



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DEL SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN

Manejo reproductivo de *Ambystoma mexicanum* para su conservación *ex situ*

QUE PRESENTA LA ALUMNA

GABRIELA BARBOSA RAMÍREZ

Matrícula
2152043520

ASESORES

Dra. Gabriela Vázquez Silva-(No. Eco. 30288)
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, UAM -X

M. en C. Germán Castro Mejía (No. Eco. 23759)
Laboratorio de Producción de Alimento vivo, UAM-X

Ciudad de México

Noviembre, 2022.

RESUMEN

El proyecto de investigación se orienta hacia la conservación y manejo de fauna endémica del país con especial atención en aquellas especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo a nivel nacional. Una de ellas es el emblemático anfibio del género *Ambystoma* que está constituido por 33 especies descritas de las cuales 16 especies son endémicas y 15 de ellas se encuentran enlistadas dentro de la NOM-059-ECOL- SEMARNAT. Estos anfibios urodelos habitan en lagos y arroyos, donde las características propias de estos cuerpos de agua les han permitido adecuarse exclusivamente a ciertos sitios; sin embargo el remanente del antiguo Lago de Xochimilco ha sufrido una notable reducción y los canales están fuertemente eutrofizados, por otro lado la introducción de peces exóticos invasores también han ocasionado una drástica reducción en el número de individuos en estado silvestre. Por esta razón, se han realizado diversos esfuerzos emprendidos por distintos grupos académicos como la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, CIBAC-UAM y la Universidad Nacional Autónoma de México, entre otros, preocupados en recuperar las poblaciones naturales del ajolote mexicano, que han consistido desde la rehabilitación de canales para lograr la reintroducción de esta especie hasta el mantenimiento de colonias de ajolotes en cautiverio.

El servicio social se desarrolló en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, el cual apoyó la investigación en el ámbito de la reproducción en cautiverio del ajolote *Ambystoma mexicanum*, coadyuvando en la alimentación y mantenimiento de las colonias a fin de contribuir con la conservación de esta especie en riesgo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	<u>MARCO INSTITUCIONAL</u>	4
II.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	4
III.	<u>ANTECEDENTES DEL PROYECTO DEL SERVICIO SOCIAL</u>	6
IV.	<u>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</u>	6
V.	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	7
VI.	<u>ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES</u>	7
VII.	<u>IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL</u>	10
VIII.	<u>APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS</u>	11
IX.	<u>FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES</u>	14
X.	<u>REFERENCIAS</u>	15

I. MARCO INSTITUCIONAL

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco tiene como objetivo la contribución al conocimiento para el servicio y desarrollo social con el fin de construir una sociedad responsable ante el medio ambiente, justa y equitativa, mediante la formación de recursos humanos que sean capaces de realizar actividades científicas para desarrollar con un enfoque multidisciplinario y estrategias en el manejo de los recursos naturales.

En este sentido la línea de investigación del Proyecto “Limnobiología y aspectos acuícolas de la Zona Lacustre de Xochimilco, Ciudad de México”, se orienta hacia la conservación y manejo de fauna endémica del país con especial atención en aquellas especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo a nivel nacional e internacional, por lo que el servidor social se integra en actividades relacionadas a la educación ambiental mediante la valoración de la fauna y flora silvestre, así como, de los agrosistemas tradicionales prehispánicos, donde el alumno tiene la oportunidad de aplicar sus conocimientos y adquirir experiencia en la difusión de la información científica, con el fin de contribuir en la conservación de las especies nativas.

II. INTRODUCCIÓN

El género *Ambystoma* está constituido por 33 especies descritas, las cuales se distribuyen en Norteamérica desde el suroeste de Alaska y sur de Canadá, hasta el Altiplano Mexicano. En el caso particular de México se encuentran 17 especies distribuidas en el noreste y centro del país; de éstas, 16 son endémicas, lo que representa más del 85% del total de especies de *Ambystoma* spp que habitan en México (Parra-Olea *et al.*, 2014).

De las 16 especies endémicas, 15 se encuentran listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en alguna categoría de riesgo (DOF, 2010), tres están

clasificadas como amenazadas (A) y las doce restantes como sujetas a protección especial (Pr). Estas habitan en lagos y arroyos, donde las características propias de estos cuerpos de agua les han permitido adecuarse exclusivamente a ciertos sitios, lo cual los hace más vulnerables y por ende han sufrido una notoria disminución de sus poblaciones, principalmente debido a factores relacionados a la modificación de su hábitat, contaminación de ríos y lagos e introducción de especies exóticas invasoras (Flores-Villela, 1993; SEMARNAT, 2018).

En Xochimilco, los canales están fuertemente eutrofizados por las aguas residuales, residuos sólidos urbanos y por contaminantes producto de actividades agrícolas o industriales. Otra amenaza de los ajolotes es la invasión de especies exóticas en los canales de Xochimilco, tanto de vegetación acuática como de peces exóticos como carpas y tilapias (Carrillo, 2016). También existe extracción no supervisada por parte de pescadores, para su posterior consumo o comercialización para la elaboración de remedios tradicionales (SEMARNAT, 2018). Esta situación ha ocasionado una drástica reducción en el número de individuos en estado silvestre presentes en los distintos canales de Xochimilco. Por esta razón, se ha realizado diversos esfuerzos emprendidos por distintos grupos académicos como la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, CIBAC y la Universidad Nacional Autónoma de México, entre otros, preocupados en recuperar las poblaciones naturales del ajolote mexicano, que han consistido desde la rehabilitación de canales para lograr la reintroducción de esta especie hasta el mantenimiento de colonias de ajolotes en cautiverio.

Para los antiguos pobladores del Valle de México, el ajolote era un anfibio de gran importancia, ya que se le consideraba un símbolo religioso que evocaba la deidad Xólotl, además era utilizado como una componente de la medicina tradicional y un ingrediente de la gastronomía mexicana, es así como desde tiempo inmemorial, el ajolote o axolotl representó una fuente de proteínas para los habitantes del Valle de México (Valiente *et al.*, 2010). Hasta hace algunas décadas frecuentemente se

comercializaban ajolotes, principalmente en los mercados de Xochimilco y en otras localidades pequeñas del centro de México, en donde se vendían vivos o cocinados, actualmente es menos frecuente este tipo de comercio (Casas *et al.*, 2003; Molina, 2010). Por todo lo anterior, resulta de gran importancia el mantenimiento de colonias en cautiverio como una estrategia de conservación *ex situ* en tanto no existan las condiciones adecuadas en su medio natural para una repoblación.

III. ANTECEDENTES DEL PROYECTO DEL SERVICIO SOCIAL

En el laboratorio de Limnología y Acuicultura de la UAM Xochimilco se han mantenido colonias de organismos acuáticos en riesgo y ha sido un espacio donde los alumnos de licenciatura en Biología y afines, maestría y doctorado han podido desarrollar actividades e investigaciones de carácter científico con énfasis en la generación conocimiento, conservación, mantenimiento de la colecciones biológicas y al manejo de la fauna silvestre de la zona lacustre de Xochimilco, esto se refleja en numerosos trabajos, con reportes de servicio social por investigación y prácticas relacionadas a la profesión y tesis de posgrado.

IV. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El servicio social se desarrolló en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco ubicada en Calzada del Hueso 1100, Coapa, Villa Quietud, Coyoacán, 04960 Ciudad de México, CDMX. En el laboratorio de Limnobiología y Acuicultura está ubicado en la planta baja del edificio W2 de la UAM-Xochimilco.

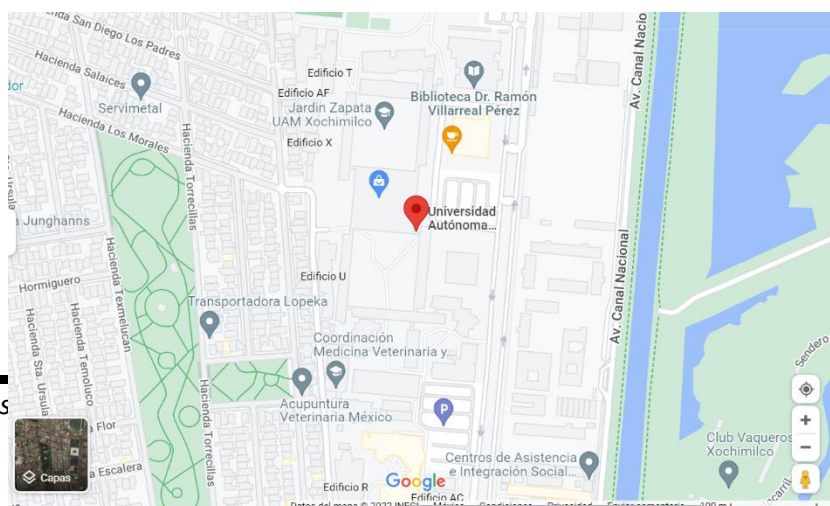


Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.



Figura 2. Plano de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

V. OBJETIVO GENERAL

Apoyar la investigación en el ámbito de la reproducción en cautiverio del ajolote *Ambystoma mexicanum*, coadyuvando en la alimentación y mantenimiento de las colonias del laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, a fin de contribuir en la conservación de esta especie en riesgo.

VI. ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

- Sexado de los organismos

Se realizó el sexado de organismos adultos y la selección de éstos para su reproducción. En ejemplares con un año, se revisaron las características propias del sexo de los ajolotes, como abultamiento de la zona cloacal en el caso de machos y ensanchamiento de abdomen y cloaca plana en hembras en el caso de individuos que no se encuentran en reproducción (Mena y Servín, 2014).

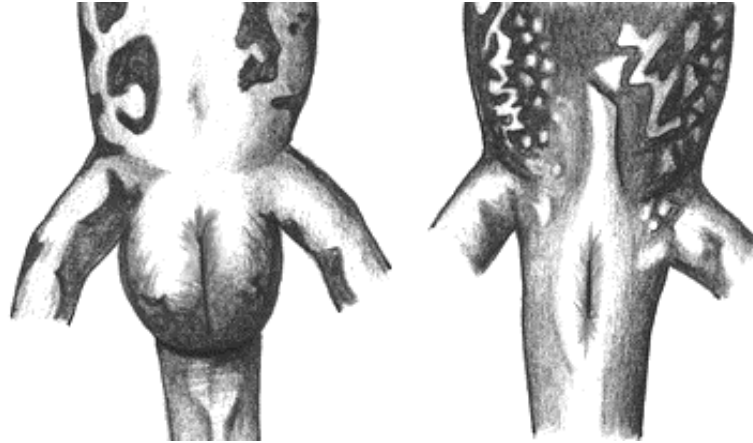


Figura 3. Esquema que muestra un macho (izquierda) y una hembra (derecha) Urodelo (Tomado de Kühnel *et al.*, 2010).

- **Biometrías de los organismos**

Se realizaron biometrías que consisten en la toma de peso, longitud total (LT), longitud hocico-cloaca (LCH) de los ajolotes adultos para tener el seguimiento de la ganancia de peso o cambios en el incremento de talla durante la reproducción.

- **Evaluación del crecimiento del ajolote**

Para la determinación del crecimiento de los organismos se tomó la longitud total (LT) (hocico a cauda) y longitud hocico-cloaca con un ictiómetro (45 cm). Para la determinación del peso de los organismos, se registró el peso húmedo de los organismos con una balanza digital OHAUS®.

- **Alimentación de los ajolotes**

Se administró alimento a las colonias de ajolotes de acuerdo con la tasa de alimentación calculada por biomasa en cada unidad experimental. La tasa de alimentación se suministró a un 10 % conforme a la biomasa total por unidad experimental (Pérez, 2005).

- **Análisis de datos**

- Se obtuvo la tasa específica de crecimiento (TEC) (Wootton, 1991), a partir de la siguiente expresión:

$$TEC = \frac{\ln Pf - \ln Pi}{tiempo} * 100$$

Donde:

Pi= peso inicial en un periodo de tiempo en días
Pf= peso final en un periodo de tiempo en días
Tiempo= tiempo transcurrido del estudio

Se obtuvo la ganancia de peso (Moreno *et al.*, 2000) a partir de la fórmula:

$$\Delta peso = peso final - peso inicial$$

Dónde:

P= Peso

LT= Longitud total.

- Se realizó un registro de supervivencia (S %) a partir de la fórmula (Vinchira *et al.*, 2014):

$$S (\%) = \frac{\text{Número de ajolotes final}}{\text{Número de ajolotes inicial}} * 100$$

- Se registró en bitácora y bases de datos las mediciones periódicas que se les realizó a los ajolotes que. Todos los registros fueron ingresados a una base de datos en el programa Excel.

- **Registro de parámetros fisicoquímicos**

Se hizo un registro quincenal de los parámetros fisicoquímicos (pH, nitratos, nitritos, amonio y temperatura) del agua con el fin de mantener en óptimas condiciones la calidad del agua de los ajolotes de la siguiente manera:

- Para la determinación de pH se ocupó un potenciómetro Cheker Hanna Hi98103, el cual se colocó en las muestras de agua correspondientes.
- Los nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_3^+) se calcularon mediante pruebas colorimétricas Nutrafin®.
- Se realizaron mantenimientos del agua de las colonias con el fin de mantener las condiciones óptimas del medio donde se desarrollarán los ajolotes. Los recambios de agua se hicieron una vez a la semana bajando a un 40 % de agua con un sifón, cada tina será limpiada, quitando el exceso de desechos para evitar enfermedades, así mismo se mantuvieron con aireación constante y serán llenadas con agua libre de cloro.

- **Depuración del gusano *Tubifex tubifex***

Finalmente se apoyó en la depuración de bacterias del gusano *Tubifex tubifex*, se lavó con agua corriente diariamente para vaciar el contenido del sistema digestivo y fue colocado en tinas de 60 L de capacidad y con una aireación constante, para su posterior depuración agregando 2 L de microalga (*Chlorella vulgaris*) (Vázquez-Silva *et al.*, 2016).

VII. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL

El conjunto de actividades adquiridas en el servicio social aportó la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades en mi ámbito profesional, como el manejo de

la fauna silvestre, conservación de especies, análisis del crecimiento de organismos, análisis de la calidad del agua y la experiencia de realizar el reporte final del servicio social, con el fin de ayudar en las investigaciones actuales y futuras del laboratorio.

También me permitió conocer la realidad del manejo de los recursos naturales a partir de un enfoque científico y metodológico permitiéndome la resolución de problemas, así como la valoración de estos.

VIII. APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS

- **Reconocimiento de organismos por sexo**

En el sexado de los organismos de la colonia de *Ambystoma mexicanum* se identificaron 48 hembras, las cuales representan el 68% de la población y 22 machos, representan el 32 % de la población, teniendo un total 70 organismos. Con el reconocimiento de los organismos por sexo obtuve la habilidad de notar las diferencias morfológicas de los organismos y hacerlo de manera adecuada tiene gran relevancia para la reproducción y conservación de la especie.

- **Biometrías de los organismos**

En la tabla 1 se pueden observar las biometrías de los organismos de las mediciones iniciales y finales con un promedio de LT, LHC y del peso. Para las mediciones iniciales el promedio del peso de las hembras fue de 77.54 g, en el caso de los machos el peso promedio fue de 75.61 g, para el promedio de la longitud total de la hembra fue de 22.53 cm, en el caso de los machos el promedio de su longitud total fue de 24.08 cm. Finalmente, la longitud hocico-cloaca, el promedio para las hembras fue de 12.61 cm, en el caso de los machos el promedio fue de 12.73 cm. Por lo tanto, podemos observar que las hembras tuvieron un peso mayor en comparación al peso de los machos, sin embargo, los machos tuvieron una longitud total y longitud hocico-cloaca mayor que las hembras.

En el caso de las mediciones finales, el promedio de LT y LHC fue el mismo. El promedio de peso para las hembras fue de 73.29 g y para los machos fue de 81.74 g. En la comparación los registros del peso, se observa que el promedio del peso para los machos incrementa y en el caso de las hembras se reduce. Cabe señalar que con la realización de las biometrías de los organismos, adquirí un mejor manejo de los animales, conocimiento e identificación de sus extremidades y un monitoreo de su crecimiento.

Tabla 1. Biometrías iniciales y finales del ajolote *Ambystoma mexicanum*.

Tiempo	Organismos	Número de organismos	Promedio de LT (cm)	Promedio de LHC (cm)	Promedio del peso (g)
Mediciones Iniciales	Hembras	48	22.53	12.61	77.54
	Machos	22	24.08	12.73	75.61
Mediciones finales	Hembras	48	22.53	12.61	73.29
	Machos	22	24.08	12.73	81.74

- **Análisis de datos**

1. **Tasa específica de crecimiento (TEC)**

En la tabla 2 se puede observar la Tasa de Crecimiento Específica para *Ambystoma mexicanum*, donde se obtuvo una tasa de crecimiento de 20.4 para los machos y en el caso de las hembras hubo un decremento de -14.2

Tabla 2. Tasa Específica de Crecimiento (TEC) del ajolote *Ambystoma mexicanum*.

Organismo	LN peso final	LN peso inicial	TEC (g)
Hembras	4.3	4.4	-14.2
Machos	4.4	4.3	20.4

2. Ganancia de peso

En la tabla 3, se observa la ganancia de peso de cada organismo, en el caso de los machos hubo una ganancia de peso del 6.13 y en el caso de las hembras hubo un decremento de peso de -4.25.

Tabla 3. Ganancia de peso del *Ambystoma mexicanum*.

Organismo	Peso final (g)	Peso inicial (g)	Ganancia de peso
Hembras	73.29	77.54	-4.25
Machos	81.74	75.61	6.13

3. Supervivencia

La supervivencia de los ejemplares fue del S (%) = 100 %

- **Registro de parámetros fisicoquímicos**

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos de pH, temperatura (°C), amonio (mg/L), nitritos (mg/L) y nitratos (mg/L) en dos diferentes periodos: Inicial y final y finalmente una comparación con los valores óptimos establecidos por Mena y Servín (2014) donde se puede observar la calidad del agua está acondicionada con los parámetros fisicoquímicos establecidos para el mantenimiento en cautiverio de la especie.

Con el registro de los parámetros fisicoquímicos aprendí la importancia de tener un registro de los mismos para conocer la calidad del agua y prevenir la susceptibilidad de los organismos a enfermarse, por una mala calidad de la misma.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos.

Periodo	pH	Temperatura °C	Amonio (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)
Inicial	7.2	20.3	0.007	0.15	1.4
Intermedio	7.2	20.8	0.001	0.03	1.2

Desviación estándar	0.06	0.40	0.00	0.08	0.16
Óptimo*	6.5-8	10-18	0	> 3	No disponible

* Mena, G. H. y E. Z. Servín. 2014. Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Laboratorio de restauración ecológica IB UNAM.

IX. FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco se construye con una nueva forma de concebir la función de la universidad en la sociedad y a partir de una reordenación del conocimiento, postulados que le son esenciales al sistema modular, donde se organiza la enseñanza con base en problemas de la realidad, donde éstos se convierten en objetos de estudio, conocidos como objetos de transformación, los cuales se abordan de una forma interdisciplinaria y mediante la investigación científica (Arbesú, 1996). Por lo tanto, en el presente proyecto se aborda como objeto de estudio al ajolote mexicano *Ambystoma mexicanum*, el cual es una de las especies de anfibios más importantes para México y para el mundo por diversas razones, siendo las dos más importantes: el riesgo de extinción en el que se encuentra y los usos en las ciencias biomédicas por sus características de regeneración. El mantenimiento de colonias en cautiverio es una de las herramientas que se emplean para la conservación *ex situ*, dadas las bajas poblaciones en su medio natural. Por lo cual, es importante continuar con el estudio de diferentes aspectos de su ciclo biológico como la reproducción, alimentación, crianza y registro de parámetros fisicoquímicos para mantener la calidad del agua en su cultivo. Por otro lado, continuar con el mantenimiento de colonias de este anfibio en el laboratorio Limnobiología y Acuicultura permitirá el desarrollo de futuras investigaciones por alumnos de licenciatura y posgrado, así como apoyar proyectos de reintroducción en los canales y humedales de Xochimilco.

X. REFERENCIAS

Arbesú, M. I. 1996. El sistema modular Xochimilco. En: Arbesú, M. I. y Berruecos, L. (coordinadores y editores). *El sistema modular en la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana*. México. UAM-Xochimilco, 9-25.

Carrillo, I. 2016. Un dios en peligro de extinción. National Geographic en español. 39, 82-99

Casas, G., R. Cruz, X. Aguilar. 2003. Un regalo poco conocido de México para el mundo: el ajolote o axolotl (*Ambystoma*: Caudata: Amphibia) con algunas notas sobre la crítica situación de sus poblaciones. *Ciencia ergo sum*. 10-3, 304-308.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. Norma Oficial Mexicana: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo.

Kühnel, S., Reinhard, S., y Kupfer, A. 2010. Evolutionary reproductive morphology of amphibians: an overview. *Bonn Zoological Bulletin*, 2, 119-126.

Mena, G. H. y E. Z. Servín. 2014. Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Laboratorio de restauración ecológica IB UNAM.

Molina, V.A. 2010. El ajolote de Xochimilco. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, 54-59.

Moreno, M. J., J. G. Hernández, R. Rovero, A. Tablante y L. Rangel. 2000. Alimentación de tilapia con raciones parciales de cascara de naranja. *CyTA*. 3, 29-33.

Parra, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 460-466.

Pérez, G. R. M. 2005. Actividad antimicrobiana de ácidos grasos aislados de *Tubifex tubifex*. *Rev Mex Cienc Farm.* 36, 5-10.

SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma* spp, SEMARNAT/CONANP, México.

Valiente, C.E., A. Tovar., G. Homan., D. Eslava-Sandoval y L. Zambrano. 2010. Creating Refuges for the Axolotl (*Ambystoma mexicanum*), *Ecological Restoration.* 28, 257-259

Vázquez-Silva G, Molina-Delgado K, Medina Mejía G, Orocio Alcántara N, Arana Magallón FC .2016. Depuración de enterobacterias en *Tubifex tubifex* por efecto de la microalga *Chlorella vulgaris*. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, Suplemento 3,57-64

Vinchira, J. E., G.A. Wills, A.P. Muñoz. 2014. Desempeño productivo, Composición y Biodisponibilidad relativa de Selenio en Tilapia Nilotica (*Oreochromis niloticus*) suplementada con Selenio orgánico e inorgánico. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.* 2,186-202.

Wootton, R. F. 1991. *Ecology of Teleost Fishes, Fish and Fisheries.* University College of Wales, Aberystwyt