



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA**

---

---

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

MAESTRÍA EN BIOLOGÍA

**ECOLOGÍA ALIMENTARIA DE *Spea multiplicata* (Anura:  
Scaphiopodidae) DURANTE SU DESARROLLO**

**LARVARIO**

**TESIS**

Para obtener el grado de

Maestra en Biología

PRESENTA

**Bíol. Janet Elizabeth Osnaya Becerril**

COMITÉ TUTORAL

CODIRECTORES: M. en B. Mónica C. Rodríguez Palacio.

M. en C. Matías Martínez Coronel.

ASESORA: Dra. María del Rocío Torres Alvarado.

26 de Septiembre 2017

Ciudad de México.

**La Maestría en Biología de la  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Iztapalapa  
pertenece al Padrón de Posgrados  
de Calidad del CONACyT**

El Jurado designado por la Comisión de la Maestría en Biología de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó:

Biól. Janet Elizabeth Osnaya Becerril

El día 26 de Septiembre del año 2017

### Comité Tutorial y Jurado

Codirector: M. en C. Matías Martínez Coronel



---

Codirectora: M. en B. Mónica Cristina Rodríguez Palacio



---

Asesora (Sinodal): Dra. María del Rocío Torres Alvarado



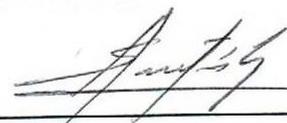
---

Sinodal: Dra. María del Rocío Zarate Hernández



---

Sinodal: Dr. Abel Senties Granados



---

Sinodal: Dr. Juan Carlos López Vidal



---

## **COMITÉ TUTORIAL**

### **Codirectores de Tesis**

M. en C. Matías Martínez Coronel

Profesor Titular "B"

Departamento de Biología

Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa

M. en B. Mónica C. Rodríguez Palacio

Profesora Titular "C"

Departamento de Hidrobiología

Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa

### **Asesora**

Dra. María del Rocío Torres Alvarado

Profesora Titular "C"

Departamento de Hidrobiología

Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa

## **Agradecimientos**

El desarrollo de esta tesis se llevó a cabo con la beca de apoyo del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACyT.

A la Maestría en Biología por la enseñanza y los servicios prestados durante mi estancia académica.

Al Dr. Miguel Ángel Armella por su voto de confianza y apoyo para entrar a la Maestría en Biología durante el proceso de selección 2014.

A la Unidad Iztapalapa, en particular al laboratorio de Ficología Aplicada y al Laboratorio de Ecosistemas Costeros, por permitirme usar sus instalaciones y el material necesario para la elaboración de esta tesis.

A mi comité tutorial: el M. en C. Matías Martínez Coronel por proponer éste proyecto, así como todo el aporte de recursos económicos y la estancia para la realización del trabajo de campo, para el análisis estadístico, sus observaciones y paciencia durante la realización de esta tesis; a la M. en B. Mónica C. Rodríguez Palacio por todo el apoyo, por el préstamo y manejo del material de laboratorio, para la determinación taxonómica y todo el cariño y dedicación durante el desarrollo de este trabajo; y a la Dra. María del Rocío Torres Alvarado por permitirme usar parte de su equipo en campo y laboratorio para los análisis de calidad del agua y nutrientes, además de sus valiosas observaciones y comentarios para mejorar mi trabajo de tesis.

A mis sinodales: Dra. María del Rocío Zarate Hernández, Dr. Abel Sentíes Granados y Dr. Juan Carlos López Vidal por sus comentarios, sugerencias e ideas para enriquecer y mejorar esta tesis y sobre todo el tiempo que invirtieron para revisar este trabajo.

A la SEMARNAT y la DGVS por otorgar el permiso de colecta científica:  
SGPA/DGVS/04288/15.

Al Ing. Oscar Durán Hernández de la Ex Hacienda de Zorita por permitirnos el acceso a sus tierras para llevar a cabo el muestreo.

Al C. José Coronel, comisariado Ejidal del Municipio de Zaachila por otorgar los permisos para realizar el trabajo de campo en terrenos del municipio.

A la familia Martínez Coronel por su recibimiento, atenciones, hospitalidad y amabilidad durante la realización del trabajo en campo.

A mis padres Arturo Osnaya y Elizabeth Becerril, principalmente a mi madre por todo el apoyo, fe y pasión por el conocimiento y seguir superándome día a día como persona.

Al M. en B. Roberto Tenorio Mendoza, compañero, amigo y pareja de toda la vida, por sus consejos, sugerencias y apoyo en el camino de esta etapa de aprendizaje; además por acompañarme durante todo el trabajo en campo. Te Amo.

A mis compañeros de la generación 2014 que iniciamos juntos el camino de aprendizaje en esta nueva etapa de nuestras vidas, especialmente a la M. en B. Abigail Elizabeth Conde Alonso, por ser mi compañera y amiga durante la maestría.

A los profesores del laboratorio de Fisiología Aplicada, M. en C. Cruz Lozano Ramírez y M. en B.E. Sergio Hernández Álvarez por su paciencia, compañía y apoyo durante las largas horas de trabajo de laboratorio.

A mis amigas y compañeras de laboratorio de Fisiología Aplicada AS-202, principalmente a Linda Jeannette, Laura Alejandra, Marisol y Brissia por su compañía, alegría y ánimo durante las largas horas invertidas en el trabajo de laboratorio para la realización de esta tesis. Gracias por ser parte de mi vida, las quiero mucho, "**Cenobio unido, jamás será vencido**".

## RESUMEN

*Spea multiplicata* es una rana tolerante a las perturbaciones antrópicas y común en sitios urbanizados, se distribuye desde el sur de USA hasta el centro de Oaxaca, México. Es una especie oportunista, que se reproduce en pozas temporales y no obstante que es abundante localmente, la reducción de su hábitat por la agricultura y urbanización puede afectar su continuidad. Debido a que para las poblaciones sureñas se desconoce todo sobre su biología, el presente estudio describe la dieta de los renacuajos de este taxón y su papel trófico en los ecosistemas temporales acuáticos en un paisaje agrícola-ganadero en Zaachila, Oaxaca. Entre junio y septiembre de 2015 se monitorearon nueve pozas temporales, de las que se obtuvieron larvas de distintos estadios, los cuales abarcaron desde el estadio 25 hasta el 42 del Índice de Gosner; muestras de agua, suelo, rocas y se midieron las características físico-químicas del agua. En el laboratorio se analizó la calidad del agua y muestras del hábitat, de los renacuajos se determinó el estadio de cada individuo y de ellos se extrajo y analizó el contenido estomacal de cada individuo. Para analizar la dieta se aplicó el índice de valor de importancia relativa (VIR) el cual se obtuvo con el porcentaje de frecuencia, numérico y volumétrico de cada elemento ingerido además de los índices de diversidad de Shannon-Wiener, de amplitud de Levins y sobreposición de Pianka. Además se aplicó una correlación para conocer la relación entre los elementos ingeridos con la abundancia y su volumen. Durante el muestreo algunas pozas fueron alteradas o destruidas por maquinaria agrícola pesada, causando diferente grado de mortalidad en los renacuajos, lo que afectó el reclutamiento de nuevos individuos a la población de la especie. La calidad del agua de la mayoría de las pozas tuvo un pH ácido debido a las características del suelo, niveles de oxigenación  $\geq 50\%$  sin exceder el 100% de saturación. Los valores de nutrientes fueron  $< 1$  mg/L, por lo que las pozas se clasificaron como un hábitat oligotrófico. Solo se trabajó con las larvas colectadas en la poza 2 donde se recolectó el mayor número de larvas de *Spea multiplicata* que abarcaron numerosas etapas de su ciclo de vida, de las cuales la mayoría de los individuos se encontró en las primeras etapas y fue disminuyendo la cantidad conforme avanzó su ciclo. La tasa de crecimiento se ajustó a un modelo polinomial, el crecimiento es lineal entre las etapas 25-39 con un valor de 0.69 mm por etapa y entre los estadios 40-42 disminuye a -0.35 mm por etapa debido a que en esta fase las larvas dejan de alimentarse y se preparan para iniciar la metamorfosis. En los contenidos gástricos se determinaron 76 elementos que fueron separados en 5 categorías alimentarias: microalgas, zooplancton, plantas, otros (hifas, sedimentos, filamentos y detritus) y desconocidos. *Closterium* sp. (Conjugatophyceae) fue el elemento de mayor consumo con un valor de importancia de 97.10 %. Por lo que las larvas de *Spea multiplicata* mostraron un comportamiento neotónico y las poblaciones que habitan en Zaachila, son la forma herbívora de la especie. Las etapas 37-39 tuvieron la mayor amplitud ( $L = 6.31$ ) y diversidad trófica ( $H' = 2.54$ ), en el resto de las etapas estos valores fueron menores, lo que coincidió con una disminución en el agua de la poza y las larvas consumieron distintos elementos. No hubo relación entre el tamaño del disco oral de las larvas con la cantidad y el volumen de los elementos ingeridos debido a que el aparato bucal de las larvas no es selectiva con la cantidad y el tamaño de las microalgas.

### Palabras clave:

Dieta, diversidad, larvas, microalgas, nutrientes, pozas temporales.

## Abstract

*Spea multiplicata* is a burrowing frog tolerant to the anthropogenic disturbances and common in urban areas. This species occurs from the south of USA to the center of Oaxaca, Mexico. This frog is opportunistic, locally abundant and use temporary ponds to lay eggs and larval development. Many local population are extirpated and the reduction of its habitat by agriculture and urbanization can affect its continuity. The biology of southern populations are unknown, in consequence the present study describes the diet of the tadpoles of this taxon and its trophic role in temporary aquatic ecosystems in agriculture-livestock landscape in Zaachila, Oaxaca. Between June and September 2015, nine temporary pools were monitored, from which larvae of different stages were obtained, which ranged from stage 25 to 42 of the Gosner Index, samples of water, soil, rocks from the ponds were obtained, moreover the chemical-physical characteristics of water ponds were measured. In the laboratory the quality water and habitat samples were analyzed. the tadpoles stage was determined in accordance with the Gosner index, they are extracted and analyzed the stomach contents of each individual. To analyze the diet, the index of relative importance value (RIV) was applied which was obtained with the percentage of frequency, numeric and volume of each item ingested in addition to the indices of the Shannon-Wiener diversity, the amplitude of the Levins and Pianka overlap. In addition, was applied a correlation to know the relationship between the items ingested with the abundance and its volume. During the sampling some ponds were altered or destroyed by heavy farm machinery, causing different levels of mortality in the tadpoles, which affected the recruitment of new individuals to the population of the species. The quality water of the majority of the ponds had an acid pH levels of oxygenation  $\geq 50\%$  without exceeding the 100% saturation. The nutrient values were  $< 1$  mg/L, so the pools were classified as a habitat oligotrophic. Only work with the larvae collected in the pond 2, here was collected the largest number of larvae of *Spea multiplicata* which covered the greater part of its life cycle, of which the majority of individuals was found in the early stages and was decreasing the amount as cycle. The largest number of individuals were collected in the early stages and the quantity was reduced as the life cycle progressed. The growth rate was adjusted to a polynomial model, growth is linear between stages 25-39 with a value of 0.69 per stage and between stages 40-42 decreases to -0.35 mm per stage because at this stage the larvae stop feeding and prepare to start the metamorphosis. In the gastric contents 76 elements were determined and separated into 5 alimentary categories: microalgae, zooplankton, plants, other (hyphae, sediments, filaments and detritus) y unknown *Closterium* sp. (Conjugatophyceae) was the element of greater consumption having an importance value of 97.10%. So that the larvae of *Spea multiplicata* showed a behavior nectonic and populations living in Zaachila, are the herbivorous species. The stages 37-39 had the highest trophic amplitude ( $L = 6.31$ ) and diversity ( $H' = 2.54$ ), in the rest of the stages these values were lower, which i agree with a decrease in the water of the pool and the larvae consumed various elements. There was no relation between the oral disk size of the larvae to the amount and volume of items ingested due to the fact that the oral appliance of the larvae is not selective with the number and size of the microalgae.

## Keywords:

Diet, diversity, larvae, microalgae, nutrients, temporary pools

## Índice

Agradecimientos	V
Resumen	VII
Abstract	VIII
Introducción	1
Antecedentes	8
Justificación	13
Pregunta de investigación	14
Objetivo general	15
Objetivos particulares	15
Hipótesis	16
Metodología	18
Área de estudio	18
Trabajo de campo	22
a) Colecta de muestras de anuros	22
b) Análisis de productores primarios	23
c) Calidad de agua	23
Trabajo de laboratorio	24
a) Revisión del contenido estomacal e intestinal	24
b) Análisis de productores primarios	26
c) Análisis de nutrientes	27
d) Análisis de datos	28
Resultados	31
a) Caracterización de las pozas	31
b) Productores primarios	38
c) Calidad del agua	39
d) Variación morfométrica	43
e) Dieta de <i>Spea multiplicata</i>	47
Discusión	53
a) Pozas de <i>Spea multiplicata</i>	53
b) Productores primarios	55
c) Calidad del agua	57

d) Variación morfométrica y dieta de las larvas de <i>Spea multiplicata</i>	60
Conclusiones	66
Literatura citada	69
Apéndices	86

## Introducción

Los anfibios anuros (ranas, sapos y renacuajos) se caracterizan por sus ciclos de vida complejos o bifásicos, durante los cuales ocupan dos hábitat: acuático en la fase larvaria y terrestre en la adulta (Whiles *et al.*, 2006). El periodo de transición entre éstas dos fases ocurre durante la metamorfosis (Smith Gill y Berven, 1979), proceso que consiste en una serie de abruptos cambios postembrionarios que se caracterizan por una extensa reorganización morfológica que involucra variaciones estructurales, fisiológicas, bioquímicas y conductuales (Werner, 1986).

Frecuentemente se considera a la metamorfosis como el paso de una etapa prereproductiva a una reproductiva (Hodin, 2006). Entre los cambios más sobresalientes se encuentra la reabsorción de los dientes queratinizados y cola (caracteres larvarios), la aparición de miembros y la remodelación de muchos órganos (como la boca y el intestino) (Laudet, 2011). Debido a esto, los anfibios son ideales para estudiar historias de vida complejas (Szarski, 1957).

La metamorfosis es vista como una transformación ecológica, ya que las larvas y los adultos no comparten los mismos ambientes ni recursos. Por ejemplo en muchas especies la larva es detritívora o herbívora y el adulto es carnívoro (Laudet, 2011). La significancia adaptativa del estado larvario de los anuros parece estar en la habilidad para explotar oportunidades trascendentales para desarrollarse y crecer rápidamente en estanques temporales. Se considera a ésta oportunidad de crecimiento como el factor más importante, ya que contribuye a la estabilidad de ésta historia de vida compleja (Wilbur, 1984).

Los estudios sobre la ecología de las historias de vida de los anfibios se han enfocado en la importancia del crecimiento durante el estado larvario (Wasserburg, 1975). En el caso de las especies que poseen estadios larvarios de vida libre y que emplean pozas temporales para su desarrollo y crecimiento, las larvas deben ser capaces de adaptarse a las condiciones fluctuantes del medio, ya que éstos cuerpos de agua son de duración variable (hidroperíodo), así como sus características fisicoquímicas y la disponibilidad de alimento es impredecible en términos de calidad y cantidad (Audo *et al.*, 1996; Babbit y Meshaka, 2000), en consecuencia puede aumentar la competencia y depredación (Morey y Reznick, 2000).

Los renacuajos son una fase no reproductiva de los anuros y se caracterizan por que se alimentan constantemente, por lo cual a veces son llamados “máquinas devoradoras” (Wells, 2007). Éstos consumen una amplia variedad de tipos de alimento, entre los que se han reportado: arena, detritus, virus, bacterias, protozoarios, microalgas (diatomeas, cianobacterias y euglénidos), fragmentos de plantas, granos de polen, hongos, diversos tipos de animales invertebrados (anélidos, cladóceros, copépodos, gastrotricos, insectos, nematodos, rotíferos y tardígrados), así como huevecillos de rana y otros renacuajos. (Díaz-Paniagua, 1985; Inger, 1986; Sekar, 1992; Lajmanovich, 1994). Sin embargo, para la mayoría de las especies de anfibios se desconoce la dieta, así como el papel funcional y estatus trófico que desempeñan los renacuajos en los ecosistemas acuáticos temporales y permanentes (Altig *et al.*, 2007).

Conocer de qué se alimentan los renacuajos permite comprender las interacciones bióticas y abióticas que ocurren en el ecotono entre las zonas

terrestres y acuáticas; así como entender la estructura trófica a escala local lo que revela los enlaces entre comunidades. Estos estudios también permiten entender el grado de susceptibilidad de las diferentes especies de anuros debido a los cambios ambientales (De Sousa *et al.*, 2007). Desde luego permiten determinar si existe o no selección de elementos alimenticios exclusivos que satisfagan las necesidades nutricionales de los renacuajos para poder llevar a cabo la metamorfosis.

Diferentes estudios han mostrado que la dieta de los renacuajos se ha visto alterada por factores antropogénicos como la agricultura y la ganadería, actividades que alteran la geomorfología del medio acuático y terrestre, modifican el hidropérido y calidad del agua, la cobertura vegetal, la productividad del medio ambiente y las redes alimenticias (Knustson *et al.*, 2004). Así mismo, se ha detectado que los productos químicos utilizados en las actividades agrícolas llegan a contaminar las masas de agua por lixiviación o percolación, causando daños a los ambientes acuáticos (Rimet y Bouchez, 2011).

También, se ha observado que los nutrientes como el fósforo y nitrógeno, provenientes del uso de fertilizantes químicos, incrementan la concentración de estos en los sistemas acuáticos y favorecen la eutrofización. En consecuencia se promueve el crecimiento acelerado de las microalgas y hay un cambio en la composición de la comunidad, en la que las especies dominantes son aquellas que toleran los cambios (Tank y Dodds, 2003; Whitton y Kelly, 1995). Por lo general éstas modificaciones alteran la disponibilidad de las categorías alimenticias usados por las larvas de los anuros y en consecuencia se verá afectada la distribución espacial y temporal de los adultos (Kopp y Eterovick, 2006).

*Spea multiplicata* (Cope, 1863) es un anuro de tamaño pequeño a mediano, alcanza hasta 65 mm de longitud total. Se caracteriza por presentar una pupila vertical, con ojos protuberantes, el tímpano puede ser visible o estar ausente. Posee un tubérculo metatarsal de color negro, que puede ser tan largo como ancho, de ahí su nombre común de “sapito de pala” o con “espolón”. Presenta una coloración grisácea o pardo pálido en la parte dorsal, con manchas de forma irregular de color rojo, amarillo o negro y el vientre es blanquecino (Lemos-Espinal y Dixon, 2013) (Fig. 1).



**Figura 1.-** Adulto de *Spea multiplicata* que muestra las características típicas de la especie (Brennan y Holycross, 2006).

Los renacuajos de *Spea multiplicata* tienen cabeza grande y plana con ojos sobresalientes. Crecen hasta 76 mm, pero a los 38 mm ya pueden iniciar la metamorfosis; dorsalmente tienen una coloración gris claro a oliva o marrón-oliva o incluso el color puede ser pardo semejante a la turbidez del agua.

Generalmente la musculatura de la mandíbula es grande y proporcional, la parte más ancha del cuerpo se encuentra aproximadamente a la mitad del

abdomen, los márgenes de las vainas de la mandíbula superior e inferior siguen una trayectoria uniforme. Formula de dentículos labiales (LTRF) típicamente 4/4 pero variable, las filas de dientes están bien formadas, pero son incompletas (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayen, 2010), cuerpo globular, pigmentación de los iridóforos a menudo prevalece, la cola termina en forma de punta (Fig. 2) (Altig *et al.*, 1998; Brennan y Holycross, 2006).



**Figura 2.-** Renacuajo de *Spea multiplicata* (Wild Horizons/UIG).

Es una especie de amplia distribución que abarca desde el sur de Estados Unidos de Norteamérica hasta el sureste de nuestro país, se encuentra en Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Aguascalientes, Michoacán, Edo. de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (Fig. 3).

Se le encuentra en sitios abiertos donde la vegetación dominante son pastizales desérticos, diferentes tipos de bosques: de chaparral, pino, pino-enebro, pino-encino y áreas agrícolas en los que el suelo es de tipo Vertisol los cuales se caracterizan por ser altamente arcillosos, profundos y densos, que al secarse dejan grietas superficiales anchas de lenta filtración y permiten que se produzcan las charcas temporales (Belher, 1992), además es esencial la presencia de rocas

sueltas, cortezas y detritos, que sirven como refugio durante las horas diurnas. Altitudinalmente habita desde los 550 hasta los 2400 msnm (Behler y King, 1992; Saldaña y Pérez-Ramos, 1987).



**Figura 3.-** Área de distribución de *Spea multiplicata* (IUCN, 2017).

Este anfibio es activo durante la estación húmeda, mientras que en la época seca estivan enterrándose entre 60-90 cm de profundidad (Shoemaker *et al.*, 1969). Al caer las primeras lluvias se forman las pozas o charcas temporales, es cuando emergen a la superficie para reproducirse.

Es de hábitos crepusculares y nocturnos, los machos forman coros para atraer a las hembras a las charcas; el amplexo es inguinal. A finales de julio y principios de agosto las hembras ponen entre 15-50 huevos agrupados en racimos de forma irregular y llegan a poner hasta 500 huevos por temporada (Stebbins, 1972).

*Spea multiplicata* es de rápido crecimiento y desarrollo. Los huevos se desarrollan en estanques efímeros en grupos muy numerosos, las larvas pueden eclosionar a las 70 horas después de la puesta, en el día se encuentran en el fondo y en la noche emergen para alimentarse (Buchholz y Hayes, 2000).

El crecimiento también es rápido, en tan solo tres semanas los renacuajos pueden transformarse en pequeñas ranas con cola muy reducida y son capaces de respirar con pulmones y de alimentarse en tierra. Durante su fase larvaria pueden ser omnívoros y consumen detritus y microalgas principalmente, aunque también pueden ser carnívoros con una dieta de pequeños crustáceos y renacuajos (Bragg, 1964; Pomeroy, 1981; Pfennig, 1990).

## Antecedentes

Los renacuajos han sido comúnmente usados en experimentos ecológicos y estudios que abordan el crecimiento, conducta de forrajeo, plasticidad fenotípica, competencia intra e interespecífica, redes tróficas, entre otros (Petranka y Kennedy, 1999; Doughty, 2002). En estudios sobre alimentación se han evaluado los materiales ingeridos y en ocasiones el valor nutritivo y las calorías consumidas, pero en general se conoce poco acerca de los patrones espacio-temporales de forrajeo, así como los factores bióticos y abióticos que influyen en las larvas (Altig *et al.*, 2007).

Tradicionalmente se creía que los renacuajos eran herbívoros, que por alimentarse de plantas vasculares ocupaban un nivel bajo dentro de la cadena trófica. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que además de plantas, se alimentan de polen, microalgas y partículas suspendidas en el agua (Petranka y Kennedy, 1999).

Otros autores consideran que algunos renacuajos son principalmente raspadores, carnívoros y caníbales (Altig *et al.*, 2007). Como ejemplo de carnívoros encontramos a *Rana sylvatica* (Ranidae), que es depredador de macroinvertebrados. Los pocos estudios que hay en éste tema han cambiado la idea de los renacuajos como filtradores-omnívoros y ahora se les considera también como depredadores activos en la comunidad de la que forman parte (Petranka y Kennedy, 1999).

Se sabe que diferentes factores influyen en el crecimiento y desarrollo de las larvas de los anfibios, entre los cuales dichos factores se encuentran la dieta,

temperatura del agua, competencia, depredación, duración del hábitat y composición de la comunidad (Kupferger, 1997), por lo que las larvas seleccionan sus sitios de alimentación donde obtienen la cantidad suficiente de nutrientes que requieren (Alvares y Nicieza, 2002).

En el caso de la dieta, la calidad, cantidad y disponibilidad de cada tipo de alimento son los elementos más importantes, Leips y Travis (1994) estudiaron el desarrollo de dos especies de *Hyla* en dos hábitat con diferente disponibilidad de alimento y encontraron que los cambios en la dieta influyeron en el tiempo y el tamaño del renacuajo antes de la metamorfosis; una alta disponibilidad de alimento resultó en un periodo larvario más corto y un mayor tamaño corporal en comparación con el sitio donde hubo menos alimento, ya que en éste último el tiempo de desarrollo larvario fue mayor y el tamaño corporal fue menor.

Pocos estudios han abordado el efecto de las diferencias en el alimento sobre la comunidad de renacuajos. Por ejemplo, se observó que las larvas de *Pelophylax ridibundus* (Ranidae) provenientes de diferentes cuerpos de agua presentaron una dieta similar (Belova, 1964). Mientras que Heyer (1973) y Lajmanovich (1997) encontraron que los renacuajos de *Scinax nasicus* (Hylidae), *Odontophrynus americanus* (Odontophrynidae) y *Elachistocleis bicolor* (Microhylidae) pueden alimentarse de lo que esté disponible en el hábitat.

En otros estudios se considera que la partición del hábitat entre especies no juega un papel tan importante en la determinación de la dieta, sino que son las diferencias en el aparato bucal las que deben estar relacionadas con la preferencia de partículas de diferente tamaño en el microhábitat de los renacuajos (Heyer 1976;

Wassersug, 1980; Lajmanovich *et al.*, 2000). Por ejemplo, Wassersug (1978), comparó la dieta de las larvas de *Rana sylvatica* (Ranidae) y *Xenopus laevis* (Pipidae) en condiciones experimentales para conocer la partición de uso de recursos. Éstas larvas fueron alimentadas con dos microalgas: una del genero *Anabaena* y otra de *Chlorella*. Durante el experimento, hubo diferencias en cuanto a la abundancia y el volumen de las partículas ingeridas debido a que *X. laevis* ingirió partículas de mayor tamaño ya que posee un aparato bucal más grande que *R. sylvatica* que consumió una baja cantidad de alimento cuyo aparato bucal era eficaz para filtrar partículas pequeñas.

Bionda *et al.* (2012) analizaron la dieta de *Rhinella arenarum* (Bufonidae) en tres sitios con distintos grados de alteración. En los sitios con mayor perturbación encontraron que las larvas consumieron menos alimento (diatomeas de los géneros *Navicula*, *Nitzschia* y *Gomphonema*) y la condición corporal de los individuos fue menor, en comparación con los ejemplares de los sitios menos perturbados donde consumieron cianobacterias y euglénidos de los géneros *Oscillatoria*, *Euglena* y *Strombomonas*.

En otro trabajo Bionda *et al.* (2013) analizaron la dieta de *Physalaemus biligonigerus* (Leiupedidae) en tres sitios con distinto grado de alteración. En dos de ellos encontraron la presencia de microalgas de la clase Bacillariophyceae de los géneros *Navicula*, *Nitzschia* y *Gomphonema*, de la clase Euglenaceae el género *Euglena* y la clase Oedogoniaceae el género *Oedogonium* y en el tercero encontraron de la clase Oscillatoraceae el género *Oscillatoria*. La presencia de distintas microalgas y cianobacterias asociadas a ambientes eutróficos indicó cierto grado de contaminación en el hábitat.

Al igual que *Rhinella arenarum* las larvas de *Physalaemus biligonigerus* consumieron una menor cantidad de alimento y fueron de menor tamaño en el sitio más contaminado a pesar de tener una alta diversidad de microalgas. Por lo que, la contaminación es un factor que puede interferir con el tipo y cantidad de alimento que consumen las larvas lo que sin duda afecta el tamaño que lleguen a alcanzar los renacuajos (Carey y Bryant, 1995).

De *Spea multiplicata* (Scaphiropodidae) se han realizado distintos estudios sobre la biología y ecología de sus larvas, sin embargo, en la mayoría de ellos la dieta solo ha sido explorada de manera superficial o ha servido para hacer comparaciones entre especies o separar variedades dentro de poblaciones y en menor proporción se han realizado aquellos estudios que involucren las variables ambientales (calidad del agua o nutrientes) del medio en el que habitan. Por ejemplo, en 1962 Bragg determinó que las larvas de *Spea multiplicata* se alimentaron de microalgas y crustáceos.

Bragg (1964), Pfennig (1990) y Levis *et al.* (2015) estudiaron la conducta de forrajeo de la familia Scaphiropodidae entre *Spea bombifrons* y *Spea multiplicata* y describieron tres fenotipos: carnívoro, depredador y caníbal, que se diferenciaron además de la dieta por el tamaño del aparato bucal.

Pfennig *et al.* (1991) examinaron los efectos medioambientales entre el tamaño y la edad de *Spea multiplicata* utilizando la forma carnívora y la omnívora en pozas naturales y experimentales. Las observaciones en pozas naturales revelaron que la edad y el tamaño alcanzado durante la metamorfosis en ambas formas se relacionan de manera inversa en comparación con otras especies de

anfibios. En las pozas artificiales, bajo distintos tratamientos en cuanto a la cantidad de alimento y duración de los estanques, la edad y el tamaño se relacionaron negativamente con una alta cantidad de alimento y corta duración del hábitat, mientras que hay una relación positiva con una cantidad baja de alimento y larga duración del hábitat. Por lo que, las larvas que habitan en pozas efímeras pueden tener una rápida diferenciación en la que los renacuajos pueden alcanzar un tamaño corporal grande dependiendo de la calidad y cantidad de alimento disponible y el tiempo que tardan en desarrollarse.

Buchholz y Hayes (2000) compararon el tiempo de desarrollo y crecimiento de la familia Scaphiopodidae entre *Scaphiopus couchii* y *Spea multiplicata* bajo condiciones controladas a diferentes temperaturas, alimento y densidad. Ellos encontraron que *S. couchii* tuvo la mayor velocidad de desarrollo y longitud que *Spea multiplicata* y concluyeron que éstas especies a pesar de ser simpátricas difieren en sus mecanismos fisiológicos, ecológicos y evolutivos.

Arendt (2009) utilizó la forma carnívora de *Spea multiplicata* para comprobar si había relación entre la talla alcanzaron los renacuajos y la velocidad de escape en presencia de depredadores. La correlación fue negativa ya que los renacuajos de mayor talla alcanzaron una velocidad menor que aquellos de menor tamaño.

## Justificación

*Spea multiplicata* ha sido utilizado como modelo en estudios de reproducción y ecología y al menos en la parte norte de su distribución es un animal abundante y adaptable a condiciones de laboratorio (Bragg, 1964 y Pfennig, 1990). Es una especie que ha tolerado los cambios de su hábitat original, sobre todo en zonas agrícolas (Wilbur, 1990; Morey, 1998). Sin embargo en México donde se encuentra la mayor distribución de la especie, se desconocen todos los aspectos de la biología y ecología de sus poblaciones.

No obstante que México ocupa el quinto lugar a nivel mundial en riqueza de especies de anfibios, 43% de estas se enfrentan a diversas amenazas de supervivencia (Parra Olea *et al.*, 2014). La mayor amenaza está representada por la desaparición o transformación de los hábitat originales debido a la deforestación, apertura y expansión de campos agrícolas y ganaderos, contaminación de cuerpos de agua, etc. Aunado a esto, para la mayoría de las especies mexicanas se desconoce la información básica sobre su biología y ecología. Un caso lo representan las especies que sobreviven en bajo número poblacional en zonas agrícolas, donde se enfrentan además de la desaparición de su hábitat, a la contaminación por el uso de abonos químicos y biocidas, alteración constante de sus sitios de reproducción, cambios en el uso de agua, etc. Y de manera particular *Spea multiplicata* en el estado de Oaxaca, que representa a las poblaciones de distribución sureña de la especie y de la cual se desconoce bajo qué condiciones habitan en un área agrícola-ganadera en Zaachila.

## **Pregunta de investigación**

Con base en la problemática expresada anteriormente se planteó la siguiente pregunta ¿De qué se alimentan las larvas de *Spea multiplicata* en un paisaje agrícola-ganadero en Zaachila, Oaxaca? Responder a ésta pregunta es importante, en primer lugar sabremos qué tipo de alimento están consumiendo las larvas, se podrá determinar el papel trófico de la especie durante su estado larvario y conocer el estado de salud del ecosistema y finalmente la información generada servirá de base para políticas de manejo y conservación de la especie. Sobre todo, si consideramos que el tamaño de las poblaciones de anuros puede verse alterado en aquellas especies que pasan por un estadio larvario libre y sin cuidado parental, por lo que el éxito de las larvas durante esta fase es vital para completar el ciclo de vida y asegurar su continuidad.

## **Objetivo General**

Determinar la dieta del estadio larvario de *Spea multiplicata* y su papel trófico en los ecosistemas acuáticos temporales en un paisaje agrícola-ganadero en Zaachila, Oaxaca.

## **Objetivos particulares**

- Determinar el tipo de alimento que consumen los renacuajos de *Spea multiplicata*.
- Determinar la variación de la dieta con relación a la etapa de desarrollo de los renacuajos de *Spea multiplicata*.
- Determinar el efecto de la calidad del agua sobre la disponibilidad y tipo de alimento.

## Hipótesis

1. Se sabe que las poblaciones de *Spea multiplicata* que habitan en el sur de Estados Unidos de América y norte de México se alimentan de microalgas dulceacuícolas, ostrácodos y practican también el canibalismo (Bragg 1964; Pfenning *et al.*, 1991). Por lo tanto, se espera que para las poblaciones de Zaachila.

Ho: la dieta es similar a las poblaciones del norte de México.

Ha: la dieta es diferente, hay un cambio.

2. Los anfibios pasan por diferentes estadios durante su desarrollo larvario, a medida que el organismo crece y se desarrolla también aumenta la talla de su aparato trófico (compuesto por el disco oral, varias hileras de dientes, pico corneo y papilas labiales) así como sus necesidades nutricionales y energéticas Duellman y Trueb (1986), McDiarmid (1999).

Ho: el aparato trófico cambia conforme al tamaño y mantiene una dieta constante.

Ha: el aparato trófico cambia conforme al tamaño y la dieta es también diferente a medida que el animal crece.

3. Leips y Travis (1994) afirman que la calidad de agua y disponibilidad de nutrientes son las variables que determinan la velocidad y crecimiento de las larvas.

Ho: la tasa de desarrollo y crecimiento de las larvas no tiene relación con la calidad del agua, nutrientes y alimento disponible.

Ha: la tasa de desarrollo y crecimiento de las larvas tiene relación con la calidad del agua, nutrientes y alimento disponible.

## Metodología

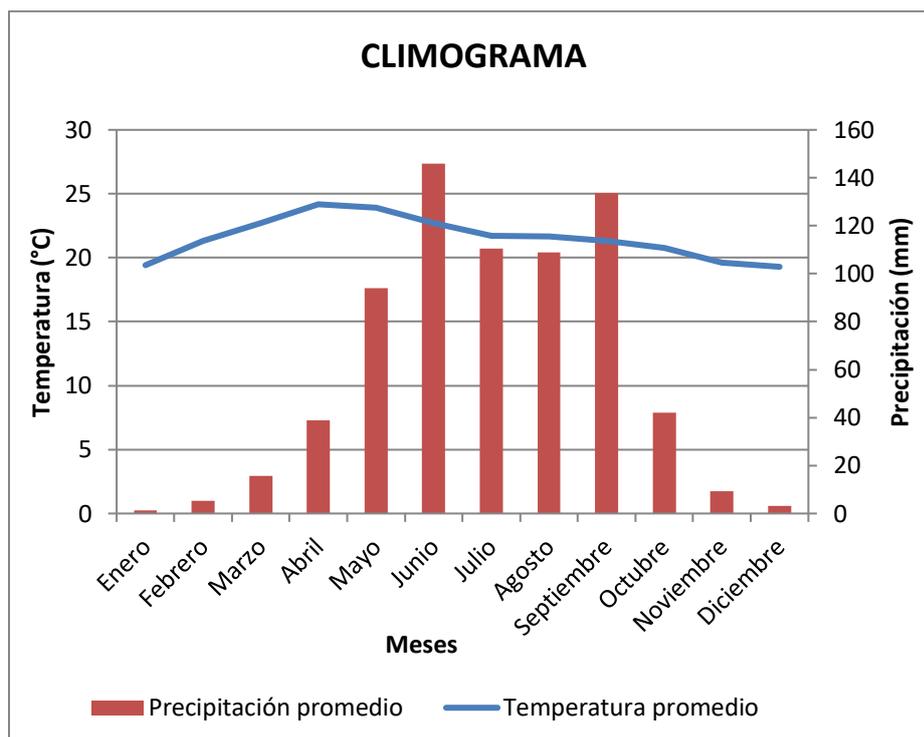
### Área de estudio

El área de estudio se localiza en el municipio de Zaachila, al sur de la capital del estado de Oaxaca. La zona pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur, dentro de la Subprovincia de los Valles Centrales de Oaxaca (Fig. 4). Zaachila está ubicado en una llanura formada por unidades carbonatadas de aluvión, gravas, arenas, limos y arcillas, existiendo afloramientos de rocas metamórficas de tipo gneis (Ortiz *et al.*, 2004). Altitudinalmente va de los 1500 msnm sobre el curso del río Atoyac a más de 2000 msnm en el cerro de María Sánchez (Cerro del León) al oeste del municipio (INEGI, 2004).



**Figura 4.-** Ubicación del municipio de Villa de Zaachila, Oaxaca.

El clima de la zona es un BS1hw (w), que corresponde al tipo semiseco, semiárido, con lluvias en verano e invierno fresco, el cual se localiza en los terrenos planos y lomeríos del municipio (Trejo, 2004) (Fig. 5).



**Figura 5.-** Climograma de Zaachila, Oaxaca (CONAGUA, 2015).

El área es atravesada por el Río Atoyac y el Río Valiente, los que actualmente solo llevan aguas negras municipales de la ciudad de Oaxaca. La vegetación original correspondía a bosque tropical caducifolio y matorral subinerme, pero esta ha sido sustituida por cultivos y pastizales en la mayor parte del municipio, actualmente los manchones de vegetación original solo están presentes en las cañadas ubicadas en las porciones occidental y oriental del municipio y en esta última el matorral subinerme que crece en los lomeríos es sustituido por un bosque de encino en las partes más altas, siendo la especie más común *Quercus rugosa*.

Los principales cultivos son de temporal y algunos son de riego, entre los que sobresalen los de alfalfa, maíz y frijol. Entre los campos de cultivo y en el borde de los caminos también están presentes arboles de nogal (*Carya illinoensis*),

huizaches (*Acacia* sp.), cazahuates (*Ipomoea glauca*), higos (*Ficus* sp.), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), mezquites (*Prosopis* sp.) (Fig. 6) mientras que en el borde de los ríos sobresalen los sauces (*Salix* sp.) y sabinos (*Taxodium mucronatum*).

La toma de muestras se llevó a cabo en un paisaje agrícola-ganadero a 2.7 km al E de Zaachila (Fig. 7) en un área aproximada de 4 km<sup>2</sup> ubicada entre las coordenadas 16° 56' 53.57" N y 96° 43' 45.87" W; 16° 56' 43.72" N y 96° 42' 59.13" W; 16° 55' 38.77" N y 96° 44' 17.45" W y 16° 55' 30.83" N y 96° 43' 13.81" W a 1517 msnm. Se trabajó en ésta zona porque en ella se ha registrado la especie dentro del municipio.



**Figura. 6.-** Pastizal con *Prosopis* sp. en primer plano y ejemplar joven de *Pithecellobium dulce* a la derecha.

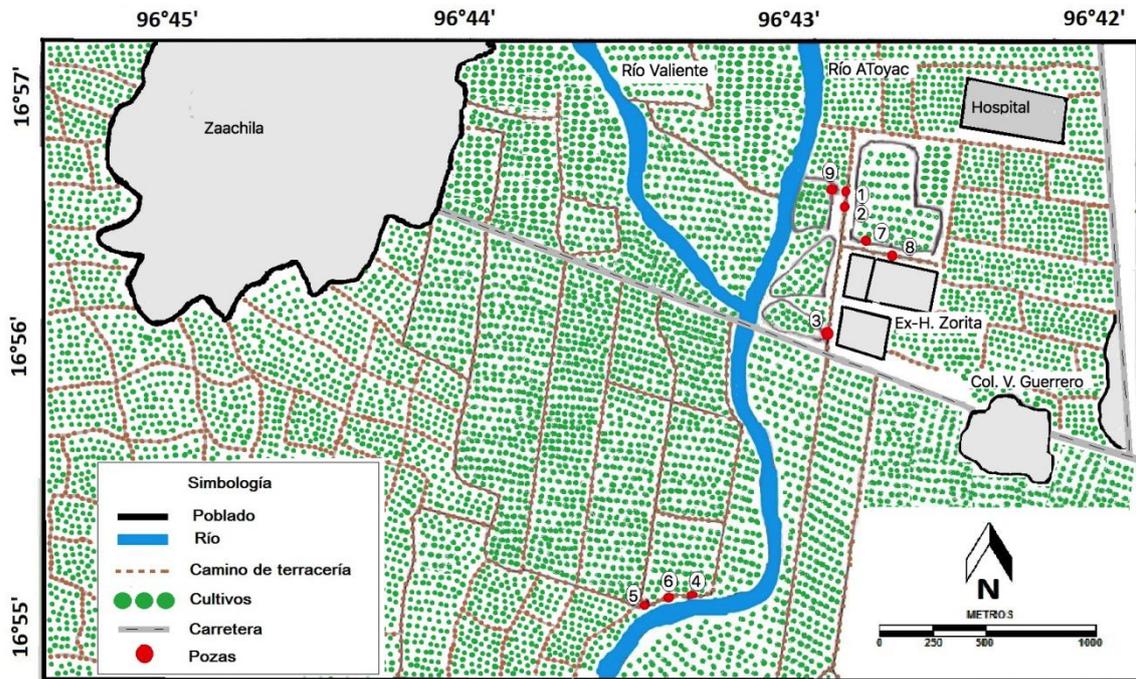


Figura 7.-Mapa de la zona de muestreo en el municipio de Zaachila, Oaxaca.

## **Trabajo de campo**

### **a) Colecta de muestras de anuros**

Las muestras de las larvas de *Spea multiplicata* se obtuvieron durante julio, agosto y septiembre del 2015, que corresponden a la época de lluvias. Una vez que fueron detectadas las puestas o individuos en distintos estadios en las pozas; éstas fueron monitoreadas cada tercer día. En total fueron muestreadas nueve pozas temporales (Fig. 7).

Al inicio del muestreo se tomaron con un GPS Garmin Etrex 10 las coordenadas geográficas de cada poza, posteriormente se midió de ellas la longitud, anchura y profundidad y se describió la vegetación presente. Posteriormente se capturaron las larvas con una red de cuchara y se determinó en qué etapa del desarrollo se encontraban de acuerdo al índice de Gosner (1960) (Fig. 8, en el Apéndice A). Las larvas recolectadas que se encontraron después de la etapa 42 fueron descartadas por que durante ésta fase los renacuajos dejan de alimentarse para realizar la metamorfosis (Huckembeck *et al.*, 2016).

De cada etapa se tomó una muestra de 5 a 10 individuos, alrededor del 5% de la población (amparado en el permiso de colecta científica: SGPA/DGVS/04288/15). Los renacuajos fueron fotografiados para tener una referencia de su tamaño y los que no se recolectaron fueron regresados a su hábitat. Los ejemplares recolectados fueron depositados directamente en frascos de plástico con alcohol etílico al 70%, procedimiento que fue necesario para preservar el contenido estomacal.

## **b) Análisis de productores primarios**

Para el análisis del fitoplancton, de cada poza se obtuvo una muestra de agua de 100 ml, que fue depositada en una botella estéril que se llenó hasta rebosar y se agregó lugol para la fijación del material (Ferrario, 1995). Para medir la clorofila fitoplanctónica se obtuvo una muestra de 100 ml de agua, que se filtró *in situ* con un filtro de GFF con el equipo Millipore, posteriormente los filtros se doblaron y se colocaron en un frasco con acetona al 100% y se mantuvieron congelados para su posterior análisis en laboratorio.

Se colectaron muestras de microalgas adheridas a rocas y raíces, mediante un raspado con espátula, las muestras se colocaron en frascos de 60 ml LDPE NALGENE® debidamente rotulados; todas las muestras se fijaron con lugol (Ferrario, 1995) hasta obtener una coloración ámbar.

## **c) Calidad de agua**

Las características fisicoquímicas del agua: temperatura, conductividad, salinidad, pH, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, potencial de óxido-reducción y sólidos totales se evaluaron *in situ* en cada poza con una sonda multiparamétrica YSI modelo 556. Para analizar los nutrientes presentes en el agua se tomó una muestra de 1000 ml y se congeló para su posterior análisis en laboratorio.

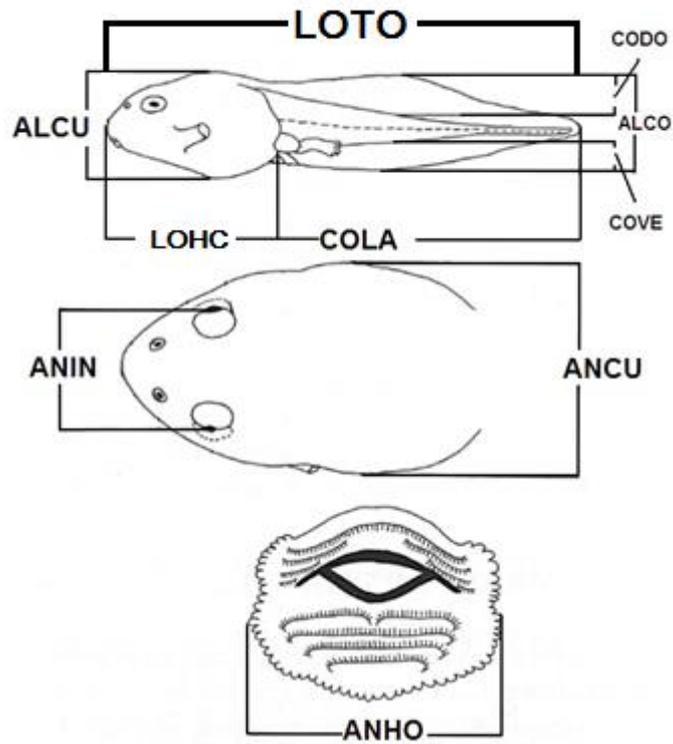
## **Trabajo de laboratorio**

### **a) Revisión del contenido estomacal e intestinal**

Éste procedimiento fue realizado en el laboratorio de Ficología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

A todos los renacuajos se les tomaron las siguientes distancias morfométricas con un vernier digital (Mitutoyo con aproximación de 0.01mm): longitud total (LTO), longitud hocico-cloaca (LOHC), longitud cola (COLA), altura corporal (ALCU), anchura corporal (ANCU), altura aleta dorsal (CODO), altura aleta ventral (COVE), altura aleta caudal (ALCO), anchura interorbital (ANIN) y ancho disco oral (ANHO), (Fig. 9).

Los individuos fueron pesados con una balanza analítica Pioneer™ OHAUS®, posteriormente se colocaron en una caja de Petri esterilizada para disectarlos, con ayuda de un bisturí se hizo una incisión longitudinal para extraer el estómago e intestino (Figs. 10 y 11, Apéndice B), los órganos fueron pesados. Los contenidos estomacal e intestinal se depositaron juntos en alcohol etílico al 70% en microtubos eppendorf de 1.5 ml 39x10.8 mm. SARSTEDT & Co. D-51588 Numbrecht etiquetados individualmente. Para conocer el contenido alimenticio de los renacuajos, se tomaron de las muestras tres alícuotas de 80 µl cada una, las cuales fueron colocadas en portaobjetos y revisadas con el microscopio óptico. Con esta información se realizó una matriz de datos.



**Figura 9.-** Medidas morfométricas tomadas de las larvas de *Spea multiplicata* de Zaachila, Oaxaca.



**Figura 10.-** Ejemplar de *Spea multiplicata* con las vísceras expuestas.

El alimento ingerido por los renacuajos fue separado en categorías y estas se determinaron taxonómicamente con la literatura: Edmondson (1918), Round *et al.* (1990), Thorp *et al.* (1991), Van den Hoek *et al.* (1995), Comas (1996), Komárek y Jankovská (2001), Jonh *et al.* (2002), Wehr y Sheath (2003), Komárkova y Tavera (2003), Komárek (2010) a y b, Bellinger y Sigee (2010) Hegewald *et al.* (2013) y confirmadas nomeclaturalmente con la base de datos Guiry y Guiry (2017).

Se tomaron fotografías de los elementos ingeridos más importantes, con una cámara Nikon COOLPIX S570 y con un microscopio Olympus CX31 con aumento óptico de 40X. De esta manera fue posible obtener la longitud y ancho de cada elemento ingerido con el programa Paint. Posteriormente esta información sirvió para obtener el volumen del alimento ingerido.

## **b) Análisis de productores primarios**

Para contabilizar la abundancia del fitoplancton presente en el agua, sedimento y vegetación se utilizó la cámara Sedgewick-Rafter (Arredondo-Vega y Voltolina, 2007) y se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = N * dil$$

dónde:

C = cél/mL.

N = células contadas en toda la cámara.

dil.= factor de dilución.

Solo se consideraron las especies más consumidas por *Spea multiplicata*. También se obtuvo el índice de Shannon-Wiener (H') el de equitatividad de Pielou

(J') y el de dominancia (D') para conocer la diversidad del hábitat. Éstos índices fueron calculados con el programa PAST ver. 3.15 (Hammer *et al.*, 2001).

Para la cuantificación de la concentración de clorofila (*a*, *b* y *c*) la muestra se centrifugó a 5000 rpm por 10 min., se tomaron 2.5 ml del sobrenadante (sin materia particulada) y se procedió a leer la absorbancia (630, 647 y 664nm) en un espectrofotómetro Genesys 10 uv thermospectronic (APHA 1995).

### **c) Análisis de nutrientes**

Estos análisis se realizaron en el laboratorio de ecosistemas costeros de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Para todos los nutrientes se trabajaron blancos y estándares por triplicado. Se realizaron dos filtrados de cada muestra a través de un filtro Whatman del no. 40, excepto cuando la muestra estuvo saturada con sedimento se utilizó el no. 42. Se analizaron y evaluaron las fuentes nitrogenadas (amonio, nitratos y nitritos), ortofosfatos y fósforo total (Contreras, 1994).

Para el amonio se utilizó la técnica del indofenol. Los nitratos y nitritos se analizaron con la técnica de la sulfanilamina; antes del procedimiento de los nitratos, éstos se redujeron a nitritos en una columna con cadmio. Para la evaluación de ortofosfatos y fósforo total se empleó el método del ácido ascórbico (APHA ,1995).

#### **d) Análisis de datos**

Para determinar las posibles diferencias entre los valores de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua y de la cuantificación de nutrientes entre las pozas de *Spea multiplicata* e *Hyla euphorbiacea* (ITIS, 2017), se aplicó una prueba de *t* de Student para comparar dos muestras suponiendo varianzas iguales (Zar, 1996).

Para analizar la variación morfométrica de los renacuajos de *Spea multiplicata* se obtuvo la estadística descriptiva (media, desviación estándar y coeficiente de variación) de todas las medidas tomadas de las diferentes etapas de desarrollo (Gosner, 1960). Para conocer la tasa de crecimiento de las larvas se trazó un gráfico de dispersión con los datos de las etapas de desarrollo y la longitud hocico-cloaca (LOHC) debido a que fue la variable de menor error estándar y mayor consistencia, con esto se eligió el modelo de crecimiento y la ecuación a los cuales se ajustaron a los datos. Este procedimiento se realizó con el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Con la base de datos del contenido estomacal se realizaron los análisis del valor de importancia de Pinkas *et al.* (1971), sobreposición y amplitud de nicho, similitud y diversidad. Sin embargo, debido a la similitud en los elementos ingeridos en algunas etapas de desarrollo y a que el número de individuos no siempre fue numeroso en todas las etapas, éstas fueron ordenadas en seis grupos asociando las etapas contiguas (25-27, 28-30, 31-33, 34-36, 37-39 y 40-42).

Para conocer la dieta en general y por agrupaciones se calculó el valor de importancia relativa (VIR) de cada categoría alimenticia propuesto por Pinkas *et al.*

(1971), el cual se aplicó para interpretar de manera adecuada la importancia de los elementos ingeridos del contenido estomacal de la dieta de *Spea multiplicata* y así determinar presas importantes, poco frecuentes y accidentales (Hyslop, 1980):

$$\text{VIR} = (\text{N} + \text{V}) \text{FO}$$

dónde:

N = porcentaje numérico.

V = porcentaje volumétrico.

FO = porcentaje de ocurrencia.

La abundancia total de cada elemento ingerido fue promediada entre tres, debido a que éste fue el número de alícuotas que se tomaron durante la revisión del contenido estomacal por larva. Únicamente se tomaron en cuenta para los análisis los elementos ingeridos que tuvieron una abundancia promedio  $\geq 1000$  individuos.

El porcentaje de ocurrencia (%FO) que se refiere a la presencia de una categoría con respecto a todos los contenidos estomacales analizados y el porcentaje numérico (%N) que fue la abundancia de cada uno. Con las medidas obtenidas de longitud y anchura de los elementos ingeridos se obtuvo primero el volumen de cada categoría ingerida. Debido a la variación en formas, para cada categoría se utilizó la fórmula más adecuada para estimar su volumen (Tabla 1, apéndice C). Posteriormente se obtuvo el porcentaje volumétrico (%V) de cada elemento.

Los índices de Levins (1968) y de Pianka (1986) de amplitud y sobreposición de nicho trófico entre etapas del desarrollo, así como el dendrograma de similitud

(método UPGMA) se calcularon con el programa NTSYS ver. 2.11x. También se aplicó el valor crítico de similitud de 66.66% de Sánchez-Herrera y López-Ortega (1988).

El índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) se usó para describir la diversidad trófica de los diferentes estadios de *Spea multiplicata* (Moreno, 2001; Bionda *et al.*, 2012). Además, de los índices de equitatividad de Pielou ( $J'$ ) y el de dominancia ( $D'$ ), todos ellos obtenidos con el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Finalmente se estimó el índice de correlación de Pearson para determinar el grado de asociación entre el ancho disco oral (ANHO) de cada estadio con la cantidad y el volumen de los elementos ingeridos que consumieron las larvas de acuerdo a su talla. Esta prueba también se realizó con el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

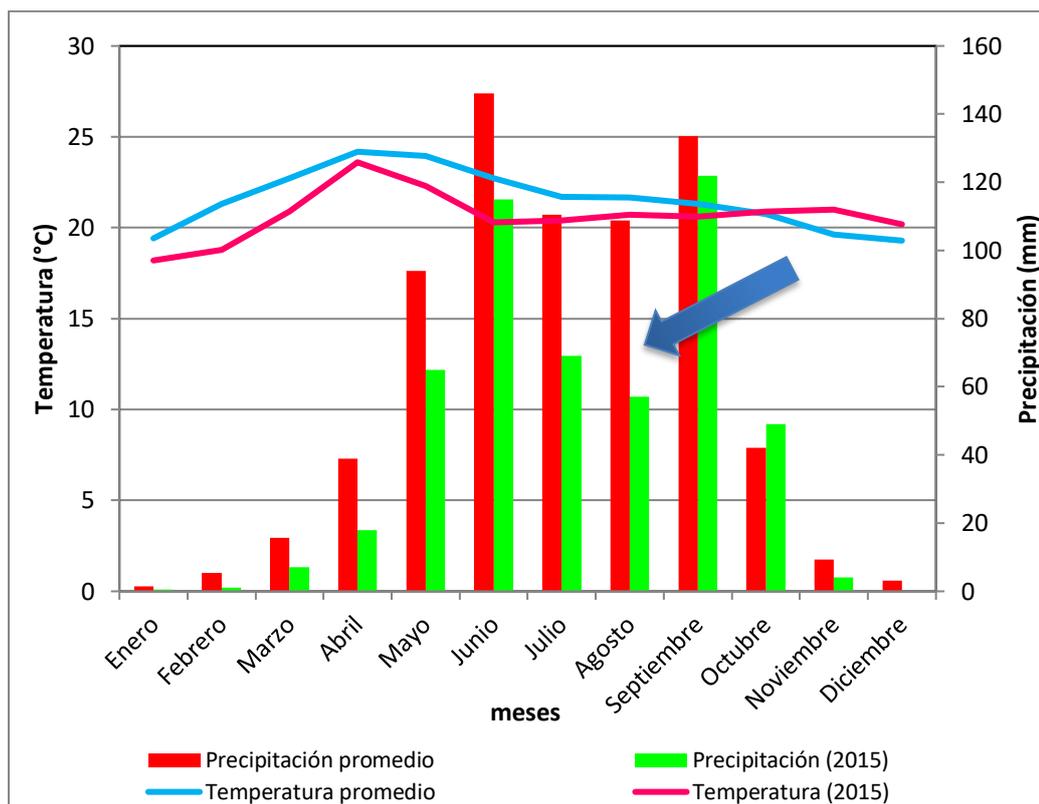
## Resultados

### a) Caracterización de las pozas

En total fueron monitoreadas nueve pozas, que se desarrollaron en caminos de terracería y tuvieron una distribución aleatoria (Fig. 7), el desarrollo de las pozas dependió de la microtopografía del terreno arcilloso y del inicio del periodo de lluvias. Su forma, tamaño, duración, abundancia de individuos y especies presentes fue diferente para cada una de ellas (Tabla 2). Únicamente en seis pozas se encontraron puestas de *Spea multiplicata*.

Durante el año de muestreo la temperatura media anual fue de 20.65°C y en los meses de julio, agosto y septiembre fue de 20.56°C (Estación Meteorológica del Aeropuerto Internacional Xoxocotlán MMOX), de manera que hubo una canícula marcada en agosto, fenómeno que provocó altas temperaturas y una sequía interestival, por lo que algunas pozas se secaron y en otras disminuyó la profundidad (Fig. 12). Asimismo, algunas fueron destruidas por vehículos, lo que afectó la supervivencia de los renacuajos, por lo que el número de individuos recolectados en las pozas fue variable.

La poza 1 se localizó sobre un camino de terracería, limitada por cultivos de maíz. Alrededor de la poza solo crecieron gramíneas y en su interior no se observaron depredadores como larvas de odonatos u ostrácodos. La poza se monitoreo del 24 de julio al 18 de agosto del 2015, cuando se secó debido a las altas temperaturas de agosto (Figs. 13a y 13b). Esta poza fue ocupada sólo por *Spea multiplicata*, especie de la cual se recolectaron 60 larvas.



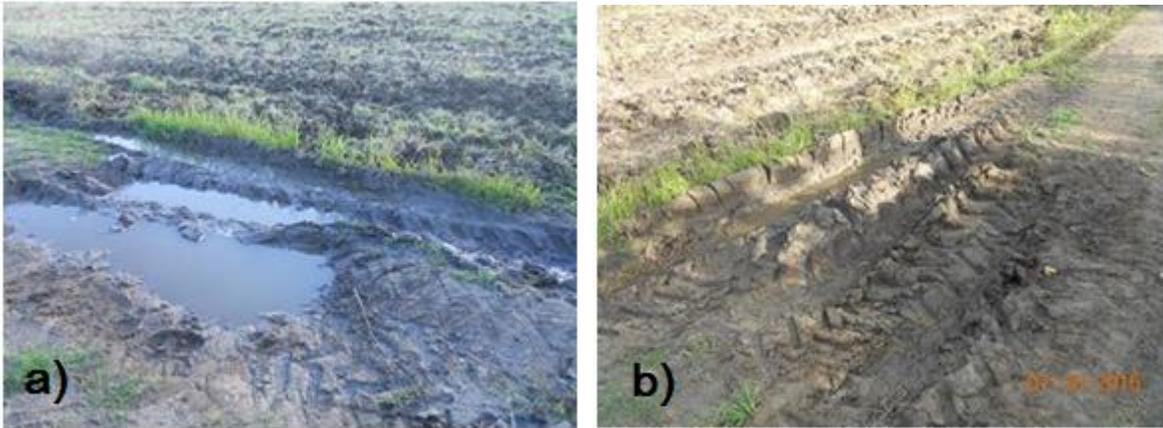
**Figura 12.-** Comparación de datos climáticos promedio de 10 años y del año 2015 (CONAGUA, 2015).

**Tabla 2.-** Características físicas promedio de las nueve pozas monitoreadas que fueron usadas por *Spea multiplicata* e *Hyla euphorbiacea* como sitio de reproducción en Zaachila, Oaxaca.

Poza #	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (cm)	Duración (días)
1	4	2.5	12.9	26
2	4	3.77	17	44
3	6	6	28.2	55
4	5.4	1.5	17.3	53
5	4	2.35	18	19
6	6	3.5	18	52
7	20.7	0.74	12	10
8	7.5	2.20	15.5	16
9	15.4	4.40	17	10

La poza 2 se desarrolló sobre el mismo camino que la poza 1, tuvo gramíneas en sus márgenes (Fig. 14a). Se monitoreó del 24 de julio al 14 de

septiembre del 2015, aquí se recolectaron 83 individuos de todas las etapas libres del ciclo de vida de *Spea multiplicata*. Por el paso de maquinaria pesada las dimensiones de la poza variaron continuamente (Fig. 14b).



**Figura 13a).**- Poza 1 donde se registraron individuos de *Spea multiplicata* (24 de julio). **b).**- La misma poza afectada por la sequía (18 de agosto).



**Figura 14a).**- Poza 2 en la que también se registraron individuos de *Spea multiplicata*. **b).**- La poza fue modificada por el paso de maquinaria usada en la agricultura.

La poza 3 fue la más amplia y de mayor profundidad, siempre tuvo agua durante el periodo de muestreo. A su alrededor crecieron gramíneas y estaba rodeada por higueras (*Ficus* sp.) por lo que siempre tuvo sombra la mayor parte del

día (Fig.15). Aquí se registraron larvas de odonatos. Se monitoreó del 25 de julio al 17 de septiembre del 2015. Esta poza tuvo perturbación constante por el paso de vehículos. Se recolectaron un total de 36 larvas de *Spea multiplicata*.



**Figura 15.-** La poza 3 fue la de mayores dimensiones, alrededor de ella crecieron gramíneas y había árboles de *Ficus* sp. y guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*).

La poza 4 fue la única que no experimentó modificaciones en su nivel de agua, estuvo limitada por un carrizal (*Arundo donax*) e individuos juveniles de higuierillas (*Ricinus communis*) que le proporcionaron sombra la mayor parte del día (Fig.16). Se monitoreó del 25 de julio al 14 de septiembre del 2015. En esta poza se recolectaron 100 larvas de *Hyla euphorbiacea*.

La poza 5 se caracterizó por ser la más pequeña, estuvo limitada por gramíneas y un árbol de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) le proporcionaba sombra durante la primera parte del día. Se monitoreo del 25 de julio hasta que fue completamente destruida por el paso de transporte de carga el 18 de agosto del 2015 (Fig. 17a y b). Aquí se logró recolectar un total de 52 larvas de *Hyla euphorbiacea*.



**Figura 16.-** La poza 4 fue en la que se registró el mayor número de larvas de *Hyla euphorbiacea* la vegetación la protegió de las altas temperaturas.

La poza 6 se ubicó en medio de un camino, por lo que constantemente fue alterada por el paso de vehículos y animales de carga. Presentó en un lado carrizos y pequeños arbustos de higuera mientras que en el otro lado estuvo limitada por gramíneas y acahual (*Tithonia* sp.) (Fig. 18). Se hallaron larvas de odonatos. Se monitoreó del 6 de agosto al 18 de septiembre del 2015. Aquí se recolectaron 40 larvas de *Hyla euphorbiacea*.



**Figura 17a).-** Poza 5 en la que se registraron individuos de *Hyla euphorbiacea*. **b).-** Esta poza fue destruida por el paso de transporte de carga (18 de agosto).



**Figura 18.-** La poza 6 solo albergo individuos de *Hyla euphorbiacea*.

Las siguientes pozas surgieron a principios de septiembre y únicamente albergaron individuos de *Spea multiplicata*. La poza 7 se caracterizó por ser la de mayor longitud, se desarrolló a la orilla de un cultivo de maíz y presentaba gramíneas en su interior (Figs. 19a y 19b). Se monitoreó del 5 al 14 de septiembre del 2015, fue destruida por el paso continuo de tractores. Aquí se recolectaron 15 larvas.



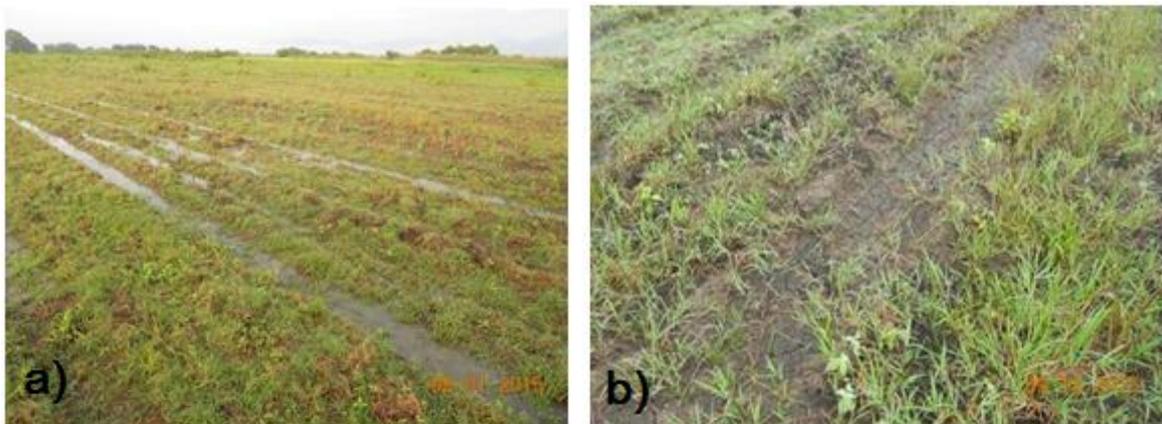
**Figura 19a).-** La poza 7, fue la de mayor longitud, albergo solo individuos de *Spea multiplicata*. **b).-** Fue destruida por el uso de maquinaria agrícola (14 de septiembre).

La poza 8 presentó gramíneas y acahual (*Tithonia* sp.) a su alrededor (Fig. 20). Solo se monitoreó del 5 al 17 de septiembre del 2015. De ella se obtuvieron 24 larvas.



**Figura 20.-** La poza 8 nunca experimento modificaciones.

La poza 9 se caracterizó por estar dentro de un cultivo de maíz (Figs. 21a y 21b). Debido a las altas temperaturas se secó completamente a los pocos días, por lo que solo se monitoreó del 5 al 14 de septiembre del 2015. Aquí se recolectaron únicamente 15 larvas.



**Figura 21a).-** La poza 9 se formó dentro de un cultivo de maíz **b).-** Se secó debido a las altas temperaturas (14 de septiembre).

## b) Productores primarios

De la poza 2 se colectó el mayor número de larvas y fueron la base para los análisis de la dieta, razón por la cual la información de la concentración celular y la diversidad del hábitat fue obtenida sólo para esta poza.

Los valores promedios de clorofila **a** fueron  $< 1 \text{ mg} / \text{m}^3$ , a excepción de la poza 9 donde fue de  $2.6 \text{ mg} / \text{m}^3$ . Para la clorofila **b** los valores también fueron  $< 1 \text{ mg} / \text{m}^3$  en la mayoría de las pozas, solo en la poza 5 se registró un valor de  $1.3 \text{ mg} / \text{m}^3$ . Los valores de clorofila **c** fueron  $> 1 \text{ mg} / \text{m}^3$  en las pozas 1, 2 y 3 y  $> 2 \text{ mg} / \text{m}^3$  en la poza 5 (Tabla 3).

En la poza 2, el fitoplancton estuvo compuesto principalmente por eugléridos, siendo *Closterium* sp. y *Eudorina* sp. las especies más frecuentes de la concentración celular en la columna de agua (Tabla 4). La diversidad del hábitat fue  $H' = 2.99$ , con una equitatividad  $J' = 0.66$  y dominancia  $D' = 0.1$ , valores que indican que la diversidad del hábitat fue elevada.

**Tabla 3.-** Concentraciones de clorofila en cada una de las pozas monitoreadas en Zaachila, Oaxaca.

Poza	Clorofila ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )		
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
1	0.6	0.6	1.3
2	0.7	0.7	1.7
3	0.3	0.4	1.4
4	0.2	0.3	0.7
5	0.7	1.3	2.2
6	0.2	0.2	1.0
7	0.05	0.3	0.2
8	0.09	0.1	0.5
9	2.6	0.00	0.9

**Tabla 4.-** Concentración total de células microalgales o residuos vegetales / ml de muestra de las categorías alimenticias más frecuentes en la poza 2 en Zaachila, Oaxaca.

Especie	Agua	Vegetación	Sedimento	Concentración total en 1ml de muestra
<i>Closterium</i> sp.	3520	2920	560	7000
<i>Eudorina</i> sp.	6200	80	80	6360
<i>Oscillatoria</i> sp.	880	880	0	1760
Tejido Vegetal	120	840	120	1080
<i>Euglena</i> sp.	400	200	0	600
<i>Trachelomonas</i> sp.	160	360	0	520
Quiste de cianobacteria <sup>10</sup>	80	280	0	360
<i>Fragilaria</i> sp.	200	80	0	280
<i>Amphora</i> sp.	0	200	0	200
<i>Phacus</i> sp.	80	0	0	80
<b>Total</b>	<b>11840</b>	<b>5840</b>	<b>760</b>	<b>18440</b>

### c) Calidad del agua

Los valores de la calidad de agua fueron diferentes para todas las pozas (Tabla 6). En las pozas la temperatura media del agua fue de 25.7°C (19.6 - 35.9 °C).

Los valores de conductividad variaron de 0.19 - 1.86 mS / cm, mientras que el intervalo de salinidad fue de 0.10 - 0.91 ups. Los sólidos totales oscilaron de 0.13 - 1.17 g / l.

La saturación de oxígeno disuelto en todas las pozas fueron 52.2 - 98.1%, mientras que el oxígeno disuelto concentrado osciló entre 4.9 - 8.7 mg / L.

Todos los valores del potencial de óxido-reducción (Eh) fueron positivos y variaron en un rango de 100.1 - 270.1 mV.

El pH de las pozas 1 y 2 fue ligeramente alcalino (7.5 y 8.5 respectivamente), en la poza 4 fue neutro, mientras que en el resto tendió hacia la acidez (Tabla 6).

**Tabla 5.-** Caracterización fisicoquímica y concentración de nutrientes en las pozas que habitó *Spea multiplicata*.

Variables										Especies							
Pozas	pH	Clorofila			Fósforo mg/L		Nutrientes mg/L		Desmidias <i>Closterium</i> sp.	Diatomeas <i>Amphora</i> sp.	Euglénidos			Cianobacterias <i>Oscillatoria</i> sp.	Clorofitas <i>Eudorina</i> sp.		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	O <sub>2</sub>	Total	Orgánico	Amonio			Nitrato	<i>Fragilaria</i> sp.	<i>Trachelomonas</i> sp.			<i>Euglena</i> sp.	<i>Phacus</i> sp.
1	7.5	0.6	0.6	1.3	4.9	0.5	0.3	0.2	0.7	1	1	1	0	1	0	1	1
2	8.5	0.7	0.7	1.7	5.6	0.3	0.1	0.7	0.01	1	1	1	1	1	1	1	1
3	6.7	0.3	0.4	1.4	7.1	0.3	0.8	1.8	0.3	1	1	0	1	1	1	1	1
7	6.2	0.05	0.3	0.2	6.7	0.3	0.1	0.2	0.01	0	0	0	0	0	0	0	1
8	5.7	0.09	0.1	0.5	4.6	0.3	0.04	0.2	0.02	1	1	0	0	0	0	1	0
9	4.3	2.6	0.0	0.9	6.9	0.5	0.06	0.3	0.01	0	0	1	1	1	0	1	1

**Tabla 6.-** Características fisicoquímicas de las nueve pozas temporales monitoreadas.

POZA	TEMP °C	CONDUTIVIDAD mS/cm	SOLIDOS TOTALES g/l	SALINIDAD UPS	O <sub>2</sub> DISUELTO %	O <sub>2</sub> DIS. CONCENTRADO ml/L	Eh mV	pH
1	34.4	1.8	1.02	0.78	70.5	4.9	132.3	7.5
2	35.9	1.2	0.68	0.51	82.9	5.6	100.1	8.5
3	21.8	1.5	1.17	0.91	80.2	7.1	125.2	6.7
4	32.1	1.02	0.58	0.44	91.2	6.5	161.4	7.0
5	27.1	0.79	0.49	0.37	95.5	7.4	151.5	5.4
6	19.6	0.61	0.44	0.33	98.1	8.7	168.4	5.8
7	20.5	0.31	0.22	0.17	75.2	6.7	234.4	6.2
8	20.2	0.39	0.27	0.20	52.2	4.6	218.0	5.7
9	19.7	0.19	0.13	0.10	76.9	6.9	270.1	4.3

La mayoría de los valores del análisis de nutrientes fueron < 1 mg / L (Tabla 7). En cuanto al contenido de amonio el intervalo fue 0.10 - 0.70 mg / L, excepto en la poza 3 que llegó hasta 1.8 mg / L. Los valores de los nitratos se encontraron entre 0.009 - 0.02 mg / L en la mayoría de las pozas, excepto en la poza 3 que fue de 0.33 mg / L y en la 1 que tuvo un valor de 0.75 mg / L. El aporte de ortofosfatos de las pozas osciló entre 0.12 - 0.52 mg / L, excepto las pozas 5 y 6 que midieron 0.03 y 0.05 mg / L respectivamente. Para el fósforo total, los valores oscilaron entre 0.07 - 0.57 mg / L y el fósforo orgánico entre 0.04 - 0.11 mg / L.

De las variables fisicoquímicas del agua de todas las pozas solo se encontraron diferencias significativas en cuanto al oxígeno disuelto ( $t = 3.26$ ,  $P = 0.006$ ) y porcentaje de saturación ( $t = 2.08$ ,  $P = 0.03$ ). (Tabla 8, apéndice D).

**Tabla 7.-** Concentración de nutrientes de las nueve pozas temporales monitoreadas.

Poza	Amonio mg/L	Nitratos mg/L	Ortofosfatos mg/L	Fósforo total mg/L	Fósforo org. mg/L
1	0.23	0.75	0.42	0.53	0.11
2	0.70	0.01	0.22	0.33	0.11
3	1.80	0.33	0.12	0.35	0.23
4	0.10	0.009	0.41	0.46	0.05
5	0.68	0.02	0.03	0.07	0.04
6	0.20	0.01	0.05	0.14	0.09
7	0.20	0.01	0.29	0.38	0.08
8	0.29	0.02	0.30	0.36	0.05
9	0.37	0.01	0.52	0.57	0.04

#### **d) Variación morfométrica**

De las 233 larvas de *Spea multiplicata*, sólo se tomaron en cuenta para los análisis morfométricos y dieta a los 83 ejemplares colectados en la poza 2, debido a que en éste lugar se obtuvo el mayor número de individuos que abarcaron las diferentes etapas del desarrollo larvario del ciclo de vida de *Spea multiplicata*, el cual ocurrió en 16 días. La distribución de los individuos por etapas tuvo una tendencia descendente (Tabla 12). El promedio y la desviación estándar de las medidas morfométricas por etapas se encuentra en la Tabla 9.

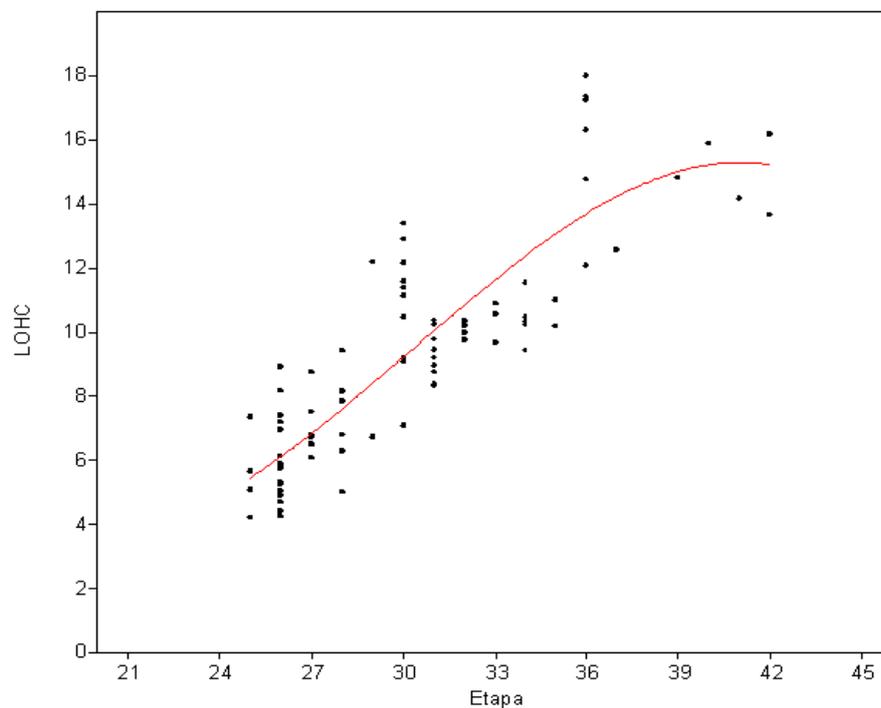
Tabla 9.- Valor promedio (mm) y desviación estándar de las diferentes medidas morfométricas de los 83 renacuajos de *Spea multiplicata* recolectados en la poza 2, en Zaachila, Oaxaca. C.V.: Coeficiente de variación.

Etapa	n	LOTO	C. V.	LOHC	C. V.	COLA	C. V.	ALCU	C. V.	ANCU	C. V.
25	4	8.87 ± 2.03	22.92	5.58 ± 1.32	23.68	3.29 ± 0.80	24.34	3.14 ± 0.84	26.90	3.35 ± 0.39	11.69
26	18	12.40 ± 2.61	21.06	5.91 ± 1.34	22.77	6.48 ± 1.52	23.47	3.34 ± 0.39	11.68	3.64 ± 0.68	18.68
27	7	15.06 ± 2.41	16.02	6.99 ± 0.89	12.77	8.07 ± 1.75	21.71	4.04 ± 0.24	6.16	4.56 ± 0.48	10.60
28	6	15.29 ± 3.26	21.36	7.26 ± 1.54	21.32	8.02 ± 2.06	25.68	4.57 ± 1.07	23.57	5.36 ± 1.02	19.06
29	2	21.17 ± 9.87	46.62	9.47 ± 3.84	40.61	11.7 ± 6.02	51.49	2.16 ± 3.06	0	5.47 ± 2.28	41.71
30	10	27.41 ± 5.03	18.35	10.85 ± 11.15	17.77	16.56 ± 3.84	23.23	7.22 ± 1.55	21.46	8.18 ± 1.75	21.43
31	9	20.91 ± 2.31	11.06	9.28 ± 0.75	8.09	11.62 ± 1.73	14.91	5.61 ± 1.32	23.52	6.30 ± 1.29	20.54
32	4	22.02 ± 2.55	11.61	10.08 ± 0.26	2.58	11.93 ± 2.61	21.94	5.73 ± 0.64	11.22	6.18 ± 0.57	9.34
33	3	21.166 ± 2.41	11.42	10.39 ± 0.63	6.07	10.77 ± 1.94	18.01	5.65 ± 0.42	7.52	6.04 ± 0.53	8.84
34	5	23.06 ± 2.31	10.04	10.41 ± 0.75	7.28	12.65 ± 1.71	13.55	5.93 ± 0.34	5.88	6.55 ± 0.58	8.88
35	2	22.94 ± 1.63	7.11	10.6 ± 0.57	5.47	12.34 ± 1.05	8.53	6.62 ± 0.57	8.64	6.10 ± 2.89	47.37
36	7	35.69 ± 4.35	12.19	16.15 ± 2.08	12.87	19.54 ± 2.42	12.43	9.12 ± 1.36	14.91	10.17 ± 1.30	12.80
37	1	27.57	0	12.58	0	14.99	0	5.84	0	7.6	0
39	1	35.11	0	14.83	0	20.28	0	7.28	0	9.01	0
40	1	35.84	0	15.89	0	19.95	0	8.11	0	9.25	0
41	1	36.35	0	14.18	0	22.17	0	7.98	0	9.32	0
42	2	31.68 ± 2.30	7.27	14.93 ± 1.76	11.84	16.75 ± 0.53	3.20	6.74 ± 0.18	2.72	8.19 ± 0.06	0.77

Continuación de la tabla 9

Etapa	n	COVE	C. V.	ALCO	C. V.	ANIN	C. V.	ANHO	C. V.
25	4	0.54 ± 0.19	35.27	0.32 ± 0.11	21.02	0.96 ± 0.23	24.14	0.87 ± 0.11	12.83
26	18	0.37 ± 0.27	71.86	0.20 ± 0.15	38.86	1.34 ± 0.42	31.66	1.19 ± 0.25	21.82
27	7	0.73 ± 0.31	42.45	0.26 ± 0.16	26.75	1.53 ± 0.32	21.34	1.45 ± 0.36	24.03
28	6	0.58 ± 0.32	56.43	0.32 ± 0.20	31.63	1.91 ± 0.76	39.81	1.42 ± 0.47	33.03
29	2	0.70 ± 0.38	55.16	0.2 ± 0.40	42.65	2.74 ± 1.66	60.53	1.46 ± 0.68	46.81
30	10	0.88 ± 0.24	27.89	0.63 ± 0.27	9.13	3.72 ± 0.72	19.37	1.80 ± 0.28	15.63
31	9	0.66 ± 0.27	41.30	0.41 ± 0.17	15.24	2.60 ± 0.75	28.82	1.95 ± 0.33	17.24
32	4	1.34 ± 0.52	39.37	0.78 ± 0.11	30.71	3.15 ± 0.67	21.48	2.17 ± 0.41	18.93
33	3	1.33 ± 0.77	58.12	0.42 ± 0.23	37.11	3.68 ± 0.19	5.24	2.28 ± 0.24	10.67
34	5	1.4 ± 0.43	31.21	0.95 ± 0.32	17.77	3.31 ± 0.55	16.86	2.52 ± 0.34	13.76
35	2	1.48 ± 0.21	14.33	0.72 ± 0.40	11.12	3.42 ± 0.58	17.13	2.49 ± 0.50	20.12
36	7	2.54 ± 0.43	17.13	1.56 ± 0.58	18.32	5.40 ± 0.62	11.46	3.45 ± 0.49	14.34
37	1	0.66	0	0.63	0	3.6	0	2.79	0
39	1	2.51	0	2.43	0	5.46	0	3.65	0
40	1	1.34	0	1.12	0	6.12	0	3.54	0
41	1	2.7	0	2.52	0	5.85	0	3.7	0
42	2	1.21 ± 0.93	77.13	1.22 ± 0.18	9.64	5.36 ± 0.28	5.40	3.37 ± 0.65	19.48

Como era de esperarse los individuos de las etapas más jóvenes (25) fueron los de talla más pequeña y estos tuvieron un crecimiento constante hasta la etapa 39, mientras que entre ésta etapa y la 42 la tasa de crecimiento disminuyó (Tabla 9, Fig. 22). Para ilustrar el crecimiento de las larvas se utilizó únicamente la variable LOHC, con la cual se ensayaron diferentes modelos de crecimiento para determinar el que mejor explicara el fenómeno (p.e. von Bertalanffy, logístico y Gomperz) y resultó que fue un modelo de regresión polinomial de tercer grado el que mejor se ajustó a los datos (Fig. 22) y cuya ecuación es:  $y = -0.002328 X^3 + 0.2106 X^2 - 5.529 X + 48.43$ . El error de ajuste arrojó una  $X^2 = 259.53$ ; el índice de Akaike  $IC = 268.04$  y la proporción de varianza explicada por el modelo tuvo una  $R^2 = 0.74$ . La tasa de crecimiento de *Spea multiplicata* fue de 0.69 mm por etapa.



**Figura 22.-** Modelo de regresión polinomial al cual se ajustó la curva de crecimiento.

### e) Dieta de *Spea multiplicata*

Las 83 larvas procesadas de *Spea multiplicata* tuvieron alimento en el estómago. En total se registraron 76 tipos de presas distintas, con una abundancia total de 99307 elementos, con una media de 1196 elementos ingeridos por larva y una desviación estándar de 6692.77. Los 76 elementos, fueron separados en cinco categorías generales (Tabla 10). Solo las microalgas y el zooplancton fueron determinadas a nivel de género (Tabla 11, Apéndice F).

Once de las presas tuvieron una abundancia  $\geq$  a 1000 individuos, que representaron el 97% de las categorías consumidas y fueron *Closterium* sp., *Trachelomonas* sp., *Fragilaria* sp., *Amphora* sp., *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Eudorina* sp., *Oscillatoria* sp., tejido vegetal, detritus y quistes (Apéndice G).

**Tabla 10.-**Categorías generales y elementos ingeridos que conformaron la dieta de las larvas de *Spea multiplicata*.

Categorías	Elementos ingeridos
	Desmicias ( <i>Closterium</i> sp.), Diatomeas ( <i>Amphora</i> sp. y <i>Fragilaria</i> sp.), Euglenidos ( <i>Trachelomonas</i> sp., <i>Euglena</i> sp., <i>Phacus</i> sp. y <i>Strombomonas</i> sp.), Clorofitas
Microalgas (*)	( <i>Eudorina</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp., <i>Oocystis</i> sp.) y cianobacterias ( <i>Chroococcus</i> sp., <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Stigonema</i> sp., <i>Ulothrix</i> sp., <i>Rhizoclonium</i> sp., <i>Romeria</i> sp. y <i>Arthrospira</i> sp.).
Plantas	Tejido vegetal, polen y diferentes tipos de filamentos.
Zooplancton (*)	Protozoarios ( <i>Euplotes</i> ), Rotíferos ( <i>Brachionus</i> ), Odonatos (larvas) y distintas partes de artejos.
Otros	Hifas, sedimentos, otros tipos de filamentos y detritus.
Desconocidos	Material no identificado (27) y posiblemente varios quistes de cianobacterias (15).

(\*) La clasificación taxonómica de las algas y del zooplancton se encuentra en la Tabla 11 y en el Apéndice E.

Los 11 elementos principales de alimento fueron consumidos en la mayoría de las etapas, excepto *Eudorina* sp. que fue consumida hasta los estadios 34-36. Asimismo, fueron estos estadios quienes ingirieron el mayor número de elementos (en total 40649), mientras que los estadios siguientes, 37-39 fueron quienes consumieron solo 185 elementos (Tabla 12). *Closterium* sp. fue el elemento con el mayor porcentaje de abundancia, frecuencia de aparición y volumen (Tabla 13, Apéndice E).

**Tabla 12.-** Abundancia de los elementos ingeridos por etapas.

Elementos	Etapas						Total
	25-27 n=29	28-30 n= 18	31-33 n= 16	34-36 n= 7	37-39 n= 2	40-42 n= 4	
<i>Closterium</i> sp.	2041	13881	10937	32033	14	1071	<b>59977</b>
<i>Trachelomonas</i> sp.	43	3955	1285	1604	10	180	<b>7077</b>
<i>Euglena</i> sp.	105	1294	419	1257	19	13	<b>3107</b>
<i>Phacus</i> sp.	237	466	1001	459	47	14	<b>2225</b>
<i>Fragilaria</i> sp.	20	1138	463	2007	5	279	<b>3911</b>
<i>Amphora</i> sp.	32	1767	874	848	12	343	<b>3876</b>
<i>Eudorina</i> sp.	47	3378	551	627	0	0	<b>4604</b>
<i>Oscillatoria</i> sp.	16	33	1153	1133	10	2	<b>2347</b>
Quistes.	21	1026	436	13	2	10	<b>1507</b>
Tejido vegetal	632	439	278	319	29	61	<b>1758</b>
Detritus	2049	1591	573	348	38	149	<b>4748</b>
<b>Total</b>	<b>5242</b>	<b>28970</b>	<b>17969</b>	<b>40649</b>	<b>185</b>	<b>2123</b>	

El valor de importancia relativa (VIR), indicó que *Closterium* sp. con un valor de 97.10% fue el principal alimento en la dieta de las larvas de *Spea multiplicata*, mientras que el resto de los elementos tuvo un VIR menor al 25% (Tabla 14).

El VIR obtenido para los diferentes estadios también mostró que *Closterium* sp. fue el elemento más importante en casi todas las etapas, excepto para los estadios 37-39 donde fue el tejido vegetal el de mayor importancia (Tabla 14). En algunas etapas el consumo de detritus también fue importante.

**Tabla 14.-** Valor de importancia relativa de la dieta de las larvas de *Spea multiplicata*.

Elementos	Dieta General	25-27 n= 29	28-30 n= 18	31-33 n= 16	34-36 n= 14	37-39 n= 2	40-42 n= 4
<i>Closterium</i> sp.	97.10	23.52	16.75	20.87	26.09	0.33	2.42
<i>Trachelomonas</i> sp.	13.15	0.33	8.17	4.94	2.68	0.50	0.42
Detritus	18.89	13.93	1.64	0.75	0.15	0.97	0.35
<i>Eudorina</i> sp.	12.85	0.31	7.00	1.87	1.11	0.00	0.00
<i>Fragilaria</i> sp.	2.73	0.05	0.67	0.44	0.79	0.03	0.64
<i>Amphora</i> sp.	3.21	0.12	1.26	0.88	0.35	0.15	0.79
<i>Euglena</i> sp.	2.36	0.23	0.91	0.40	0.62	0.28	0.04
<i>Oscillatoria</i> sp.	1.26	0.02	0.01	0.89	0.50	0.06	0.01
<i>Phacus</i> sp.	2.54	1.27	0.44	1.49	0.29	0.45	0.03
Tejido vegetal	4.89	6.72	0.94	1.13	0.51	1.49	0.19
Quistes	1.02	0.05	0.62	0.34	0.00	0.02	0.06

El índice de Levins mostró que los estadios 37-39 tuvieron la mayor amplitud trófica, mientras que el menor valor correspondió a los estadios 31-33 y 34-36. En el resto de las etapas el valor del índice osciló alrededor de tres (Tabla 15).

En cuanto al índice de Pianka, se encontró que los estadios 31-33 y 34-36 tuvieron la mayor sobreposición de la dieta (0.99) (Tabla 15), mientras que los estadios 37-39 fueron los más disimiles. Sin embargo al aplicar el algoritmo UPGMA que trabaja por medio de promedios ponderados mostró que las agrupaciones de mayor similitud fueron las 28-30 y 31-33 (Fig. 23) y las que rebasaron el valor crítico.

**Tabla 15.-** Valores del índice de Levins e Índice de Pianka obtenidos entre etapas de desarrollo de *Spea multiplicata*.

Etapas	n	Levins	Índice de Pianka					
			25-27	28-30	31-33	34-36	37-39	40-42
25-27	29	3.12	1					
28-30	18	3.66	0.72	1				

31-33	16	0.39	0.72	0.96	1			
34-36	14	1.59	0.70	0.94	<b>0.99</b>	1		
37-39	2	6.31	0.17	0.33	0.32	0.23	1	
40-42	4	3.26	0.73	0.94	0.94	0.93	0.35	1

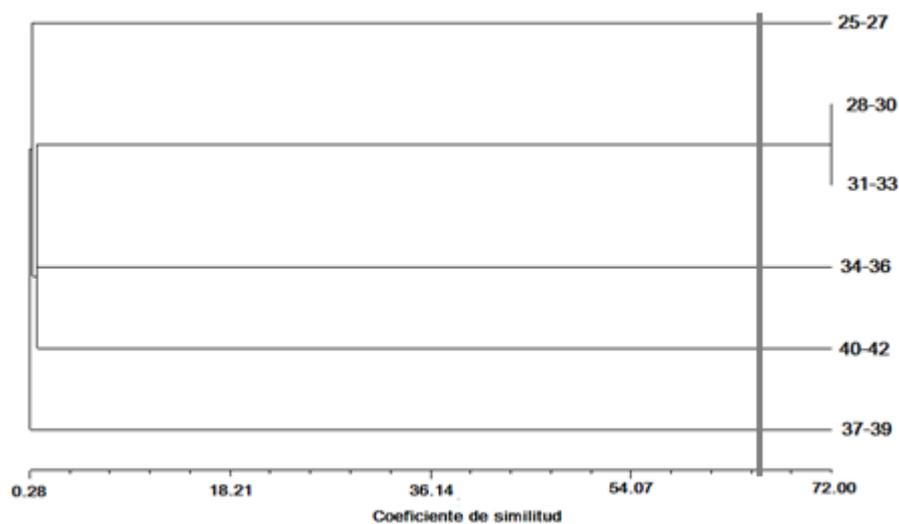
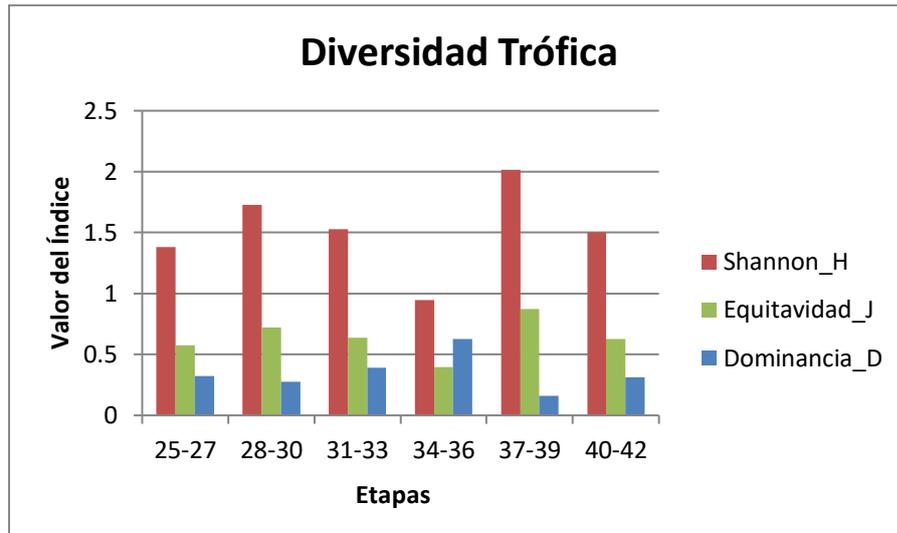


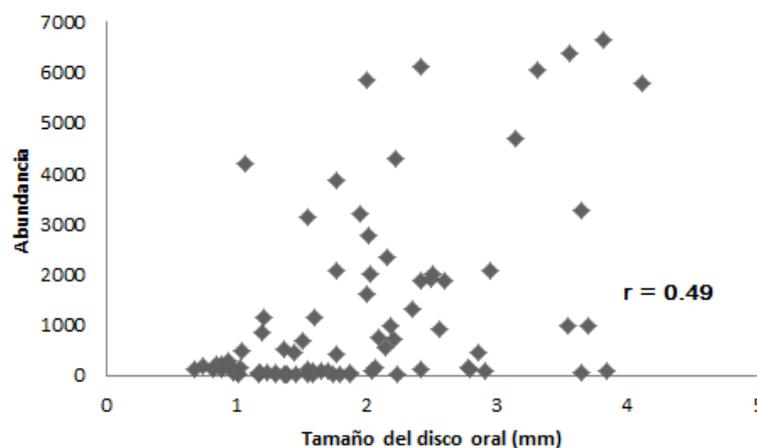
Figura. 23.- Dendrograma de similitud generado a partir del índice de Pianka por el método UPGMA. La línea gris indica el valor crítico de similitud.

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener, equitatividad y dominancia mostraron que los estadios 37-39 fueron los que consumieron mayor diversidad de organismos, los más equitativos y en donde la dominancia de algún tipo de alimento fue menor (Fig. 24). En el resto de las etapas la diversidad trófica fue menor.

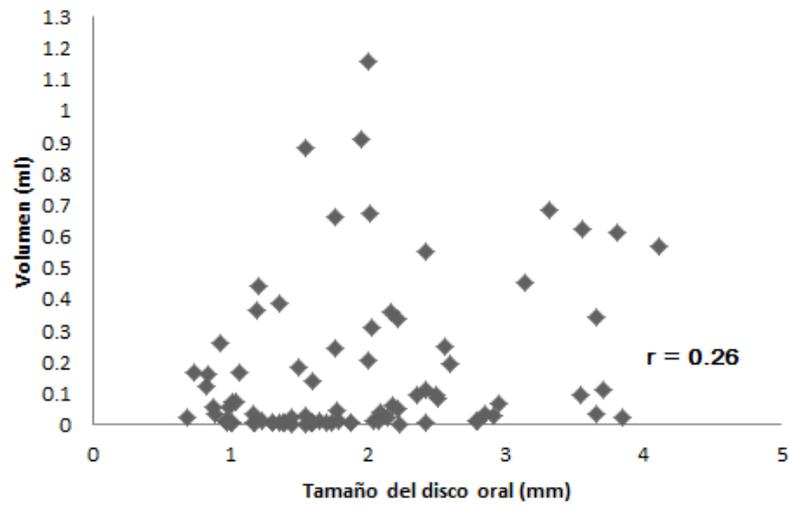


**Figura 24.-** Valores del índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equitatividad de Pielou ( $J'$ ) y dominancia ( $D$ ) de las categorías de alimento de los renacuajos de *Spea multiplicata*.

El análisis de correlación entre el tamaño del disco oral (mm) y el número de elementos consumidos por etapas mostró un valor de asociación bajo ( $r = 0.49$ ) y el volumen ( $r=0.26$ ) (Figs. 25 y. 26). Lo que indica que no hay relación entre la talla del organismo con el consumo de presas ni el volumen de éstas.



**Figura 25.-** Correlación entre el tamaño (mm) promedio del disco oral y el número de elementos consumidos por etapas.



**Figura 26.-** Correlación entre el tamaño (mm) promedio del disco oral y el volumen de los elementos consumidos por etapas.

## Discusión

### a) Pozas de *Spea multiplicata*

De las nueve pozas temporales monitoreadas, solo en seis se encontraron larvas de *Spea multiplicata*, mientras que las otras fueron ocupadas por larvas de *Hyla euphorbiacea*.

Estos resultados coinciden con lo expresado por Stebbins (2003) quien menciona que *Spea multiplicata* es un anuro que se reproduce en cuerpos de agua efímeros. En el caso de *Hyla euphorbiacea* se sabe que usa como sitios de reproducción cuerpos de agua temporales y permanentes e incluso dentro de bromelias (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayen, 2010). Lo anterior indica que la continuidad de *Spea multiplicata* pueden verse más afectada por los cambios en su hábitat en comparación con el hílido.

La generación y persistencia de las pozas son dependientes de diferentes factores, en primer lugar la precipitación, que durante el año de estudio fue menor al promedio de más de diez años. La escasa lluvia afectó también la persistencia, como fue el caso de la poza 9 que tuvo un periodo de duración de 10 días. Aunque se sabe que las larvas de *Spea*, están adaptadas a los ambientes efímeros y por lo tanto aceleran su desarrollo (Bragg, 1964), una vida media muy corta de las pozas aumenta la mortalidad de los individuos (Carey y Bryant, 1995) y conlleva efectos demográficos negativos para la población (Wilbur, 1972).

La disminución de las lluvias y la corta duración de las pozas fue producido por una canícula marcada (precipitación fue menor al 16% respecto al promedio anual) en julio y agosto (CONAGUA, 2015). Si este patrón continúa y el periodo de sequía se vuelve más prolongado, la continuidad de estas poblaciones y de otros

anuros puede verse afectada a corto plazo debido a la ausencia de sitios para la reproducción.

Un factor de mayor riesgo para *Spea multiplicata* tiene que ver directamente con las actividades humanas y como la destrucción de su hábitat, principalmente la agricultura. Como se pudo observar durante el período de muestreo, la maquinaria pesada que transitaba continuamente sobre los caminos afectó la permanencia de las pozas y provocó una alta mortalidad de larvas. Estas observaciones coinciden con los datos reportados por Sánchez *et al.* (2007) quienes afirman que es un patrón común en nuestro país en zonas urbanas o rurales, que las poblaciones de *Spea multiplicata* sufran un proceso de eliminación por la destrucción directa de su hábitat debido a la expansión de los asentamientos humanos y uso excesivo de fertilizantes que contaminan el suelo y el agua (Morey, 1998). A largo plazo podrían afectar la distribución y poblaciones de esta especie, puesto que los cuerpos de agua temporales son esenciales para su supervivencia y sin ellos se verán interrumpidos los procesos de reproducción. No obstante que la especie está sometida a una fuerte presión antropogénica, no se encuentra catalogada en ninguna categoría de protección especial (Lemos-Espinal y Dixon, 2013).

Es de llamar la atención que en las pozas solo se registraron dos especies de anuros, *Spea multiplicata* e *Hyla euphorbiacea*. Para esta región se han registrado otras especies de anfibios como *Rhinella marina* (Bufonidae), *Rana spectabilis* (Ranidae) y *Exerodonta summicastrii* (Hylidae) de las cuales no hubo registro, quizás por sus requerimientos, debido a que las larvas de dichas especies no pueden vivir en cuerpos de agua lenticos (Hoff *et al.*, 1999), requiriendo de elementos como las corrientes o una mayor cantidad de oxígeno.

Otra explicación podría ser que *Spea multiplicata* es una especie territorial y al igual que *Spea hammondi* (Whitford, 1967), también defiende su territorio. Esta conducta se ha reportado para estas especies durante la época de lluvias cuando defienden las pozas donde se llevará a cabo la reproducción, no permitiendo el establecimiento de otras especies de anuros.

#### **b) Productores primarios**

Los valores bajos de clorofila (**a**), indican que las pozas empleadas por *Spea multiplicata* e *Hyla euphorbiacea* corresponden a un hábitat oligotrófico (Moreno-Franco et al., 2010), que además se caracteriza por la ausencia de plantas, la presencia de fondos arenosos y baja concentración de nutrientes.

Se sabe que los anuros que pasan por un estadio larvario suelen evitar los hábitat oligotróficos (Hoffer y Lackner, 2006; Altig et al., 2007), debido a que para reproducirse y depositar sus larvas seleccionan cuerpos de agua que contengan una elevada cantidad de biomasa algal para que estas puedan obtener la cantidad suficiente de recursos para desarrollarse. Sin embargo, *Spea multiplicata* no es una especie selectiva con el hábitat y su plasticidad le permite desarrollarse en ambientes oligotróficos (Woodward, 1983; Alford, 1999).

La producción primaria fitoplanctónica fue baja y se reflejó en los valores de las concentraciones de clorofila. Esta baja productividad quizás se deba a la turbidez del agua, ya que no permite la entrada suficiente de luz, elemento vital para la sobrevivencia de microalgas (Sigee, 2005). También se ha reportado que en estanques temporales, los renacuajos que se alimentan de microalgas pueden consumir una gran cantidad de biomasa algal, lo que puede afectar la producción

primaria de éstas (Altig *et al.*, 2007; Zongo y Boussim, 2015). Sin embargo, la cantidad de microalgas presentes en el hábitat es constante debido a sus rápidas tasas de reproducción (Chidah, 2004).

El análisis de la concentración celular total de la poza 2, indicó que *Closterium* sp. fue la especie fitoplanctónica más abundante en el hábitat. Esta desmidia puede habitar diferentes cuerpos de agua, incluidos pequeños charcos generados por la lluvia (Sirlene-Aparecida *et al.*, 2014), puede encontrarse en diferentes sitios de la columna de agua, también en el fondo e incluso adherida a rocas y raíces de plantas (Aboal, 1991) y su presencia es indicador de hábitat poco contaminados (Duque y Donato, 1994).

Dentro de la poza 2, la riqueza de especies de fitoplancton estuvo compuesta por Euglénidos, siendo la mayoría de ellos de distribución cosmopolita aunque como menciona Oliva-Martínez *et al.* (2014), muchas de estas microalgas que habitan pequeños cuerpos de agua son desconocidas para la ciencia. Estos son organismos autótrofos fotosintéticos pero en ausencia de luz son heterótrofos, ingiriendo el alimento presente en el agua circundante. Suelen habitar charcos, sin embargo están presentes en hábitat con una elevada cantidad de materia orgánica, por lo que pueden ser indicadores de contaminación (Bellinger y Sigee, 2010), sin embargo la concentración celular de los Euglénidos fue baja y también se reflejó en la dieta de *Spea multiplicata*.

### c) Calidad del agua

La temperatura registrada en las pozas donde se encontró *Spea multiplicata* quedo dentro de los valores de tolerancia registrado para otros anfibios, el cual abarca desde 0 hasta más de 30 °C (Gatten *et al.*, 1992). Al igual que otros anuros como *Rana catesbeianus*, *Rana clamitans* (Ranidae) y *Xenopus laevis*, *Spea multiplicata* mostró tolerancia a la variación de temperatura que en este caso fue de 19.6 - 35.9°C (Collins, 1979; Brown *et al.*, 1992; Brown y Rosati, 1997). Como se sabe, la temperatura es un factor que determina la velocidad de desarrollo de los anfibios, en el caso de *Spea multiplicata*, en este intervalo de temperaturas su desarrollo fue rápido, a diferencia de las especies antes mencionadas que tienen un desarrollo más prolongado debido a que su hábitat tiene temperaturas < 17° C.

Todas las pozas registraron valores altos de oxígeno disuelto, por lo que contienen la cantidad optima de oxígeno (4 - 5 mg / L) para la biota aeróbica, aunque no hubo saturación de oxígeno debido a un proceso fotosintético bajo, lo cual es reflejo de la baja concentración de clorofila *a* (Boyer y Grue, 1995). Estos valores muestran que el agua contenida en las pozas es de buena calidad en términos de oxígeno. Por lo que las especies identificadas en este estudio tuvieron tasas de crecimiento y desarrollo favorable.

Los estanques temporales producidos por la lluvia presentan bajas concentraciones de salinidad debido a la baja concentración de iones en estos cuerpos de agua [< 3 g sales / L], los cuales suelen ser hábitat adecuados para la mayoría de las especies de anfibios (Ultsch *et al.*, 1999), por ello hay un efecto positivo en el desarrollo de las larvas (Kuznetsov y Lovachyov 2007) ya que acelera la tasa de crecimiento. En este estudio los valores de salinidad de las pozas donde

habitó *Spea multiplicata* fueron bajos [0.10 - 0.91 ups], factor que puede favorecer la velocidad de crecimiento y desarrollo en cuerpos de agua temporales, aunque también puede haber anuros que sean tolerantes a amplios rangos de salinidad como ejemplo esta lo que reportaron Woolrich *et al.* (2015) en *Incilius occidentalis* (Bufonidae) cuya tasa de crecimiento y desarrollo fueron constantes. Por lo anterior la salinidad parece ser una variable fisicoquímica importante dentro de la fase larvaria de los anuros, además por presentar valores < 1 ups se considera que las pozas son un hábitat dulceacuícola (Ramírez y San Martín, 2008).

Los valores de conductividad y sólidos totales registrados también fueron bajos y al parecer no tuvieron un efecto negativo sobre las larvas de *Spea multiplicata*. Se ha reportado que hay anfibios que son tolerantes a distintos valores de estas variables, por el contrario en otros trabajos (Gatica *et al.*, 2012; Babini *et al.*, 2015) los altos valores afectan a las poblaciones de renacuajos debido a la cantidad de aniones y cationes presentes en el agua, ocasionando en las larvas un estrés osmótico que les confiere un tamaño pequeño, el retraso o impedimento de la metamorfosis y la incapacidad de realizar procesos de osmosis eficientemente bajo estas condiciones (Gomez-Mestre *et al.*, 2004).

Generalmente en ambientes agrícolas el pH de los cuerpos de agua temporales varía entre 8 y 11, debido al labrado, uso de fertilizantes y pesticidas (Rhazi *et al.*, 2001). El pH se relaciona con múltiples factores, uno de estos es el tipo de suelo en el que se desarrollaron las pozas, ya que los Vertisoles suelen retener pocos elementos como los nutrientes y puede haber pérdida de bases debido al proceso de lixiviación (Hernández-Jiménez *et al.*, 2014), además suelen ser suelos muy ácidos y con poca materia orgánica.

El agua de las pozas donde se encontró a *Spea multiplicata* tuvo un pH entre 4.3 y 8.5, valores que están fuera del intervalo de tolerancia reportado para anfibios que va de 6.3 - 7.7 (García y Fontúrbel, 2003). *Spea multiplicata* habita tanto condiciones alcalinas como básicas, por lo que es tolerante. Sin embargo, se recomienda a futuro revisar de nuevo el status de estas poblaciones y la calidad del agua de la zona, ya que se ha reportado al estar en diferentes valores de pH, a largo plazo pueden ocasionar alteraciones genéticas a las larvas (Pough y Wilson, 1977), provocando el declive de las poblaciones.

La concentración de nutrientes al igual que los valores de clorofila *a* fueron bajos <1 mg / L, característico de un hábitat oligotrófico (Mason, 1991). El amonio puede ser aportado por el agua de lluvia, es por ello que estuvo presente en bajas concentraciones. Otro aspecto importante es en cuanto a los fertilizantes, ya que el dueño del terreno (Ing. Oscar Duran Hernández) asegura no manejar ningún producto químico, solo abonos orgánicos generados por los animales del rancho que puede ser la fuente de fosfatos, nitratos y nitritos en bajas concentraciones sumado a las propiedades del suelo (Tölgyessy *et al.*, 1993). Además los nutrientes son arrastrados por las lluvias acumulándose en las pozas.

La concentración de nutrientes, no tuvo algún efecto perjudicial visible en las larvas de *Spea multiplicata*, ya que se ha visto que las concentraciones mínimas de 1 mg / L puede ocasionar en las larvas la aparición de malformaciones, nado errático o el declive de las poblaciones (Thurston *et al.*, 1981; Marco *et al.*, 1999).

#### **d) Variación morfométrica y dieta de las larvas de *Spea multiplicata***

Las 83 larvas de *Spea multiplicata*, representan un tamaño de muestra superior a otros estudios que han analizado la dieta de renacuajos de otras especies. Por ejemplo, Arias *et al.*, (2002) solo estudiaron 10 larvas de *Pseudis paradoxa* (Hylidae), Deepthi *et al.*, (2007) emplearon 40 larvas de *Nannophrys ceylonensis* (Dicroglossidae), Bionda *et al.*, (2013) trabajaron con 57 larvas de *Rana sauterii* (Ranidae) y *Bufo bankorensis* (Bufonidae) y Huckembeck *et al.*, (2015) utilizaron 16 larvas de *Phisalemus biligonigerus* y 25 larvas de *Pseudis minuta* (Hylidae). Además, en este trabajo se abarcó la mayor parte de los estadios de las larvas con movilidad, mientras que en el resto de los trabajos sólo abarcaron unas cuantas etapas del índice de Gosner (1960). Por lo tanto, la muestra estudiada empleada para conocer el crecimiento (0.69 mm por etapa) y la dieta de *Spea multiplicata* en Zaachila, Oaxaca se considera adecuada.

La tasa de crecimiento es considerada una adaptación clave de las larvas de anuros (Harris, 1999) ya que la velocidad a la cual se desarrollan y alcanzan su talla máxima, está relacionada con factores del hábitat como la temperatura, calidad del agua y duración de la poza (Menegasso-Mansano *et al.*, 2012). La tasa de crecimiento de las larvas de *Spea multiplicata* se ajustó a un modelo de regresión polinomial las cuales alcanzaron una curva asintótica en poco tiempo, reflejo de su rápido desarrollo, altas temperaturas de las pozas y al hidroperíodo. En éste caso pasaron de huevo a adulto en 16 días, mientras que en otras especies como *Pseudoacris hypochondriaca* (Hylidae) ocurrió en 71 días (Luja, 2011) o por el contrario en *Ascaphus truei* (Ascaphidae) ocurrió en tres años (Metter 1967). Lo anterior indica, que las diferencias en el tiempo de desarrollo de los anuros depende de cada especie, del hábitat donde se desarrolle y de las respuestas a los cambios

en el ambiente y a diferentes presiones de selección a las que cada especie se enfrenta (Harris, 1999).

La rápida tasa de crecimiento (0.69 mm por etapa) y desarrollo observadas en *Spea multiplicata* le brinda ventajas adaptativas ante la desecación del hábitat o la depredación (Harris, 1999; Smith 1987), así como encontrar refugio para escapar de depredadores, alcanzar un tamaño corporal grande antes de la metamorfosis y así continuar su ciclo de vida ahora en la fase terrestre.

El número de individuos por etapas disminuyó durante el muestreo y las razones son varias. Esta distribución puede ser resultado de la extracción cada tres días a la que fue sometida la población, a la depredación por parte de aves que fue observada en campo, al disturbio por maquinaria agrícola a la que estuvo sometida la poza, a la competencia intraespecífica debido a que nuevas hembras llegaron a depositar huevos continuamente y a las elevadas temperaturas y poca lluvia que hubo durante la temporada (Alford, 1999).

La dieta de las larvas de *Spea multiplicata* en Zaachila, Oaxaca, estuvo compuesta principalmente por microalgas, detritus y restos de origen vegetal, resultados que coinciden con los reportado para la mayoría de las especies de anuros (Arias *et al.*, 2002; Altig *et al.*, 2007 Huckembeck *et al.*, 2015), por lo tanto puede considerarse a *Spea multiplicata* un fitófago.

A diferencia de lo que se conocía sobre las larvas de *Spea multiplicata* de las poblaciones del norte, cuya dieta está integrada principalmente en crustáceos y sus congéneres (Bragg, 1962 y 1964), este trabajo da una nueva perspectiva sobre la historia natural de esta especie durante esta fase de su ciclo de vida. Por lo que

las poblaciones de *Spea multiplicata* en Zaachila, Oaxaca son la forma herbívora de la especie.

De las diferentes microalgas consumidas por *Spea multiplicata*, la más importante fue *Closterium* sp. con un valor de importancia superior al 90%, mientras que los otros elementos se distribuyeron el 10% restante. Proporciones similares se han reportado en otras especies de renacuajos como *Bufo bankorensis*, *Rana sauteri* y *Limnodynastes tasmaniensis* (Myobatrachidae) en las que un solo elemento constituyó el mayor porcentaje de la dieta, en algunos casos más del 60% (Hong-Chuan, *et al.* 2008) por lo anterior, se considera a estas especies de anuros en su fase larvaria como especialistas o selectivas.

*Closterium* sp. fue el elemento más abundante en la columna de agua del hábitat y sobre raíces de plantas o en el sustrato por lo que el consumo de ésta desmida en la mayoría de las etapas de desarrollo indica el comportamiento de las larvas de *Spea multiplicata*, como un organismo nectónico típico que se alimenta principalmente en la columna del agua (Echeverría y Conforti, 2000).

*Closterium* sp. también ha sido reportado como parte de la dieta de renacuajos suspensívoros raspadores como *Phyllomedusa tetraploidea* (Hylidae) (Lajmanovich y Faivovich, 1998). Lo anterior puede ser un indicio de los diferentes enlaces de las cadenas tróficas entre microalgas plantónicas y diferentes fenotipos de los renacuajos y de cómo está compuesta la estructura de la comunidad en los microhabitat temporales.

La ingesta de los otros elementos como el tejido vegetal, detritus, *Eudorina* sp. y *Trachelomonas* sp. puede ser resultado de los movimientos ascendentes y

descendientes en la columna de agua que se observaron en las larvas, lo que indica que además de ingerir los elementos de la columna también toman algunos alimentos que están en el fondo. Ésta misma conducta fue reportada por Echeverría *et al.* (2007) para las larvas de *Elachistocleis bicolor* y *Scinax granulatus* (Hylidae) cuya dieta se basa en organismos nectónicos, con un porcentaje menor (<20%) de sedimentos y restos vegetales del fondo.

En algunas etapas del desarrollo de *Spea multiplicata* 25-27 y 37-39 fue el detritus el segundo elemento de mayor importancia. Éste elemento ha sido reportado en la dieta de diferentes especies de renacuajos y otros organismos (Dutra y Castillo, 2005; Altig *et al.*, 2007; Souza-Filho *et al.*, 2007) y es considerado uno de los elementos primarios de alimentación dentro de los sistemas acuáticos de agua dulce, no obstante aún se discute si su consumo es ocasional o selectivo (Bowen, 1984; Lowe-Mc-Connell, 1999). En el caso de *Spea multiplicata* su consumo pudo ser ocasional, sin embargo en las etapas 37-39 hubo un aumento en la ingesta del detritus y otros los elementos que pudo ocurrir debido a una conducta obligada.

Los valores altos de sobreposición de nicho trófico en la mayoría de las etapas indicaron que los recursos del hábitat fueron compartidos. En las etapas 37-39 el aumento en el consumo de los otros elementos coincidió con una disminución en la columna de agua debido a las altas temperaturas y disminución de lluvias, provocando que las larvas de *Spea multiplicata* se alimentaran del fondo de la poza, esta conducta obligada causada por la evapotranspiración es considerada como una respuesta plástica a las condiciones adversas del hábitat y ha sido observado en larvas de *Scinax fuscovarius* (Hylidae) (Echeverría *et al.*, 2007, Caut *et al.*, 2013)

que tienen una dieta a base de microalgas, pero que cambio a sedimento durante la temporada de secas. Además, en estas etapas fueron donde se registró la mayor diversidad y amplitud trófica, lo que indica que *Spea multiplicata* aprovecha otros recursos disponibles, cuando hay un cambio drástico en el medio que habita.

Las larvas de *Spea multiplicata* no mostraron una relación entre la abundancia y el tamaño del alimento ingerido con el tamaño del disco oral, resultado que coincide con lo reportado por Jenssen (1967) para las larvas de *Rana clamitans* que tienen un aparato bucal compuesto por dientes córneos y cuya dieta es a base de microalgas. Esto es posible porque las microalgas son de tamaño pequeño y el aparato bucal no las selecciona por talla como las especies carnívoras.

La amplia similitud dietética principalmente entre las etapas 28-30 y 31-33 sugiere una fuerte competencia por *Closterium* sp., no obstante Smith y Smith (2007) reportaron que la sobreposición no necesariamente indica competencia sino también el consumo elevado de un recurso cuando es abundante lo que evita interacciones bióticas como el canibalismo que suele presentarse en las larvas que habitan pozas temporales (Babbit y Meshaka, 2000). Además el consumo elevado de *Closterium* sp. en estas etapas puede deberse a cambios morfológicos especializados del tracto digestivo y sus requerimientos nutricionales (Pretty *et al.*, 1995; Relyea y Auld, 2004).

El resto de las etapas con mayor porcentaje de similitud (34-36, 37-39 y 40-42), son etapas de suma importancia dentro de su ciclo de vida (Gosner, 1960), porque durante este periodo deben consumir el alimento suficiente para alcanzar

su talla máxima, acelerar el desarrollo y aumentar su sobrevivencia de posibles depredadores y las variaciones del hábitat (Altig *et al.*, 2007), además el estómago de las larvas de anuros que consumen microalgas o material vegetal en éstas etapas es de mayor longitud que las especies carnívoras, por tanto el consumo de elementos vegetales es mayor (Depthi *et al.*, 2007).

## Conclusiones

De las 83 larvas analizadas de *Spea multiplicata* se concluye que:

- *Spea multiplicata* en Zaachila, Oaxaca es un anuro de actividad estacional que usó como sitios de oviposición y desarrollo larvario pozas temporales en campos agrícolas.
- Las pozas usadas por las larvas de *Spea multiplicata* son hábitat oligotróficos con poca productividad primaria y bajas concentraciones de nutrientes.
- A diferencia de otros anfibios que presentan malformaciones o la muerte en ambientes con concentraciones mínimas de 1 mg / L de amonio o nitratos, *Spea multiplicata* se mostró tolerante y no fue selectiva con el hábitat, que contenían concentraciones en un rango de 0.20 - 1.8 mg / L para el amonio y 0.01 - 0.75 mg / L en nitratos.
- Los valores de conductividad [0.19 - 1.86 mS / cm] y salinidad [0.10 - 0.91 ups] indicaron que *Spea multiplicata* habitó en un ambiente dulceacuícola en el que el agua fue de buena calidad por la cantidad de oxígeno disuelto (4.6 - 8.7 mg / L) y fue un medio con un pH ácido debido a las características del suelo.
- *Closterium* sp. fue el género fitoplanctónico más abundante en el hábitat, que estuvo presente principalmente en la columna de agua, esta desmidia se caracteriza por habitar en cuerpos de agua temporales y ser tolerante a distintas condiciones de temperatura, nutrientes y contaminación.

- El crecimiento y desarrollo de *Spea multiplicata* fue rápido, entre las etapas 25-42 duró 16 días.
- Los datos de LOCH se ajustaron a un modelo de crecimiento polinomial, el crecimiento es lineal entre las etapas 25-39 con valor de 0.69 mm por etapa y entre las etapas 40-42 disminuye a – 0.35 mm por etapa.
- La dieta de *Spea multiplicata* estuvo compuesta por 76 elementos agrupados en cinco categorías alimenticias: microalgas, plantas, zooplancton, otros (hifas, sedimentos, otros tipos de filamentos y detritus) y desconocidos.
- De acuerdo al valor de importancia los elementos más representativos fueron: *Closterium* sp., *Trachelomonas* sp., detritus, *Eudorina* sp., *Fragilaria* sp., *Amphora* sp., *Euglena* sp., *Oscillatoria* sp., *Phacus* sp., tejido vegetal y quistes.
- Por el tipo de alimento que consumieron las larvas, *Spea multiplicata* mostró un comportamiento neotónico.
- Por las categorías que consumieron las larvas de *Spea multiplicata* se consideran fitófagas, esta es la primera vez que se reporta la forma herbívora para esta especie.
- Las etapas en las que se registró el mayor consumo de acuerdo con el VIR fueron las 34-36.

- Las etapas en las que se registró la mayor diversidad y amplitud trófica fueron la 37-39. Esto tal vez fue consecuencia de desecación del hábitat ocasionando la disminución en el consumo de *Closterium* sp. y aumento la ingesta de otras microalgas, detritus y material vegetal, lo que muestra una respuesta plástica a las condiciones del medio.
- Las etapas 28-30 y 31-33 fueron las más similares en cuanto a dieta, es debido a que en estas etapas las larvas comparten un abundante recurso (*Closterium* sp.) lo que evita interacciones como el canibalismo sobre todo en hábitat temporales.
- No hubo relación entre la abundancia y el volumen de los elementos ingeridos por lo que se considera que *Spea multiplicata* no es selectiva con la cantidad y el tamaño de los elementos que ingiere.

## Literatura citada

- Aboal, M. 1991. Aportación al conocimiento de las algas epicontinentales del S.E. de España. VIII: Desmidiáceas y Mesoteniáceas (Desmidiaceae y Mesotaeniaceae, Zygothyceae 1960). *Acta Botanica Malacitana*, 16 (2): 325-337.
- Alford, R.A. 1999. Ecology: resource use, competition. Pp. 240-278. En: R.W. McDiarmid y R. Altig (Eds). *Tadpoles: the biology of anuran larvae*. Chicago, The University of Chicago Press.
- Altig, R., M.A. Whiles y C.L. Taylor. 2007. What do tadpoles really eat? Assessing the trophic status of an understudied and imperiled group of consumers in freshwater habitats. *Freshwater Biology*, 52: 386-395.
- Altig, R., R.W. McDiarmid, K.A. Nichols y P.C. Ustach. 1998. Tadpoles of the United States and Canada: A Tutorial and Key. *Contemporary Herpetology Information Series*, 2: 1-58.
- Altig, R., y R.W. McDiarmid. 1999. Body plan development and morphology. Pp. 24-51. En: R.W. McDiarmid y R. Altig (Eds.). *Tadpoles the Biology of Anuran Larvae*. The University of Chicago Press.
- Altig, R. 1987. Key to the anuran tadpoles of Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 32(1): 75-84.
- Álvarez, D. y G. Nicieza. 2002. Effects of temperature and food quality on anuran larval growth and metamorphosis. *Functional Ecology*, 16: 640-648.
- APHA, AWWA, WEF. 1995. *Standard methods: For the examination of water and wastewater*. 19<sup>th</sup> edition. Ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC. USA. Pp. 19-28.

- Arendt, J.D. 2009. Influence of sprint speed and body size on predator avoidance in New American spadefoot toads (*Spea multiplicata*). *Behaviour Ecology*, 159: 455-461.
- Arias, M.M., P.M. Peltzer y R.C. Lajmanovich. 2002. Diet of giant *Pseudis paradoxa platensis* (Anura, Pseudidae) from Argentina. *Phyllomedusa*, 1:97-100.
- Arredondo-Vega, B.O. y D. Voltolina. 2007. Métodos y Herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal. Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Pp. 97.
- Audo, M.C., T.M. Mann, T.L. Polk, C.M. Loudenslager, W.J. Diehl, y R. Altig. 1995. Food deprivation during different periods of tadpole (*Hyla Chrysocelis*) ontogeny affects metamorphic performance directly. *Oecologia*, 103:518-522.
- Babini, M.S., C. de L. Bionda y N. Salas. 2015. Health status of tadpoles and metamorphs of *Rhinella arenarum* (Anura, Bufonidae) that inhabit agroecosystems and its implications for land use. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 118:118-125.
- Babbitt, K.J. y M.E. Jr Meshaka. 2000. Benefits of eating conspecifics: Effects of background diet on survival and metamorphosis in the Cuban treefrog *Osteophilus septentrionalis*. *Copeia*, 2000: 469 -474.
- Behler, J.L. y W. King. 1992. *The Audubon Society field guide to North American reptiles and amphibians*. Chanticleer Press, Inc., New York. Pp. 743.
- Bellinger, E.G. y D.C. Sigeo. 2010. *Freshwater algae identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell. Pp. 33-39.
- Belova, Z.A. 1964. On the feeding of the tadpoles of *Rana ridibunda* Pall, in the Volga Delta. *Zoologiceskij Zurnal*, Moscou, 43: 1188-1192.
- Berven, K.A. 1990. Factors affecting population fluctuations in larval and adult stages of the wood frog (*Rana sylvatica*). *Ecology*, 71: 1599-1608.

- Bionda, C. de L., N. Gari, E. Luque, N. Salas, R. Lajmanovich y A. Martino. 2012. Ecología trófica en larvas de *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) en agroecosistemas y sus posibles implicaciones para la conservación. *Revista de Biología Tropical*, 60 (2): 771-779.
- Bionda, C. de L., E. Luque, N. Gari, N.E. Salas, R.C. Lajmanovich y A.L. Martino. 2013. Diet of tadpoles of *Physalaemus biligonigerus* (Leiuperidae) from agricultural ponds in the central region of Argentina. *Acta Herpetologica* 8(2): 141-146.
- Blanco, S., L. Ector y E. Becares. 2004. Epiphytic diatoms as water quality indicators in Spanish lakes. *Vie Et Milieu*, 54:71-79.
- Bowen, S.H. 1984. Detritivory in neotropical fish communities, p. 59-66. En: *Evolutionary Ecology of Neotropical Freshwater Fish*. T. M. Zaret. (ed.). Junk Publishers, Boston.
- Boyer, R. y C.E. Grue. 1995. The need for water quality criteria for frogs. *Environmental Health Perspectives*, 103: 352-357.
- Bragg, A.N. 1962. Predation on arthropods by spadefoot tadpoles. *Herpetologica*. 18: 144.
- Bragg, A.N. 1964. Further study of predation and cannibalism in spadefoot tadpoles. *Herpetologica*, 20: 17-24.
- Brennan, T.C. y A.T. Holycross. 2006. *A field guide to amphibians and reptiles in Arizona*. Arizona Game and Fish Department. Phoenix. Pp. 150.
- Brown, C.A., R.J. Wassersug y T. Naitoh. 1992. Metamorphic changes in the vagai stimulation of the alimentary tract in the green frog, *Rana clamitans* (Ranidae). *Acta Anatomica*, 145: 340-344.
- Brown, L.E. y R.R. Rosati. 1997. Effects of three different diets on survival and growth of larvae of the African clawed frog *Xenopus laevis*. *Program Fish-Cultive*, 59: 54-58.

- Buchholz, D.R. y T.B. Hayes. 2000. Larval period comparison for the spadefoot toads *Scaphiopus couchii* and *Spea multiplicata* (Pelobatidae: Anura). *Herpetologica*, 56: 455-468.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2015. Canícula en México. Caracterización, resumen 2014 y perspectiva de precipitación y temperatura en agosto y septiembre 2015. Pp. 4.
- Canseco-Márquez L. y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2010. *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A.C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México D.F.
- Carey, C. y C.J. Bryant. 1995. Possible interrelations among environmental toxicants, amphibian development, and decline of amphibian populations. *Environmental Health Perspectives*. 103: 13-17.
- Caut, S., E. Angulo, C. Díaz-Paniagua y I. Gomez-Mestre. 2013. Plastic changes in tadpole tropic ecology revealed by stable isotope analysis. *Oecologia*, 173: 95-105.
- Collins, J.P. 1979. Intrapopulation variation in the body size at metamorphosis and timing of metamorphosis in the bullfrog *Rana catesbeiana*. *Ecology*, 60: 738-749.
- Chidah, A.C. 2004. Response of periphyton community to salinity gradient in tropical estuary, Niger Delta. *Polish Journal of Ecology*, 52: 83-90.
- Comas, G.A. 1996. *Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba*. Biblioteca Phycologica, Band 99. J. Cramer, Berlin. Pp 192.
- Contreras, E.F. 1994. *Manual de técnicas hidrobiológicas*. UAM Iztapalapa. Ed. Trillas. México 87 p.

- Deepthi, D.W., L.O. Kerri y R.J. Wassersug. 2007. Ontogenetic changes in diet and intestinal morphology in semi-terrestrial tadpoles of *Nannophrys ceylonensis* (Dicroglossidae). *Copeia*, 4: 1012-1018.
- De Sousa Filho, I.F., C.C. Branco, A.M.P. Telles de Carvalho-e-Silva, G.R. da Silva y L.T. Sabagh. 2007. The diet of *Scinax angrensis* (Lutz) tadpoles In an area of the Atlantic Forest (Mangaratiba, Rio de Janeiro) (Amphibia, Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24 (4): 965-970.
- Díaz-Paniagua, C. 1985. Larval diets related to morphological characters of five anuran species in the biological reserve of Doñana (Huelva, Spain). *Amphibia-Reptilia* 6: 307-322.
- Doughty, P. 2002. Coevolution of developmental plasticity and large eggs size in *Crinia Georgiana* tadpoles. *Copeia*: 928-937.
- Duellman, W.E. y L. Trueb. 1994. *Biology of amphibians*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London. Pp. 670.
- Duque, S.R. y J. Donato. 1994. Primeros registros de Closterium (Desmidiaceae) en lagos de la orilla colombiana del río Amazonas. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 73: 259-263.
- Dutra, S.L y M. Castillo. 2005. Macroinvertebrates as tadpole food: importance and body size relationships. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22: 923-927.
- Echeverría, D.D., A.V. Volpedo y V.I. Mascitti. 2007. Diet of tadpoles from a pond in Iguazu national park, Argentina. *Gayana*, 71(1): 8-14.
- Echeverría, D.D. y V. Conforti. 2000. Euglenoids living in the intestines of microhylid tadpoles of Argentina. *Alytes*, 18:81-89.
- Echeverría, D.D. y E.O. Lavilla. 2000. Internal oral morphology of tadpoles of *Dermatonotus muelleri* and *Elachistocleis bicolor*. *Journal of Herpetology*, 34: 517-523.

- Edmondson, W.T. 1918. *Freshwater biology*. Library of congress card number 59-6781. Printed in the United States of America. Pp. 115-322.
- Ferrario, M.E., E.A. Sar y S.E. Sala. 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. Pp: 1-23. En: K. Alveal, M.E. Ferrario, E. Oliveira y E. Sar. (Eds.). *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción, Concepción.
- Freda, J. 1986. The influence of acidic pond water on amphibians. *A review. Water, Air and Soil Pollution*, 30: 439-450.
- Gatica, E., C. Almeida, M.A. Mallea y P. González. 2012. Water quality assessment, by statistical analysis, on rural and urban areas of Chocancharava River (Rio Cuarto), Cordoba, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI 10.1007/s10661-011-2495-7.
- Gatten, R.E., Jr. K. Miller, y R.J. Fullid. 1992. Energetics of amphibians at rest and during locomotion. Pp. 314-377. En: M.E. Feder y W.W. Burggren (Eds.). *Environmental physiology of the amphibians*. Chicago: University of Chicago Press.
- García, G.C. y F.R. Fontúrbel. 2003. *Propuestas para un desarrollo sostenible: Lago Titikaka por estrategias K*. Editorial Publicaciones Integrales. La Paz. Pp: 105.
- Gomez-Mestre, I., M. Tejedo, E. Ramayo y J. Estepa. 2004. Developmental alterations and osmoregulatory physiology of a larval anuran under osmotic stress. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77, (2): 267-264.
- Gosner, K.L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16: 183-190.
- Guiry, M.D. y G.M. Guiry. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 24 February 2017.

- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9.
- Harris, R.N. 1999. *The anuran tadpole. Evolution and maintenance*. Pp. 279-94. En: R.W. McDiarmid y R. Altig (Eds.). *Tadpoles. The biology of anuran larvae*, Chicago: University of Chicago Press.
- Hegewald, E., C. Bock, y L. Krienitz. 2013. A phylogenetic study on Scenedesmaceae with the description of a new species of *Pectinodesmus* and the new genera *Verrucodesmus* and *Chodatodesmus* (Chlorophyta, Chlorophyceae). *Fottea* 14(2): 149-164.
- Hernández-Jiménez, A., V. Llanes-Hernández, D. López-Pérez y J. Rodríguez-Cabello. 2014. Características de vertisoles en áreas periféricas de la habana. *Cultivos Tropicales*, 35(4): 68-74.
- Heyer, W.R. 1973. Ecological interactions of frog larvae at a seasonal tropical location in Thailand. *Journal of Herpetology*, Columbus, 7: 337-361.
- Heyer, W. R. 1976. Studies in larval amphibian habitat partitioning. *Smithsonian Contributions to Zoology*, Washington, 242: 1-26.
- Hintze, J. 2007. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA. [www.ncss.com](http://www.ncss.com).
- Hodin, J. 2006. Expanding networks: Signaling components in and a hypothesis for the evolution of metamorphosis. *Integrative and Comparative Biology*, 46(6): 719-742.
- Hoffer, R. y R. Lackner. 2006. Nutritional status tadpole populations of *Rana temporaria* in the Central Alps (Austria). *Berichte des Naturwissenschaftlich Medizinischen Vereins in Innsbruck*, 93: 147-159.
- Hoff, K.S., A.R. Blaustein, R.W. McDiarmid y R. Altig. 1999. Behavior: interactions and their consequences Pp. 215-239. En: R.W. McDiarmid y R. Altig (Eds.). *Tadpoles the Biology of Anuran Larvae*. The University of Chicago Press.

- Hong-Chuan, C., L. Bo-Chi, M.F. Gary, W. Wei-Lung y K. Yeong-Choy. 2008. Diet and foraging of *Rana sauteri* and *Bufo bankorensis* tadpoles in subtropical Taiwanese streams. *Zoological Studies*, 47(6): 685-696.
- Huckembeck, S., L.T. Alves, D. Loebmann y A.M. Garcia. 2015. Whats the largest tadpole feeds on? A detailed analysis of the diet composition of *Pseudis minuta* tadpoles (Hylidae, Dendropsophini). *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 88 (3): 1397-1400.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17:411-429.
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004. *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca*. 166.
- Inger, R.F. 1986. Diets of tadpoles living in a Bornean rain forest. *Alytes* 5:153-164.
- IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. <http://www.iucnredlist.org>. Accesado: 30 de Agosto del 2017.
- ITIS 2017. Integrated Taxonomic Information Systems on-line database. <http://www.itis.gov>. Acessado: 13 de Septiembre del 2017.
- Jenssen, T.A. 1967. Food habits of the green frog, *Rana clamitans* before and during metamorphosis. *Copeia*, 214-218.
- John, M.D., B.A. Whitton y A.J. Brook. 2002. *The freshwater Algal Flora of the British Isles*. An Identification guide to freshwater and terrestrial Algae. Cambridge University Press. United Kingdom. Pp. 702.
- Komárek, J. y V. Jankovská. 2001. *Review of the Green Algal Genus Pediastrum; Implication for Pollen-analytical Research*. Bibliotheca Phycologica. Band 108. J. Cramer. Berlin. Pp. 127.

- Komárek, J. 2010a. Modern taxonomic revision of planktic nostocacean cyanobacteria: a short review of genera. *Hydrobiologia* 639:231–243. DOI 10.1007/s10750-009-0030-4
- Komárek, J. 2010b. Recent changes (2008) in cyanobacteria taxonomy based on a combination of molecular background with phenotype and ecological consequences (genus and species concept). *Hydrobiologia* 639:245–259. DOI 10.1007/s10750-009-0031-3
- Komárková, J. y R.L. Tavera. 2003. Steady state of phytoplankton assemblage in the tropical Lake Catemaco (Mexico). *Hydrobiologia* 502(1-3):187-196.
- Kopp, K.P. y P.C. Eterovick. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 40 (29): 1813-1830.
- Knutson, M.G., W.B. Richardson, D.M. Reineke, B.R. Gray, J.P. Parmelee y S.E. Weick. 2004. Agricultural ponds support amphibian populations. *Ecological Application*, 14:669-684.
- Kuznetsov, V.A. y Ye. A. Lobachyov. Effects of salinity on growth and development of the larvae of marsh frog (*Rana ridibunda*). *Hidrobiological Journal*, 43: 71-79.
- Kupferberg, S.J. 1997. The role of larval diet in anuran metamorphosis. *American Zoology*, 37: 146 -159.
- Lajmanovich, R.C. 1994. Contribución al conocimiento de la alimentación de larvas de la rana criolla *Leptodactylus ocellatus* (Amphibia: Leptodactylidae) en el Paraná medio, Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 29: 55-61.
- Lajmanovich, R.C. 1997. Alimentación de larvas de anuros en ambientes temporales del sistema del río Paraná, Argentina. *Doñana, Acta Vertebrata*, 24 (1-2). 191-202.

- Lajmanovich, R.C. y Faivovich. 1998. Dieta larval de *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal y Haddad, 1992 en la provincia de Misiones (Argentina). *Alytes*, 15: 137-144.
- Lajmanovich, R.C., M.F. Izaguirre, M.F. Vera-Candioti y V.H. Casco. 2000. Unique structural pattern of the manicotto glandulare of *Hyla nana* tadpoles (Anura: Hylidae). *Amphibia-Reptilia*, Leiden, 21: 237-242.
- Laudet, V. 2011. The origin and evolution of vertebrate metamorphosis. *Current Biology*, 21: 726-737.
- Leips, J. y J. Travis. 1994. Metamorphic responses to changing food levels in two species of hylid frogs. *Ecology*, 75: 1345-1356.
- Lemos-Espinal, J.A. y J.R. Dixon. 2013. *Amphibians and reptiles of San Luis Potosi*. Eagle Mountain Publishing LC, Utah. Pp. 300.
- Levis, N.A., S. de la Serna Buzón y D.W. Pfenning. 2015. An inducible offense: Carnivore morph tadpoles induced by tadpole carnivory. *Ecology and Evolution*, 5(7):1405-1411.
- Luja, V.H. 2011. Ecología, demografía y estado de conservación de poblaciones pequeñas y aisladas en oasis de Baja California Sur, México: el caso de la rana arborícola *Pseudoacris minuta curta*. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 139 pp.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. *Estudos Ecológicos em Comunidades de Peixes Tropicais*. EDUSP. Sao Paulo, Brazil.
- Macleod, C. y P. Haygarth. 2003. A review of the significance of non-point source agricultural phosphorus to surface water. *Scope Newslett*, 51: 1-10.
- Marco, A., C. Quinchano, y A.R. Blaustein. 1999. Sensitivity to nitrate and nitrite in pond breeding amphibians from the Pacific Northwest, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, (18) 12: 2836-2839.

- Mason, C.F. 1991. Biology of freshwater pollution. Lomgman Scientific & Technical. United States, New York. P.p. 95-110.
- Matt, R., K. Whiles, R. Lips, C.M. Pringle, S.S. Kilham, J. Rebecca, B.R. Brenes, S. Connelly, J.C. Colon-Gaud, M. Hunte-Brown, A.D. Huryn, C. Montgomery, y S. Peterson. 2006. The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4: 27-34.
- Menegasso-Mansano, C.F., M. Verardino-DeStefani, M. Maia-Pereira y B. Ingrid-Macente. 2012. Non-linear growth models for bullfrog tadpoles. *Ciencia y agrotécnicas, Lavras*, 36 (4): 454-462.
- Metter, D.E: 1967.Variation in the ribbed frog, *Ascaphus truei* Stejener. *Copeia*,1967: 634-649.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, Pp. 84.
- Moreno-Franco, D.P., J. Quintero-Manzano y A. López-Cuevas. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 78:25-33.
- Morey, S. y D. Reznick. 2000. A comparative analysis of plasticity in larval development in three species of spadefoot toads. *Ecology*, 82: 510-522.
- Morey, S.R. 1998. Pool duration influences age and body mass at metamorphosis in the western spadefoot toad: Implications for vernal pool conservation. Pp 86-91. En: C.W. Whitham, E.T. Bauder, D. Belk, W. R. Ferren, Jr. y R. Ornduff (Eds.). *Ecology, conservation and management of vernal pool ecosystems-proceedings from a 1996 conference*. California Native Plant Society, Sacramento, California.
- Oliva-Martínez, M.G., J.L. Godínez-Ortega y C.A. Zuñiga-Ramos. 2014. Biodiversidad de fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S54-S61.

- Ortiz-Pérez, M.A., J.R. Hernández-Santana y J.M. Figueroa-Mah-Eng. 2004. Reconocimiento Fisiográfico y Geomorfológico. Pp 43-54. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, U.N.A.M. Fondo Oaxaqueño Para la Conservación de la Naturaleza*. World Wildlife Found. México.576.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl.85: 460-466.
- Petranka, J.W. y C.A. Kennedy. 1999. Pond tadpoles with generalized morphology: Is it time to reconsider their functional roles in aquatic communities? *Oecologia*, 120: 621- 631.
- Pfenning, D.W. 1990. "Kin Recognition" among spadefoot toad tadpoles: a side-effect of habitat selection? *Evolution*, 44(4): 785-798.
- Pfenning, D.W., A Mabry y D. Orange. 1991. Environmental causes of correlations between age and size at metamorphosis in *Scaphiopus multiplicatus*. *Ecology*, 72(6): 2240-2248.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant y I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of Albacore, bluefin Tuna and bonito in California Waters. State of California the resources agency department of fish and game. *Fish Bulletin* 152. Pp.49.
- Pretty, R., T. Naito y R.J. Wassersug. 1995. Metamorphic shortening of the alimentary tract in anuran larvae (*Rana catesbeiana*) *Anatomical Record*, 242, 417-423.
- Pomeroy, L.V. 1981. Developmental polymorphism in the tadpoles of spade foot toads, *Scaphiopus multiplicatus*. University of California; Riverside, Riverside.
- Pough, F.H. y R.E. Wilson. 1977. Acid precipitation and reproductive success of *Ambystoma* salamanders. *Water, Air Soil Pollution*, 7: 307-316.

- Ramírez, C. y C. San Martín. 2008. Ecosistemas dulceacuícolas. Pp. 106-117. En: A.P. Saball, M.T.K. Arroyo, J.C. Castilla, C. Estades, S. Larrarín, C.A. Moreno, L. Sierralta, J. Rovira, J.M Ladrón de Guevara y F. Rivas (Eds.). Biodiversidad de Chile patrimonio y desafíos. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Chile.
- Relyea, R.A. y J.R. Auld. 2004. Having the guts to compete: how intestinal plasticity explains costs of inducible defenses. *Ecology Letters*, 7:869-875.
- Rimet, F. y A. Bouchez. 2011. Use of diatom life-forms and ecological guilds to assess pesticide contamination in rivers: Lotic mesocosm approaches. *Ecological Indicators*, 11: 489-499.
- Rhazi, L., P. Grillas, A. Mounirou-Toure y L. Tam-Ham. 2001. Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools. *Sciences de la Vie/ Life Sciences*, 165-177.
- Round, F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann. 1990. *The diatoms. biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press. Pp. 747.
- Saldaña, L. y E. Pérez-Ramos. 1987. *Herpetofauna del Estado de Guerrero, México*. Tesis profesional. Facultad de ciencias, UNAM (Biología), México, D.F. 389.
- Sánchez-Herrera, O. y G. López-Ortega. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomológica Mexicana*, 75:119-145.
- Sánchez, O., R. Medellín, A. Aldama, B. Goettsch, J. Soberón y M. Tambuti. 2007. *Método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestres en México*. SERMANART. INECOL. IEUNAM. CONABIO. Pp. 173.
- Sekar, A.G. 1992. A study of the food habits of six anuran tadpoles. *Journal of The Bombay Natural History Society*, 89:9-16.

- Sigee, D.C. 2005. *Freshwater Microbiology. Biodynamic and dynamic interactions of microorganism in the aquatic environments.* John Wiley & Sons, LTD.
- Sirlene-Aparecida F., L. Rodrigues y H. Sardinha Dos Santos. 2014. Taxonomical and ecological characteristics of the Desmids placoderms in reservoir: Analyzing the spatial and temporal distribution. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26 (4): 392-403.
- Shoemaker, V.H., L. McClanahan y R. Ruibal. 1969. Seasonal changes in body fluids in a field population of spadefoods toads. *Copeia*, 1969: 585-591.
- Smith-Gill, S.J. y K.A. Berven 1979. Predicting amphibian metamorphosis. *The American Naturalist*, 113: 563-585.
- Smith, T.M. y R.L. Smith. 2007. *Ecología.* Pearson Addison Wesley. Madrid, España. Pp 288-290.
- Souza-Filho, I.F., C.W.C. Branco, A.M.T. Carvalho-e-Silva, G.R. Silva y L. Sabagh. 2007. The diet of *Scinax angrensis* (Lutz, 1973) tadpoles in an area of the Atlantic Forest (Mangaratiba, RJ) (Amphibian, Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24: 965-970.
- Stebbins, R.C. 1972. *California amphibians and reptiles.* University-of California Press, EE.UU. 152.
- Stebbins, R.C. 2003. *A field guide to western reptiles and amphibians.* Houghton Mifflin Company, Boston, Massachusetts.
- Sterrenburg, F.A.S. 1993. Studies on the genera *Gyrosigma* and *Pleurosigma* (Bacillariophyceae). The identity of *Pleurosigma obscurum* W. Smith. *Diatom Research*, 8(2): 447-456.
- Szarski, H. 1957. The origin of the larva and metamorphosis in amphibian. *The American Naturalist*, 91(860): 283-301.

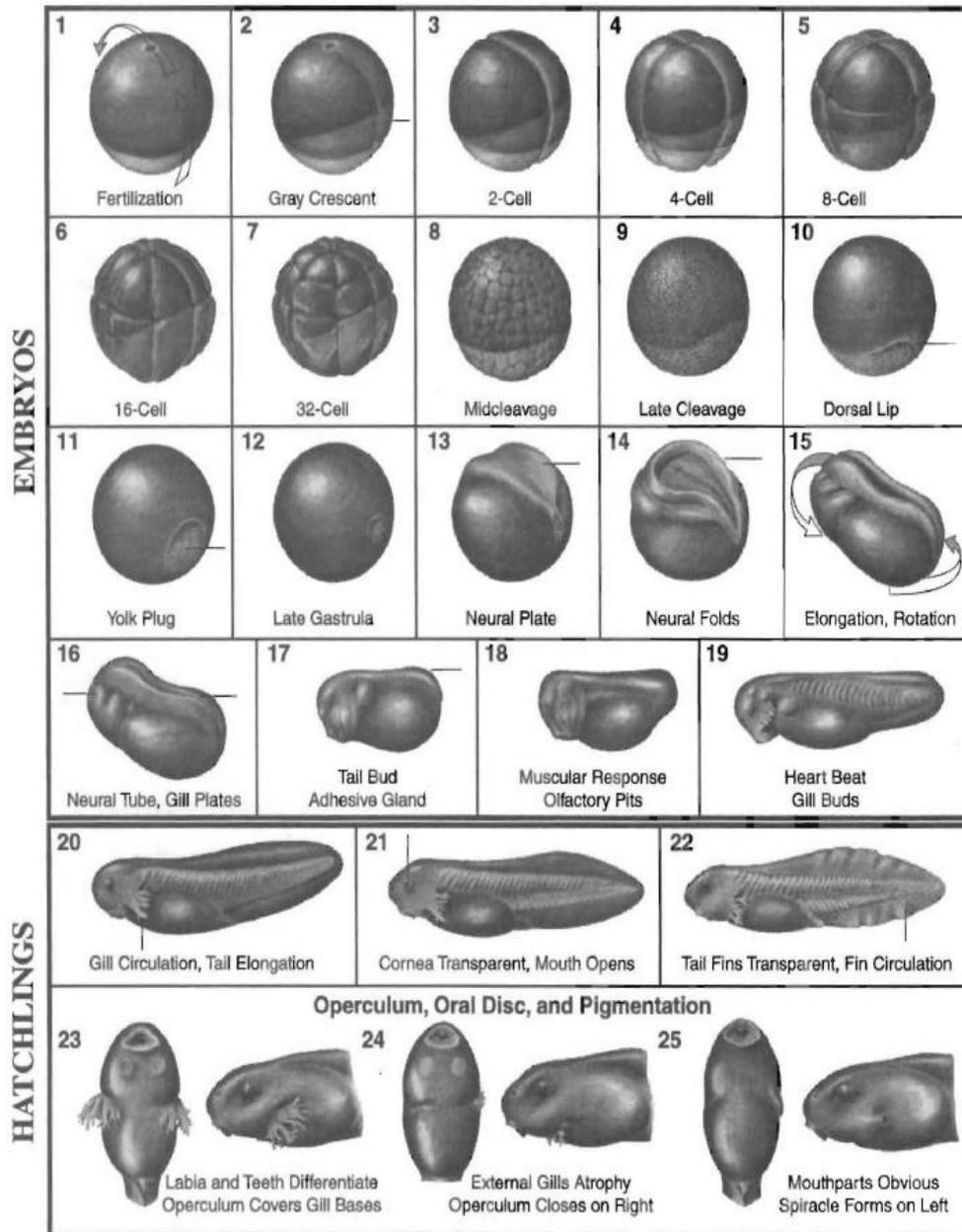
- Tank, J.L. y W.K. Dodds. 2003. Nutrient limitation of epilithic and epixylic biofilms in ten North American streams. *Freshwater Biology*, 48: 1031-49.
- Thorp, J.H. y A.P. Covich. 1991 *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press Inc. Pp. 17-124.
- Thurston, R.V, R.C. Russo y G.A. Vinogradov. 1981. Ammonia toxicity to fishes. Effects on pH on toxicity of the un-ionized ammonia species. *Environmental Sciences Toxicology*, 15: 837-840.
- Tölgyessy, J., P. Pitter, M. Piatrik y J. Prosuek. 1993. The chemistry of water. 91-99. En: J. Tölgyessy (Ed.). *Chemistry and biology of water, air and soil environment aspects* Elsevier, Amsterdam London.
- Trejo, I. 2004. *Clima*. Pp. 67-85. En: A.J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología. UNAM. Fondo Oaxaqueño Para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México.
- Ultsch, G.R., D.F. Bradford y J. Freda. 1999. Physiology: Coping with the Environment. Pp. 189-214. En: R.W. McDiarmid y R. Altig (Eds.). *Tadpoles the Biology of Anuran Larvae*, University Chicago Press, Chicago.
- Van den Hoek, C., D.G. Mann y H.M. Jahns. 1995. *Algae. An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge, RU. Pp. 648.
- Viertel, B. y S. Richter. 1999. Anatomy: Viscera and Endocrines 92-149. En: R.W. McDiarmid y R. Altig (Eds.). *Tadpoles the Biology of Anuran larvae. The University of Chicago Press*.
- Wassersug, R.J. 1975. The adaptive significance of the tadpole stage with comments on the maintenance of complex life cycles in anurans. *American Zoology*, 15: 405-417.
- Wassersug, R.J. 1980. Internal oral features of larvae from eight anuran families: Functional, systematic, evolutionary and ecological considerations.

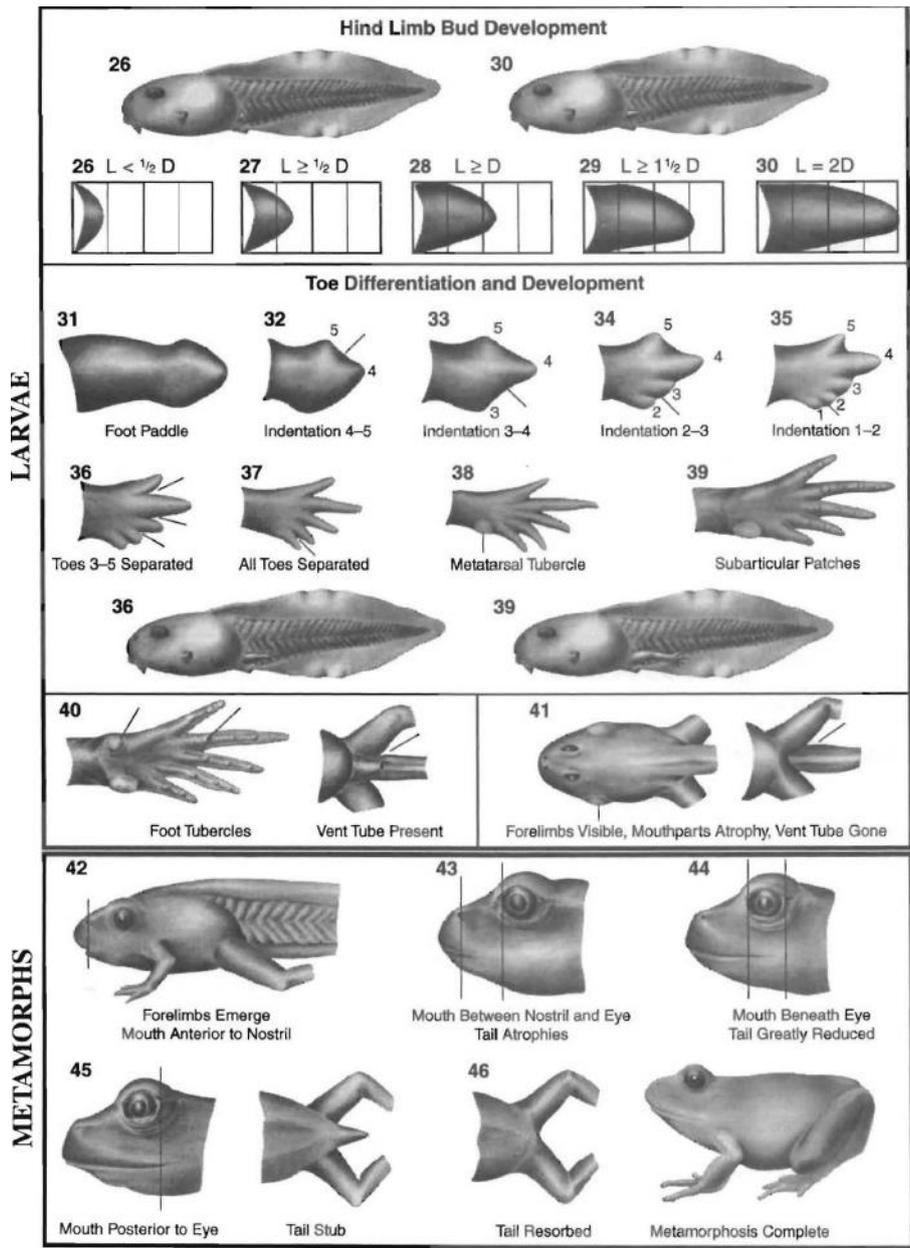
- Miscellaneous *Publications Museum of Natural History, University of Kansas*, Lawrence, 68: 1-146.
- Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. Chicago: the University of Chicago Press. Pp. 1400.
- Werh, J.D. y R.G. Sheath. 2003. *Freshwater Algae of North America Ecology and Classification*. Academic Press. Pp. 383-405.
- Werner, E.E. 1986. Amphibian metamorphosis: Growth rate, predation risk, and the optimal size in transformation. *The American Naturalist*, 128(3): 319-341.
- Wilbur, H.M. 1972. Competition, predation, and the structure of the *Ambystoma-Rana sylvatica*. Community. *Ecology*, 53:3-21.
- Wilbur, H.M. 1984. Complex life cycles and community organization in amphibians. Pp.195-224 .En: P.W. Price, C.N. Slobodchikoff, y W.S. Gaud, (Eds.). *A new ecology: Novel approaches to system interactive*. Wiley, New York.
- Wilbur, H.M. 1990. Coping with chaos: toads in ephemeral ponds. Trends in *Ecology and Evolution (Tree)* 5(2): 37-39.
- Whitford, W.G. 1967. Observations on territoriality and aggressive behavior in the western spadefoot toad, *Scaphiopus hammondi*. *Herpetologica*, 23: 318.
- Whitton, B.A. y M.G. Kelly. 1995. Use of algae and other plants for monitoring rivers. *Australian Journal of Ecology*, 20: 45-56.
- Woodward, B.D. 1983. Predator-prey interactions and breeding-pond use of temporary-pond species in a desert anuran community. *Oecologia*, 54: 96-100.
- Woolrich, G., G.R. Smith, y J. Lemos-Espinal. 2015. Effects of salinity and density on tadpoles of two anurans from the Río Salado, Puebla, México. *Journal of Herpetology*, 49(1):17-22.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Upper Saddle River, N.J. Prentice Hall.

Zongo. B. y J.I. Boussim. 2015. The effects of physicochemical variables and tadpole assemblages on microalgal communities in freshwater temporary ponds through an experimental approach. *Aquatic Biosystems*, 11, 1: 1-14.

**Apéndice A.**

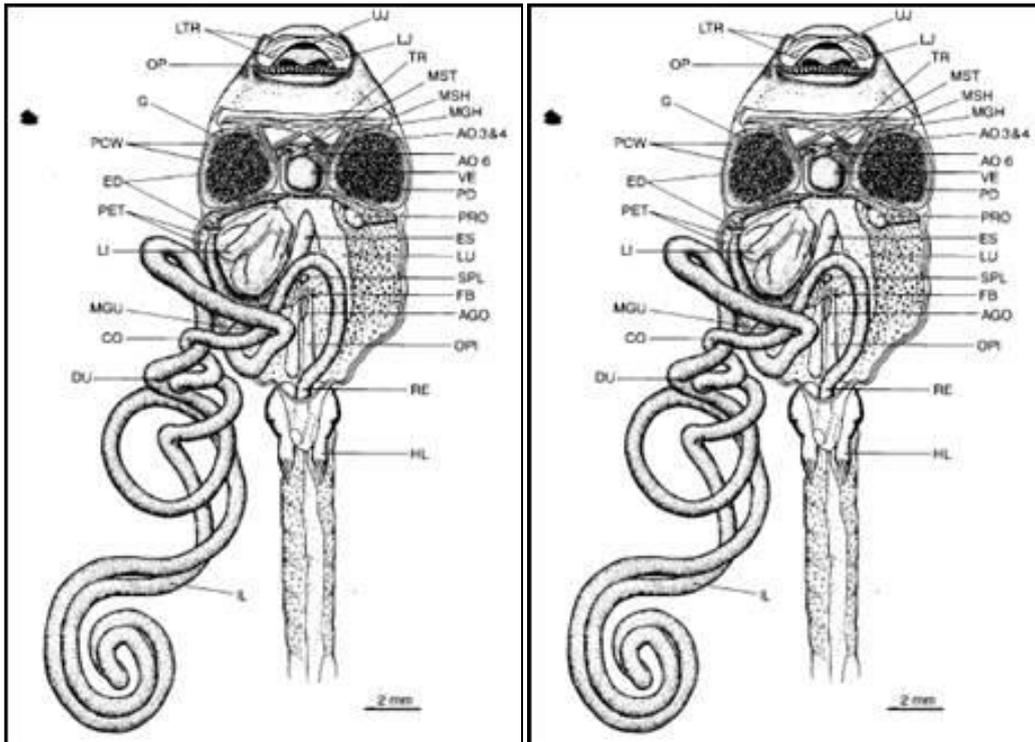
**Figura 7.** Índice de Gosner (1960) utilizado para determinar los estadios del desarrollo larvario de *Spea multiplicata* en Zaachila, Oaxaca.





## Apéndice B

Figura 10.-Esquema general del tracto digestivo de una larva de anuro.



ACI = aorta carótida interna, AFP = anlage de placas de filtro, AFPC = anlage del pliegue epidérmico de la cámara peribranchial (primordio del opérculo), AGO = anlage de las gónadas, AL = labio anterior, AO + números = arcos aórticos (3, 4, y 6, este último es la arteria pulmonar), AOC = arteria coronaria, APOP = anlage de la papila postnarial, ETA = anlage del tubo de Eustaquio, ATEG = anlage de las branquias epidérmicas transitorias, BI-BN = arcos branquiales I-IV, BA = bulbo arterioso, BAR = barbos, BC= cavidad bucal, BFA (negro línea discontinua) = arena piso bucal, BFAP = piso de las papilas bucales o pustulaciones (más corta que dos veces el diámetro de la base), BP = bolsillo bucal, BRA= techo bucal, BRAP = techo bucal de la pupila, CC = cojín ciliar, CE = cerebro, CG= surco ciliar, CH = coanas, CHY = ceratohial, CO = colon, CR = tejido conectivo, DU = duodeno, DV = velo dorsal, DVI-DVIII = velum dorsal I-III, EP = epidermis, ES = esófago, EIZ = ectodérmica endodérmico de transición, EY = cuerpo del ojo, cuerpo FB = grasa, FL = extremidad anterior, FP = placa de filtro, FPC = cámara peribranchial epidérmica (opérculo), FPIFPN = Placas de filtro I-IV, G = enmalle, GL = glotis, GM = enmalle hendidura con números, GZ = zona glandular, HL = extremidad posterior, HM = hioideo y músculos mandibulares, HP = placa hipobranquial, HY = hioides arco, IL = hueso ilíaco, EN = placa internasal, IP = papilas infralabiales, LA = aurícula izquierda, LFP = placa de filtro lateral, LI = hígado, LJ = mandíbula inferior, LP = papilas linguales, LRP = papilas del canto lateral, LTR = fila de dientes labiales, LU = pulmón, MA =arco mandibular, MG = glandulare de manicotto, MGH = musculo geniohioideo, MGU =intestino medio, MLB = musculo del elevador branquial, MNG = muesca medial del glotis superior, MR = canto medial, MSH = musculo subhioideo, MST = musculo esternohioideo, MT = musculo transverso, NA = narinas externas, NVP = proyección de la válvula narial, OC = cavidad oral, OP =papilas orales, OPI = opistonefros, OS = boca, P = páncreas, PAP = postulaciones del área prenarial, PCW = pared peribranchial, PD = pericardio, PET = peritoneo, PL = labio posterior, PONA = área postnarial, POP = papilas postnariales, ARNp = área prenarial, PRO = pronefros, PRP = papilas prenariales, RA = atrio derecho, RE = recto, SC = células secretoras, SPL = bazo, SPM = espiráculo, ST = estomodeum, SU = spiculum de la placa hipobranquial, TA = anlage de la lengua, TEG = branquias epidérmicas transitorias, TF = aleta caudal, A = tracto olfatorio, TR = tronco arterioso, UJ = mandíbula superior, VA = arco visceral, con numeral, VE = ventrículo, VJE = vena yugular externa, VP = papilas prevelares, y VV = velo ventral.

## Apéndice C

**Tabla 1.**-Figuras geométricas y formulas aplicadas a los elementos principales para obtener el volumen.

Elemento principal	Forma geométrica	Fórmula para el volumen
<i>Closterium</i> sp.	Pirámide	$V=(B*h)*2/3$ B=base h=altura Nota: se multiplicó por dos al ser considerado como doble pirámide. $V=b*a*c$ b=base a=altura c=profundidad
<i>Fragilaria</i> sp.	Ortoedro	$V=\pi*r^2*h$ $\pi=Pi$ r=radio h=altura
<i>Oscillatoria</i> sp. y Tejido vegetal	Cilíndrica	$V=3/4\pi*1/2l*1/2a^2$ $\pi=Pi$ l=largo a=anchura
<i>Amphora</i> sp. y <i>Euglena</i> sp.	Esferoide prolato	$V=4/3*\pi*a^2*b$ $\pi=Pi$ b=largo a=anchura
<i>Trachelomonas</i> sp. y <i>Phacus</i> sp.	Ovoide	$V=4/3*\pi*r^3$ $\pi=Pi$ r=radio
<i>Eudorina</i> sp. y Quiste	Esfera	
Detritus	Cilíndrica, esfera, ovoide u ortoedro	Se aplicaron las formulas anteriores

## Apéndice D

**Tabla 7.-**Deferencias estadísticas entre las pozas que albergaron a *Spea multiplicata* y *Hyla euphorbiacea*.

Variable	Hábitat de				Prueba de t, suponiendo varianzas iguales	
	<i>Spea multiplicata</i>		<i>Hyla euphorbiacea</i>		<i>t</i>	<i>p</i>
	media	varianza	media	varianza		
oxígeno disuelto	72.98	121.75	94.93	12.14	3.26	0.006
Porcentaje de saturación	6.01	1.09	7.56	1.14	2.08	0.03
Temperatura	25.45	57.66	26.32	39.88	-0.17	0.43
Conductividad	0.93	0.51	0.80	0.04	0.28	0.39
Sólidos totales	0.58	0.19	0.50	0.005	0.30	0.38
Salinidad	0.44	0.11	0.38	0.0031	0.31	0.38
ORP	179.68	4807.02	160.43	72.10	0.46	0.32
Amonio	0.60	0.37	0.32	0.09	0.71	0.24
Nitratos	0.07	0.01	0.01	8.9E-05	0.81	0.22
Ortofosfatos	0.31	0.02	0.167	0.04	1.27	0.12
Fósforo total	0.42	0.01	0.23	0.04	1.92	0.09
Fósforo orgánico	0.10	0.004	0.06	0.0006	1.06	0.32

## Apéndice E

**Tabla 13.-** Porcentajes de la abundancia (%N), frecuencia de ocurrencia (%FO) y volumen (%V) de los elementos que compusieron la dieta de *Spea multiplicata*.

Elementos	%N	%FO	%V
<b><i>Closterium</i> sp.</b>	<b>62.95</b>	<b>97.59</b>	<b>36.55</b>
<i>Trachelomonas</i> sp.	7.43	87.95	13.52
Detritus	4.98	65.06	31.05
<i>Eudorina</i> sp.	4.83	67.47	14.45
<i>Fragilaria</i> sp.	4.11	68.67	0.04
<i>Amphora</i> sp.	4.07	81.93	0.02
<i>Euglena</i> sp.	3.26	67.47	0.38
<i>Oscillatoria</i> sp.	2.46	51.81	0.08
<i>Phacus</i> sp.	2.34	85.54	0.73
Tejido vegetal	2.00	100.00	3.12
Quiste	1.58	65.06	0.05

## Apéndice F

**Tabla 9.-** Lista taxonómica de microalgas y zooplancton.

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Genero</b>
Conjugatophyceae (Zygnematophyceae)	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp.
Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i> sp. <i>Euglena</i> sp. <i>Strombomonas</i> sp.
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Phacaceae	<i>Phacus</i> sp.
		Volvocaceae	<i>Eudorina</i> sp.
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.
	Tralassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp.
Cyanophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.
	Oscillatoriales	Oscillatoriophyceae	<i>Oscillatoria</i> sp.
		Microcoleaceae	<i>Arthrospira</i> sp.
	Nostocales	Stigonemataceae	<i>Stigonema</i> sp.
	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.
Ulvophyceae	Synechococcales	Romeriaceae	<i>Romeria</i> sp.
	Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i> sp.
	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Rhizoclonium</i> sp.
Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Genero</b>
Hyprotrichea	Euplotida	Euplotidae	<i>Euplotes</i> sp.
Monogononta	Ploimida	Brachionidae	<i>Brachionus</i> sp.

## Apéndice G

Fotografías de los 11 elementos importantes de la dieta de *Spea multiplicata*.



*Closterium* sp. (10X) 2.72  $\mu\text{m}$



*Trachelomonas* sp. (40X) 0.79  $\mu\text{m}$



Detritus. (10X)



*Eudorina* sp. (40X) 0.83  $\mu\text{m}$



*Fragilaria* sp. (40X) 0.62  $\mu$ m



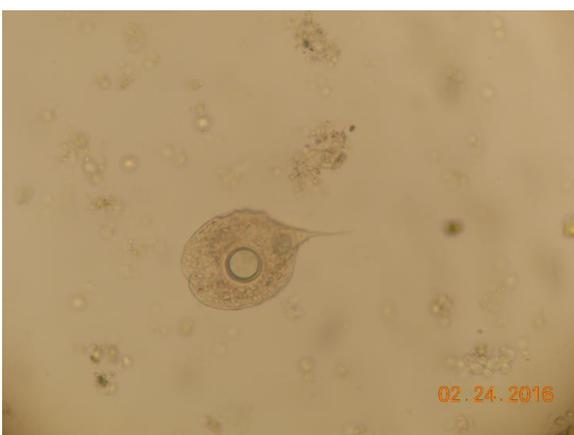
*Amphora* sp. (40X) 0.52  $\mu$ m



*Euglena* sp. (40X) 0.733  $\mu$ m



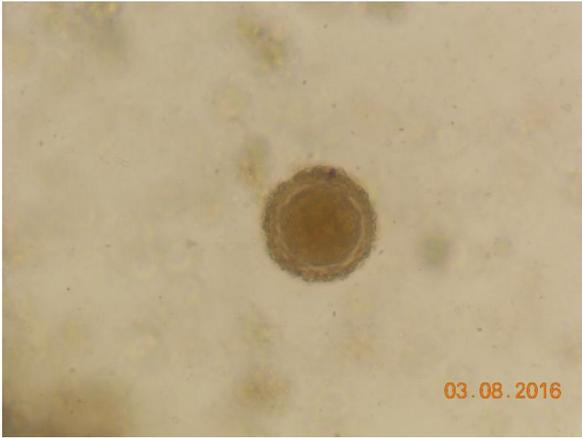
*Oscillatoria* sp. (40X) 1.96  $\mu$ m



*Phacus* sp. (40X) 0.48  $\mu$ m



Tejido vegetal. (10X)



Quiste (10X) 0.18  $\mu\text{m}$



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00159

Matrícula: 2143800740

ECOLOGÍA ALIMENTARIA DE *Spea multiplicata* (Anura: Scaphiropodidae) DURANTE SU DESARROLLO LARVARIO.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 14:00 horas del día 10 del mes de octubre del año 2017 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. MARIA DEL ROCIO TORRES ALVARADO  
DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ  
DR. JUAN CARLOS LOPEZ VIDAL  
DR. ABEL SENTIES GRANADOS




JANET ELIZABETH OSNAYA BECERRIL  
ALUMNA

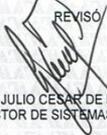
Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN BIOLOGIA  
DE: JANET ELIZABETH OSNAYA BECERRIL

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

REVISÓ



LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI  
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS



DRA. EDITH PONCE ALCICIRA

PRESIDENTA



DRA. MARIA DEL ROCIO TORRES ALVARADO

VOCAL



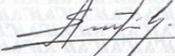
DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ

VOCAL



DR. JUAN CARLOS LOPEZ VIDAL

SECRETARIO



DR. ABEL SENTIES GRANADOS