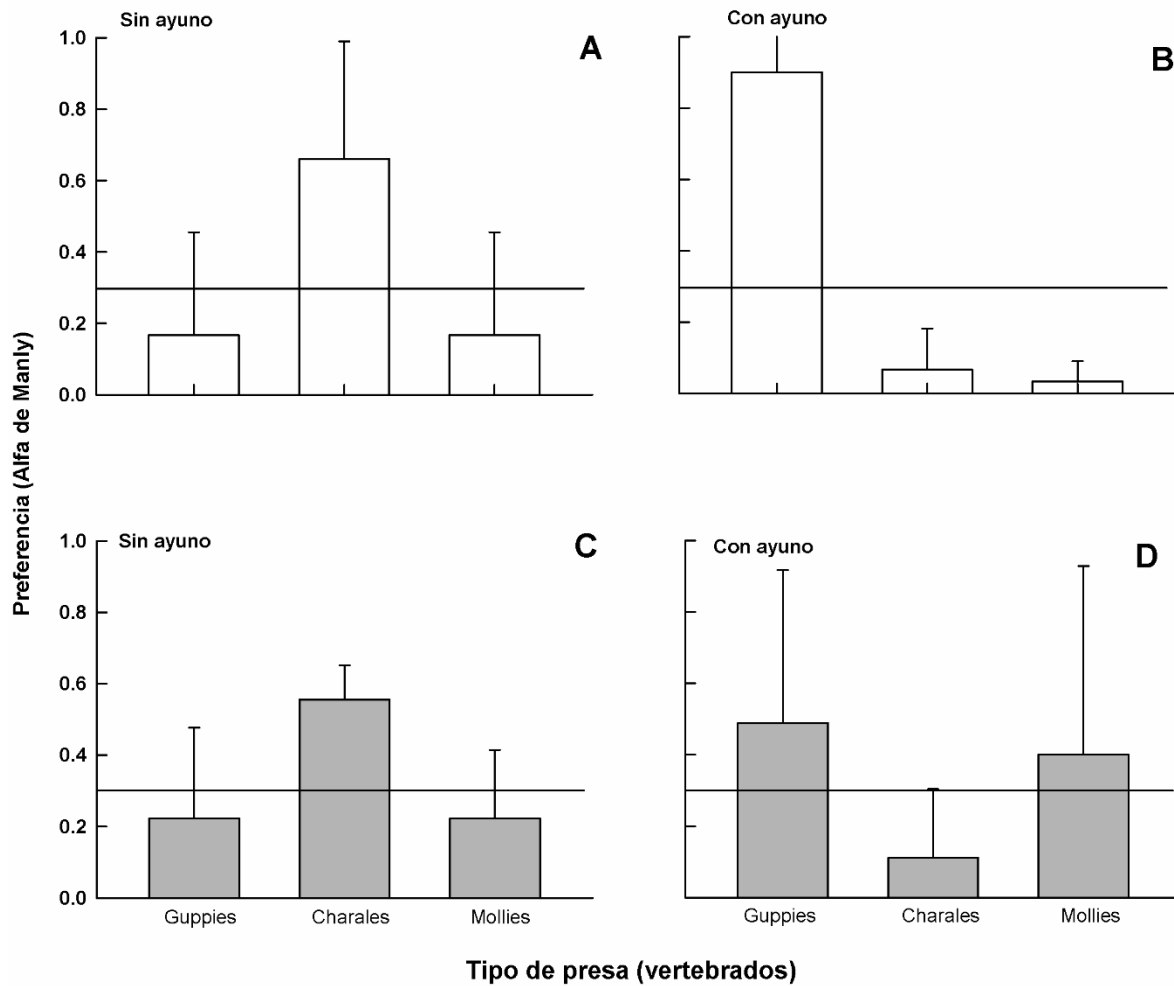


Fig. 25. Preferencia de las presas vertebradas consumidas por ajolotes machos y hembras con y sin ayuno. Los datos indican promedio y desviación estándar basada en tres replicas por cada tratamiento. La línea horizontal por encima de las barras indica la preferencia por cada presa.

5.9.11 Consumo de alimento seco

Los datos relacionados con el alimento seco consumido por hembras y machos, se presentan en la figura 26. Se puede observar que los machos y hembras con ayuno consumieron los alimentos compactados del tamaño de 5 mm, no obstante, solo las hembras consumieron el tamaño de 1.5 mm. Ajolotes machos y hembras sin ayuno no consumieron alimento seco de ningún tamaño.

Debido a que no fueron consumidos en ningún tratamiento los otros tamaños de alimento compactado (7 y 3mm), no fue posible calcular el índice de alfa de Manly. En términos de biomasa, no hubo ninguna diferencia entre machos y hembras con ayuno de acuerdo con el tamaño de alimento compactado de 5 mm. Adicionalmente las hembras sin ayuno consumieron una cantidad de 1 mg/hembra del alimento compactado de 1.5 mm (Fig. 26).

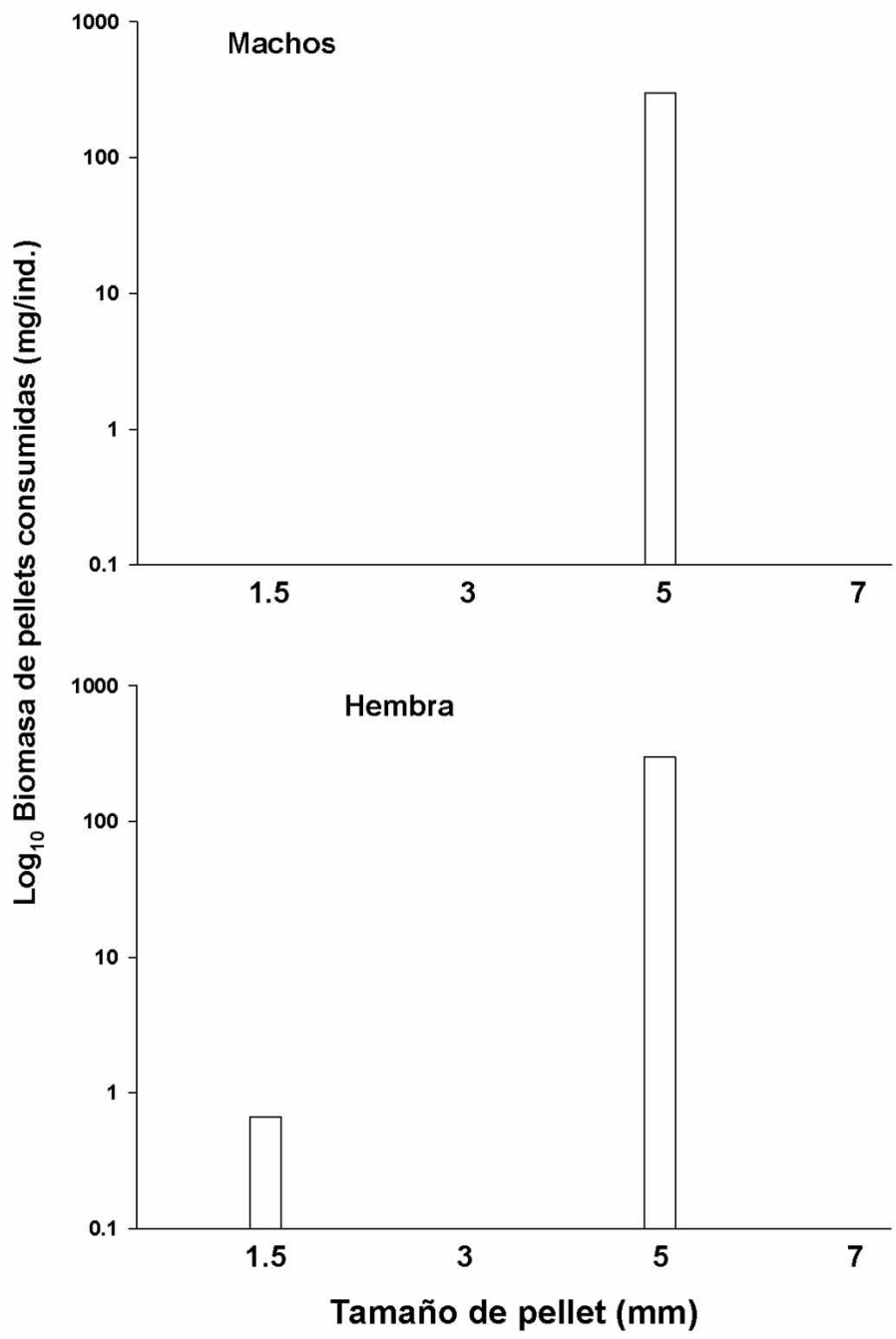


Fig. 26. Biomasa consumida por ajolotes machos y hembras con ayuno de alimento seco.

6. Discusión

La crianza de ajolotes en campo requiere de prácticas de manejo cuidadosas. Muchos factores como la disponibilidad de alimento entre otras, afectan la supervivencia y el crecimiento del género *Ambystoma*. Bajo condiciones de laboratorio, es posible ofrecer alimento vivo (Chaparro-Herrera, 2011) y seco hecho especialmente para ajolotes, no obstante, dicho alimento es difícil de conseguir a gran escala. Además, la información relacionada con su alimentación, utilizando alimentos secos es escasa, aunque, generalmente las larvas de ajolote se alimentan de zooplancton, la aceptación del alimento seco durante las etapas larvarias es muy baja. Por otra parte, la alimentación de los jóvenes o adultos de estos organismos es igualmente importante, debido a que generalmente reciben alimentos inadecuados, afectando su sobrevivencia y no logran reproducirse (Robles Mendoza et al., 2009).

Existen diversas razones para utilizar alimento vivo para *Ambystoma granulosum*. Estos organismos, en comparación a los peces, tienen mala visión y baja movilidad, por ende, no detectan el alimento seco fácilmente. Por otra parte, en condiciones naturales los ajolotes no se desplazan tanto como los peces, por esta razón, el alimento seco ofrecido en baja densidad, no es adecuado para lograr su supervivencia, ya que el contacto con el alimento disminuye mientras menos alimento se ofrezca (Lara, 1995).

Los artrópodos y los peces se consideran parte de la dieta natural adecuada para los *Ambystomas*, ya que estos organismos coexisten con los ajolotes en los cuerpos de agua naturales (Chaparro-Herrera, 2013). En el presente trabajo se ofrecieron

dos tipos de alimento (seco y vivo) como dieta para estos individuos neoténicos. Es evidente que los *A. granulorum* seleccionaron predominantemente presas vivas en comparación al alimento seco compactado, ya que estos individuos seleccionaron a su presa de acuerdo a la densidad y motilidad de esta (Gill, 2003).

El comportamiento alimenticio de los organismos acuáticos puede ser cuantificado utilizando diferentes métodos. Los métodos más comunes, son la selectividad de las presas y las respuestas funcionales (Vakkilainen et al., 2004). En este trabajo no se realizó el estudio de respuesta funcional. Sin embargo, hay suficiente información en la literatura (Chaparro-Herrera et al., 2011) que muestra que la mayoría de los ajolotes en estadios larvarios muestran respuestas funcionales de tipo 2 (Hoff, 1994). Este tipo respuesta funcional, muestra que el consumo de presas aumenta con el aumento de la densidad de presas en el medio (Krebs, 1993).

La selectividad de las presas es una práctica de manejo importante para el cultivo exitoso de ajolotes. La mayoría de los esfuerzos de conservación de ajolotes fracasan si no ofrecemos presas adecuadas y en una concentración óptima. Con el fin de ofrecer especies de presas convenientes, los estudios de selectividad de presa son esenciales (Fuentes, 2014). Por lo tanto, aquí se realizó un estudio con presas seleccionadas utilizando dos grupos: invertebrados (notonéctidos, acociles y anfípodos) y vertebradas (guppies, mollies y charales). Los organismos de la familia *Ambystomatidae* ingieren a su presa completa debido a su dentadura rudimentaria (Chaparro, 2007).

Los ajolotes con dietas basadas únicamente en alimentos secos, han mostrado que no son adecuadas, debido a que no lo detectan fácilmente (Valiente, 2007), lo cual también se observó en este trabajo. El hecho de que algunos de los alimentos compactados de tamaño intermedio (3 y 5 mm) fueron consumidos en este estudio, indica que los ajolotes fueron capaces de alimentarse de estos, pero aun así, el índice no mostró preferencia. Se recomienda, ofrecer una dieta variada, ya que sólo si las presas están en movimiento o cerca de los *Ambystomas* podrán detectarlas. En este estudio, debido a la falta de movimiento del alimento procesado, se tuvo que colocar aeración para mantenerlo visible y así poder ser detectado por los ajolotes.

El alimento ofrecido a cualquier depredador puede ser cuantificado en términos de números o en términos de biomasa. La mayoría de los trabajos consideran el uso de números de presas como la medida apropiada para determinar el comportamiento alimentario de los depredadores. Los peces son similares en comportamiento e historia de vida del *A. granulorum* (Beisner et al., 2003). Además, son parecidos ecológicamente debido a su importancia respecto a la estructura de la comunidad acuática (Andersen & Elser, 2004). Sarma (1985), ha demostrado que los rotíferos neonatos, son sólo la mitad del tamaño de los adultos. Por lo tanto, se ofrecieron tanto presas vertebradas como invertebradas de diferente tamaño y fueron cuantificados en términos de número y biomasa.

Al llegar a la etapa adulta los anfibios son capaces de consumir diferentes artrópodos acuáticos en vida libre, ya que estos organismos son carnívoros y grandes consumidores de animales invertebrados. Estos animales juegan un papel

muy importante en la red trófica (Rodríguez et al., 2005). Debido a su alta tasa reproductiva, los artrópodos son una parte importante de la alimentación del *Ambystoma*, al poder ofrecer la cantidad suficiente de alimento para su beneficio (Rivas, 2010). Esto se demostró en el presente trabajo, ya que los ajolotes mostraron, mayor consumo por notonéctidos 3 a 7 individuos consumidos, y en cuanto a anfípodos de 10 a 13 individuos consumidos.

Los insectos acuáticos más abundantes son los coleópteros, seguido de dípteros y los hemípteros, orden al que pertenecen los notonéctidos (Peralta et al; 2007). Estos últimos formaron parte del alimento vivo (invertebrado) proporcionado como presas en este trabajo. Además de dichos insectos, también se ofrecieron acociles y su consumo fue de un individuo (consumido únicamente por las hembras), estos mostraron ser los menos consumidos por los ajolotes. Los *Ambystoma* capturan presas que se encuentran dentro de su campo visual y que son fáciles de manipular dentro de su cavidad bucal, para poder ingerir a su presa sin dificultad. Los acociles al ser más duros no son tan fácilmente manejables como los peces (Aguilar-Miguel et al., 2009). Por otra parte, los ajolotes en condiciones de laboratorio y cautiverio, (como objeto de estudio o mascotas) son alimentados con peces y/o artrópodos. Esto concuerda con el presente estudio, ya que se les proporcionó como presa, diferentes tipos de peces de fácil adquisición y disponibilidad durante todo el año. Además, se proporcionaron anfípodos que son artrópodos acuáticos los cuales son pequeños en comparación con el diámetro de la boca de *A. granulosum*, lo que facilita su ingesta (Lara, 1994). Está documentado que estos depredadores, ingieren a su presa tomando en cuenta su comportamiento natatorio (Aguilar-Miguel et al.,

2009), es decir, que su motilidad sea menor al tiempo de reacción del *A. granulorum* y cuyo tamaño sea menor que su cavidad bucal, aplicándose así el concepto de Gape Limited Predation Lampert & Sommer, 2007).

Se obtuvo el peso seco de los artrópodos y de los peces, pero como el peso seco difiere dependiendo de la edad del pez, por lo que en este trabajo no se pudo realizar la comparación de los pesos secos entre las especies de peces que se utilizaron (Castro-Mejía et al., 2011). Los datos de los pesos secos de los artrópodos mostraron que los acociles (*Cambarellus*) tienen más peso (28.0 mg) a diferencia de los anfípodos (0.22 mg). En términos de peso seco, los mollies tuvieron el valor más alto (93.0 mg), que los guppies (36.0 mg) y que los charales (13.9 mg) (Tabla 2 pág. 37).

El peso seco del alimento compactado de 1.5 a 7 mm mostró un intervalo de peso entre 0.002-0.112 g por unidad, pero la forma del alimento seco no fue igual, por ejemplo, el alimento compactado de 3.0 mm fue más alargado en comparación los de 5 o 7 mm. Por otra parte, se sabe que el tamaño de la presa seleccionada por los ajolotes está relacionado con la densidad de las presas y al límite del tamaño de su boca (Lampert & Sommer, 2007). Una de las características del alimento seco es la calidad nutricional, pero en el presente trabajo no se verificó la calidad nutricional. No obstante, se tiene registro que el alimento seco comercial tiene parámetros establecidos para que los depredadores obtengan una nutrición adecuada y logren un desarrollo óptimo. Entre estos animales consumidores de alimento seco, se encuentran los anfibios.

Los datos respecto a la morfometría de los *A. granulorum* indicaron que en general, los machos presentaron mayor longitud, además, el peso fue menor en comparación con las hembras. En términos de longitud total, los machos y hembras mostraron valores dentro de un intervalo de 22-24 cm. El diámetro de la boca no mostró diferencia entre machos y hembras. Sin embargo, de acuerdo a los experimentos de selectividad de presa realizados, sí existieron diferencias entre machos y hembras. Esto indica que dichas tallas no necesariamente determinan la selectividad de las presas. Aunque, posiblemente otros factores relacionados con el comportamiento (desplazamiento, campo de visión etc.) pueden influenciar sobre la selectividad de la presa (Rao, 2003).

La capacidad de ingerir los alimentos no solo depende del tamaño del depredador sino también del nivel de hambre. Se sabe que los depredadores con el vientre saciado exhiben una preferencia más marcada; debido a que no existe información de los anfibios en estas condiciones experimentales, se compararon con los peces por su similitud ecológica a los *A. granulorum*; ya que ambos, son considerados predadores tope. De acuerdo con la comunidad acuática, los *Ambystoma* y peces que integran estos sistemas tróficos ayudan a estructurar esta misma, porque ambos generalmente consumen, en principio las presas que puedan capturar más fácilmente (Andersen & Elser, 2004). Cuando los peces están satisfechos, tienen preferencia alimentaria por copépodos, los cuales se sabe que son más rápidos y cuando los peces están en inanición, consumen organismos como *Daphnia* los cuales son más lentos en comparación a los anteriores (Khadka y Rao, 1986). Los ajolotes utilizados en la fase experimental de este estudio presentaron diferencias

con respecto a la selectividad de la presa. Esto dependió del sexo de los depredadores, el nivel de hambre y el tipo de presa ofrecida. Los machos con ayuno mostraron una mayor selectividad de presas, cuando se ofrecieron artrópodos como presa. Dentro de estos, prefirieron más a los anfípodos. Por otro lado, las hembras de ajolotes mostraron selectividad por los acociles, y tuvieron preferencia por anfípodos y notonéctidos.

Respecto al número de presas consumidas, se mostró diferencia entre la alimentación de machos y hembras bajo ambas condiciones experimentales. Las hembras de ajolotes sin y con ayuno, mostraron preferencia por anfípodos pero sin ayuno también prefirieron notonéctidos. En este trabajo los machos prefirieron anfípodos en ambos tratamientos y al igual que las hembras en condición sin ayuno también mostraron preferencia por notonéctidos; presas que son fáciles de encontrar y de gran motilidad en su habiada natural (Gill, 2003).

Las diferencias entre machos y hembras de ajolotes con y sin ayuno fueron más amplias (Fig. 12) cuando se ofrecieron peces. En inanición los machos con ayuno muestran preferencia solo por guppies, y estos mismos sin inanición solo mostraron preferencia por charales. Por otra parte las hembras con ayuno prefirieron guppies y mollies; por el contrario las hembras sin ayuno solo prefirieron a los charales. Esta amplia diferencia puede deberse a que los organismos con inanición seleccionaron más presas al requerir de energía inmediata (FAO, 2010) debido a su condición, por lo cual su preferencia incremento (por dos especies de presas: guppies y mollies). Por otro lado, los machos con ayuno consumieron más biomasa de charales (hasta 60 mg). Los depredadores hembras sin ayuno, prefirieron a los guppies que

charales en comparación a aquellas que presentaron ayuno. Es interesante mencionar que con o sin ayuno, los ajolotes hembras no mostraron diferencia respecto al consumo de peces mollies (máximo 3 individuos).

Respecto al número de presas vertebradas consumidas por los ajolotes machos, los charales presentaron el número más alto de consumo (4 individuos). Bajo la condición sin ayuno, los guppies, charales y mollies fueron consumidos en menor cantidad ingiriendo únicamente una presa por depredador. Se determinó que hubo diferencia entre hembras de acuerdo a los dos tratamientos experimentales. Con respecto al consumo de charales, las hembras de ajolotes sin y con ayuno mostraron diferencias. Comparando machos y hembras, se determinó que la preferencia de los *A. granulorum*, es posiblemente influenciada por el nivel de hambre (Rao, 2003).

El índice de selectividad de alfa de Manly brinda información para determinar cuáles presas fueron seleccionadas activamente por un depredador, respecto a la densidad de estas en el ambiente. Este índice, muestra proporciones de los datos originales, lo cual tomamos como base estadística (Krebs, 1993). En este trabajo, se presenta la selectividad de presas consumidas por los machos y hembras de *A. granulorum* adultos (con y sin ayuno). Los machos sin ayuno mostraron preferencia por anfípodos y notonéctidos valores, por otro lado, en estado de ayuno presentaron preferencia solo por los anfípodos. Respecto a la preferencia alimentaria de las hembras se determinó, que los acociles no fueron seleccionados positivamente en ningún tratamiento. Esto se debe a que estos crustáceos son de mayor talla (3 cm) con respecto al tamaño de los peces (2 cm), además, estos individuos, están

protegidas contra la depredación debido a su adaptación morfológica (exoesqueleto duro).

Con respecto a la preferencia de machos y hembras de ajolotes en el tratamiento sin ayuno, ambos seleccionaron a los charales pero solo las hembras y machos sin ayuno los prefirieron charales, aunque machos y hembras con ayuno prefirieron a los guppies además, es estas condiciones solo las hembras prefirieron también a los mollies. Éstas diferencias, muestran las estrategias adaptativas de machos y hembras cuando tuvieron o no inanición (Lazarro, 1987).

La mayoría de los *Ambystomas* en vida libre no logran capturar suficiente alimento, debido a la baja densidad de presas en el medio. Incluso los ajolotes generalmente no se alimentan durante largos períodos de tiempo; se sabe que los *A. granulosum*, son depredadores pasivos en la naturaleza como algunos peces (Gliwicz, 2003). La presencia de alimento seco utilizado como presas en los experimentos para machos y hembras, es un punto importante a considerar para el manejo de cultivo de ajolotes. Para la preservación de los organismos pertenecientes al género *Ambystoma* y debido a que no existe información sobre su alimentación utilizando alimento seco, se recomienda en un futuro seguir con la realización de experimentos respecto a su preferencia alimentaria por presas vivas y con otros tipos de alimento compactado y con ello contribuir a la sobrevivencia de esos organismos endémicos.

7. Conclusiones

Todas las presas brindadas en los experimentos a los individuos de *Ambystoma granulosum* fueron consumidas, pero las preferencias hacia las presas dependieron del nivel de hambre y del sexo de cada *A. granulosum*.

En general, los ajolotes machos y hembras consumieron más presas en estado de ayuno. No obstante, bajo ambas condiciones experimentales estos depredadores prefirieron primero a los anfípodos, seguidos de los notonéctidos y por último a los acociles.

En cuanto a las presas vertebradas ofrecidas, las hembras y machos de *A. granulosum* bajo condiciones de ayuno prefirieron guppies y mollies. Sin embargo, estos ajolotes que no presentaron ayuno, prefirieron únicamente a los charales.

Según el alfa de Manly, el alimento seco que fue ofrecido no fue preferido por *A. granulosum*.

8. RECOMENDACIONES

Continuar realizando experimentos sobre la preferencia alimentaria de *A. granulorum* para contribuir con más información alimentaria de este organismo y de esta manera incrementar su supervivencia.

Realizar experimentos con otras presentaciones (ej. hojuelas, esferas, etc.) de alimento seco y así poder tener un análisis comparativo entre esos alimentos y determinar cuál es el que más fácilmente pueda ingerir y así poder incluirlo en la dieta del *A. granulorum*.

Aunque el alimento seco no fue preferido, algunos individuos sí consumieron algunas porciones de este, por lo que sería interesante probar si una dieta con alimento vivo y seco mostraran una ventaja sobre el uso de estos por separado.

9. Anexo 1

FICHA TAXONOMICA DEL *Ambystoma granulosum*:

REINO: Animalia

FILO: Chordata

SUBFILO: Vertebrata

CLASE: Amphibia

ORDEN: Caudata

FAMILIA: Ambystomatidae

GENERO: *Ambystoma*

ESPECIE: *Ambystoma granulosum*

10. Anexo 2

Formula de Krebs (1999), para determinar índice de preferencia (alfa de Manly, α) relativa de cada depredador:

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\hat{r}_i}{\hat{n}_i} \left(\frac{1}{\sum (\hat{r}_j / \hat{n}_j)} \right)$$

Dónde:

α_i = índice de preferencia de Alfa de Manly para el tipo de presa i

r_i, r_j = proporción de la especie de presa i o j en la dieta

n_i, n_j = proporción de la especie de presa i o j en el medio

i y $j = 1, 2, 3, \dots, m$

m = número de especies de presas posibles

Sí $\alpha_i = 1 / m$, la alimentación de la presa i no es selectiva

Sí $\alpha_i > 1 / m$, entonces la especie de presa i es preferida en la dieta

Sí $\alpha_i < 1 / m$, la especie de presa i es evitada en la dieta

11. LITERATURA CITADA

- Acosta, J. 2008. Programa innovador para evaluar uso y preferencia de habitat. Unidad de Ecología y sistemática. Departamento de Biología, Facultad de ciencias. Colombia Bogotá.
- Aguilar, X. y A.G. Casas 2009. Anfibios y reptiles; en: La diversidad biológica del Estado de México, estudio de Estado. Edit. Gobierno del estado de México. México. Pp. 125-130.
- Andersen, T., J.J. Elser y D.O. Hessen 2004. Stoichiometry and population dynamics. *Ecology Letters* 7: 884–900.
- Armstrong, J.B. y G.M. Malacinski 1989. *Developmental Biology of the axolotl*. Oxford University Press.
- Badillo, L.O. 2014. El Axolote en grave riesgo de desaparecer. Boletín AMC/031/14. Academia Mexicana de Ciencias.
- Blanco, A. 2005. Poecílidos y viviparous. Guía de peces. Universidad Tecnologica National. Argentina.
- Beisner, B.E., A.R. Ives y S.R. Carpenter 2003. The Effects of an Exotic Fish Invasion on the Prey Communities of Two Lakes. *J Anim Ecol* 72: 331-342.
- Casas, A. G., A.R. Cruz y M.X. Aguilar 2004. Un regalo poco conocido de México al mundo: El ajolote o axolotl (*Ambystoma*, *Caudata*, Amphibia). Con algunas notas sobre la crítica situación de sus poblaciones. *Ciencia Ergo Sum*.10: 304-308.

- Chaparro, H.D. 2007. Biología de la alimentación de *Ambystoma mexicanum*: implicaciones para su conservación. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chaparro-Herrera, D.J., S. Nandini, S.S.S. Sarma y L. Zambrano 2011. Feeding behaviour of larval *Ambystoma mexicanum*. *Amphibia-Reptilia* 32: 509-517.
- Chaparro-Herrera, D.J., S. Nandini y S.S.S. Sarma 2013. Effect of water quality on the feeding ecology of the axolotl *Ambystoma mexicanum*. *Journal of Limnology* 72: 555-563.
- CONABIO 2011. Fichas de especies prioritarias. Ajolote Mexicano (*Ambystoma mexicanum*) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.
- Castro-Mejía, J., G. Castro-Mejía, N.F. Alcántara-Muñiz, V. Pacheco-Gómez y E. Rodríguez-Estrada 2011. Comparison of weight increase in *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857) fed with a diet enriched with probiotic. *Revista Digital del Departamento el Hombre y su Ambiente*. 1: 20-26.
- Anon. 2010. DOF. 30/Diciembre Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. México, D.F
- FAO. 2010. Agro acuacultura integrada, Manual básico. Departamento de Pesca. Agriculture Organization of the United Nations. México.

FAO. 2013. *Fiat Plants*. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Roma Italia.

Fernández Gimenez, A. V. (2002). Requerimiento de vitaminas liposolubles A y E en la dieta del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 y el langostino *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires).

Fuentes-Barradas, A.E. 2014. Tesis "Ecología alimentaria larval de *Ambystoma granulatum* (Amphibia: Caudata)" UNAM, Facultad de estudios superiores Iztacala.

Gill, A.B. 2003. The dynamics of prey choice in fish: the importance of prey size and satiation. *J. Fish Biol.* 63 (Suppl. A): 105-116.

Gliwicz, Z.M. 2003. Between hazards of starvation and risks of predation: the ecology of offshore animals. In Kinne, O. (ed.) *Excellence in Ecology* No. 12. International Ecology Institute, Oldedorf/Luhe, Germany.

Hoff, C. 1944. The Origin of Nearctic Fresh-Water Ostracods. *Ecology* 25: 369-372.

Juanes, F. 1994. What determines prey size selectivity in piscivorous fishes? In D. J. Stouder, K. L. Fresh y R. J. Feller (eds.) *Theory and application in fish feeding ecology*. The Belle W. Baruch Library in Marine Science No. 18, University of South Carolina Press. USA. 79-100.

- Khadka, R.B. y T.R. Rao 1986. Prey selection by common carp (*Cyprinus carpio* var. *communis*) larvae in relation to age and prey density. *Aquaculture* 88: 69-74.
- Krebs J. R. 1993. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publ., New York.
- Lampert, W. y U. Sommer 2007. *Limnoecology*. Edit. Oxford University Press. USA.
- López-Cuauhtémoc, A. 2009. Rescate y restauración del hábitat del ajolote (*Ambystoma velasci*) y acocil (*Cambarellus montezumae*) en el embalse de San Antonio Tlaxcala. Tesis, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Lazarro, X. 1987. A review of planktivorous fishes: Their evolutions, feeding behaviours, selectivities and impacts. *Hydrobiologia*. 146: 97-167.
- Legorreta, B. 2009. *Acta de zoología mexicana*. Centro de investigación en recursos bióticos. Facultad de ciencias UAEM. Toluca Estado de México.
- Machiney, A. 2016. *Aqua Feed*, Cubanova. Argentina
- Mundy, B. 1996. Terrestrial axolotl care sheet (*Ambystoma mexicanum*). Axolotl Newsletter, EUA.
- Robles Mendoza, C., C.E. García Basilio y R.C. Vanegas Pérez 2009. Soluciones de mantenimiento de juveniles del ajolote *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Caudata). *Hidrobiológica* 19: 205-210.
- Rodríguez, C.F., E. Bécares, M. Fernández-Aláez y C. Fernández-Aláez 2005. Loss of diversity and degradation of wetlands as a result of introducing exotic crayfish. *Biological Invasions* 7: 75-85.

- Peralta, L.A, C. Deloya, M. Casasola 2007. Insectos acuáticos asociados a los lagos interdunarios de la región central del estado de Veracruz, México. *Neotropical entomology* 3: 342-355.
- Plada-Jiménez, P. 2015. Importancia de los anfípodos en la dieta de especies de interés acuícola del litoral de andaluz. Facultad de Biología. Laboratorio de Zoología, Sevilla, España.
- Rao, T. R. 2003. Ecological and ethological perspectives in larval fish feeding. *Journal of Applied Aquaculture* 13: 145-178.
- Rivas, E. 2010. Manual de alimento balanceado para trucha. AELID. Oficina Técnica en Cooperación. España.
- Rivera-De la Parra, L., S.S.S Sarma y S. Nandini 2016. Changes in prey preferences of dragonfly naiads of *Rhionaeschna multicolor* (Hagen, 1861) (Odonata: Aeshnidae) in presence and absence of macrophytes. *Aquatic Insects* 37: 241-252.
- SEMARNAT 2014. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales, Difunde SEMARNAT importancia del ajolote como especie endémica. México.
- Tapia, L. 2010. Vieras del charal blanco silvestre han sufrido un daño debido a sustancias toxicas. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas ENCB del IPN. México.
- Vakkilainen, K., T. Kairesalo, J. Hietala, D. Balayla, E. Cares, W. Van de Bund, E. Van Donk, M. Fernandez, M. Gyllstro, L. Hansson, M. Miracle, B. Moss, S.

Romo, J. Rueda y D. Stephen 2004. Response of zooplankton to nutrient enrichment and fish in shallow lakes: a pan-European mesocosm experiment. *Freshwater Biol.* 49: 1619–1632.

Valiente, E. 2007. 7a reunión del grupo de trabajo del ajolote de Xochimilco en cautiverio. Recursos alimenticios del ajolote de Xochimilco. México.

Zambrano, L., E. Valiente y J.Z. Vander 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.

