



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE HIDROBIOLOGÍA

PLANTA EXPERIMENTAL DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

Análisis experimental del efecto de la calidad del agua del Lago Metztitlán, Hidalgo, sobre la sobrevivencia de huevos y eleuteroembriones y el crecimiento de juveniles de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes, 1835).

Tutores

Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre (UAM-Iztapalapa)

Dr. José Luis Arredondo Figueroa (UAM-Iztapalapa)

Asesores

M. en B. E. Antonio Rodríguez Canto (UAM-Iztapalapa)

M. en C. Gerardo Figueroa Lucero (IPN).

Presenta

Laura Georgina Núñez García

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

Alimentación

Reproducción

Cultivo

ANTECEDENTES

Distribución.

Taxonomía y descripción de la especie.

Cultivo.

ÁREA DE ESTUDIO

JUSTIFICACIÓN

HIPÓTESIS

OBJETIVOS

METODOLOGÍA

Colecta y aclimatación del zooplancton.

Identificación del zooplancton.

Cultivo de zooplancton.

Rotíferos.

Copépodos.

Cladóceros.

Bioensayo de sobrevivencia con huevos de *C. humboldtianum*.

Bioensayo de sobrevivencia con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.

Bioensayo de sobrevivencia con juveniles de *C. humboldtianum*.

Bioensayo de alimentación con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.

Caracterización fisicoquímica del agua del Lago de Metztitlán Hidalgo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Colecta y aclimatación del zooplancton.

Identificación del zooplancton.

Cultivo de zooplancton.

Rotíferos.

Copépodos.

Cladóceros.

Bioensayo de sobrevivencia con huevos de *C. humboldtianum*.

Bioensayo de sobrevivencia con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.

Bioensayo de sobrevivencia con juveniles de *C. humboldtianum*.

Bioensayo de alimentación con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.

Caracterización fisicoquímica del agua del Lago de Metztitlán Hidalgo.

CONCLUSIONES

LITERATURA CITADA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar adulto del pescado blanco (*Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes 1835).

Figura 2. Localización del Lago de Metztitlán, Hidalgo (Juárez, 2001).

Figura 3. Contenedores de fibra de vidrio con capacidad de 1m³.

Figura 4. Sistema de cultivo de rotíferos.

Figura 5. Sistema de cultivo de copépodos.

Figura 6. Sistema de cultivo de *Chlorella sp.*

Figura 7. Recipientes utilizados en bioensayos con huevos y eleuteroembriones.

Figura 8. Sistema de recirculación cerrado.

Figura 9. Anestesia de juveniles.

Figura 10. Pesado de juveniles.

Figura 11. Medición de juveniles.

Figura 12. Recuperación.

Figura 13. *Daphnia sp.* (cladócono) colectado en el Lago de Metztitlán, Hgo.

Figura 14. *Keratella sp.* (rotífero) colectado en el Lago de Metztitlán, Hgo.

Figura 15. Ciclo de vida del copépodo *Leptodiaptomus novamexicanus*.

Figura 16. Huevo de *C. humboldtianum* de 48 h. de fertilizado.

Figura 17. Huevo de *C. humboldtianum* de 96 h. de fertilizado.

Figura 18. Diagrama de cajas de densidad-longitud en agua de la PExPA en el bioensayo con juveniles.

Figura 19. Diagrama de cajas de densidad-longitud en agua del Lago de Metztitlán en el bioensayo con juveniles.

Figura 20. Diagrama de cajas de densidad-peso en agua de la PExPA en el bioensayo con juveniles.

Figura 21. Diagrama de cajas de densidad-peso en agua del Lago de Metztitlán en bioensayo con juveniles.

Figura 22. Diagrama de cajas de comparación de los dos tipos de agua en el bioensayo con juveniles.

Figura 23. Tamaño de peces alo largo del bioensayo con juveniles.

Figura 24. Diagrama de cajas de las medias de temperatura en el bioensayo con huevos.

Figura 25. Diagrama de cajas de las medias de concentración de oxígeno en el bioensayo con huevos.

Figura 26. Diagrama de cajas de las medias de pH en el bioensayo con huevos.

Figura 27. Diagrama de cajas de las medias de temperatura en el bioensayo con eleuteroembriones.

Figura 28. Diagrama de cajas de las medias de concentración de oxígeno en el bioensayo con eleuteroembriones.

Figura 29. Diagrama de cajas de las medias de pH en el bioensayo con eleuteroembriones.

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Fechas y condiciones físicas de los muestreos realizados en el Lago de Metztitlán, Hidalgo.
- Tabla 2. Dietas utilizadas en el bioensayo de alimentación de eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.
- Tabla 3. Densidades de zooplancton de colectas del Lago de Metztitlán, Hidalgo.
- Tabla 4. Densidades de copépodos alcanzadas con diferentes dietas.
- Tabla 5. Porcentaje de sobrevivencia de huevos de *C. humboldtianum* a las 96 h.
- Tabla 6. Porcentaje de sobrevivencia de eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.
- Tabla 7. Porcentaje de sobrevivencia de juveniles de *C. humboldtianum*.
- Tabla 8. Valores promedio de temperaturas del agua registrados en °C durante el bioensayo con huevos de *C. humboldtianum*.
- Tabla 9. Valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto del agua en mg/L registrados durante el bioensayo con huevos de *C. humboldtianum*.
- Tabla 10. Valores promedio del pH del agua registrados durante el bioensayo con huevos de *C. humboldtianum*.
- Tabla 11. Valores promedio de temperaturas del agua registrados en °C durante el bioensayo con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.
- Tabla 12. Valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto del agua en mg/L registrados durante el bioensayo con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.
- Tabla 13. Valores promedio del agua registrados durante el bioensayo con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.
- Tabla 14. Valores promedio de los parámetros físico químicos registrados durante el bioensayo con juveniles de *C. humboldtianum*.

INTRODUCCIÓN

El género *Chirostoma* pertenece a la familia de los aterinópsidos, es endémico de México y está representado por 18 especies y 6 subespecies distribuidas en la Meseta Central de México (Barbour, 1973a). Estos peces, son de gran interés socioeconómico y biológico por lo cual han sido considerados como representantes de la ictiofauna dulceacuícola de México, principalmente por los grupos étnicos establecidos en la mesa central sobre el Sistema Lerma- Santiago.

Los charales y peces blancos gozan de gran aceptación en la dieta del pueblo mexicano, debido a su carne blanca y suave con pocas espinas y a su exquisito sabor (Rosas, 1976). Desde la época prehispánica la especie ha sido cultivada y engordada para el consumo humano (López, 1991 y Escurra 1996, *fide*: Paulo-Maya *et al.*, 2000) por lo que de acuerdo a sus características ecológicas podría sostener fuertes pesquerías y tener un gran potencial piscícola en México, por lo cual su cultivo es de gran interés comercial (Moncayo *et al.*, 1983).

En los últimos tiempos los charales y peces blancos entre ellos *C. humboldtianum*, han visto reducidas sus poblaciones y en algunos casos han sido diezmados, como es el caso del Valle de México (Barbour, 1973 b), como consecuencia de las actividades humanas, tales como la modificación y pérdida del hábitat natural, contaminación de los cuerpos de agua, introducción de especies exóticas y la sobrepesca entre otros.

En la actualidad existe una gran preocupación en el país por los ambientes acuáticos continentales de México ya que estos se han ido, por lo cual se contempla la posibilidad de realizar repoblamiento o introducciones de especies endémicas con la intención de recuperar la ictiofauna original.

Debido al fuerte impacto antropogénico sobre los sitios de distribución y la disminución del recurso es necesario realizar estudios sobre biología básica que determinen la potencialidad de su cultivo, así como una base para la conservación la cual puede

obtenerse de la práctica acuícola, que derive en biotecnología para su cultivo y explotación racional.

En el Lago de Metztitlán, Hidalgo, se han realizado algunas investigaciones las cuales han permitido establecer que existe una parte de la cadena trófica aparentemente no aprovechada por lo cual se pensó en *C. humboldtianum* para ser introducido ya que esta especie se alimenta de zooplancton en sus primeras etapas de crecimiento, sin embargo para obtener un mejor panorama del Lago de Metztitlán es necesario realizar estudios sobre aspectos de impacto, contaminación y pesquerías que aborden el mejoramiento de la productividad del sistema. Por tal motivo la presente investigación tiene como finalidad aportar conocimientos sobre los efectos de la calidad del agua del Lago de Metztitlán sobre el desarrollo y crecimiento de *C. humboldtianum* en su desarrollo temprano con el objeto de una posible introducción en el Lago de Metztitlán y posteriormente en aguas de la Meseta Central de México promoviendo el cultivo y explotación racional del recurso.

MARCO TEÓRICO

Alimentación

C. humboldtianum en su medio natural es un consumidor secundario y diurno, ya que su alimentación se realiza en las horas luz, dado que usan la vista para localizar sus presas (Moncayo, 1996). El pez blanco presenta hábitos alimenticios zooplancófagos con tendencias al consumo de cladóceros, con variaciones durante el desarrollo ontogénico, pues en etapa larval consumen principalmente protozoarios y rotíferos, a medida que se desarrollan y pasan a la etapa de eleuteroembriones y juveniles su alimentación se basa principalmente en el consumo de zooplancton, específicamente de copépodos, incluyendo en su dieta organismos bentónicos como larvas de insectos y gasterópodos. En cambio en las tallas adultas (tallas superiores a 12 cm de longitud total), aunque el comportamiento alimenticio es similar, presentan tendencias a ser ictiófagos incorporando una mayor proporción de peces en su dieta, en ocasiones organismos de su propio género (Rosas, 1970, Suárez, *et al.*, 1998).

Figueroa- Lucero *et al.*, (1999), reporta el efecto de la dieta sobre la sobrevivencia y el peso de alevines de *C. humboldtianum* durante los primeros treinta días de vida, los resultados muestran que para esa etapa la combinación de rotíferos y *Artemia franciscana* proporciona un mayor incremento en peso.

Reproducción

Al igual que otras especies del género como *C. lucius* y *C. estor*, *C. humboldtianum* desova en las orillas de los cuerpos de agua, en áreas de poca profundidad con poco oleaje, buena oxigenación y abundante vegetación sumergida o entre las piedras, las cuales sirven como sustrato para la fijación de los huevos. La reproducción ocurre durante varios meses del año, de noviembre a mayo y de enero a agosto, aunque existen variaciones dependiendo de las características del cuerpo de agua en el que habite (Sánchez, 1992).

El proceso de reproducción empieza al liberar la hembra los ovocitos maduros, posteriormente el macho libera el semen que al entrar en contacto con el agua se activa incrementando su motilidad y fertilizando los ovocitos, (Sánchez, 1992; Sasso *et al.*, 1997).

Cultivo

Se han realizado estudios sobre el cultivo del pez blanco especialmente con *C. estor* desde la década de los setentas (Rosas, 1970.). Pero no es sino hasta finales de los noventas cuando se retoman los conocimientos y se llevan a cabo nuevas investigaciones, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Autónoma Metropolitana en las instalaciones de la Planta Experimental de Producción Acuícola (PExPA), y en el Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Estado de Michoacán.

Las investigaciones de los cultivos realizados por dichas instituciones han obtenido buenos resultados en cuanto a fases de incubación y alevinaje, aceptación de alimento balanceado, crecimiento en estanques rústicos, reproducción al año de edad y últimamente en la PExPA, logrando avances importantes sobre el efecto de ciclos estacionales artificialmente comprimidos aplicados a *C. humboldtianum* (Blancas, 2002).

C. humboldtianum, desde el punto de vista de la acuicultura, podría ser un candidato alternativo a *C. estor* para continuar y profundizar en los estudios que conduzcan al establecimiento de métodos que sustenten el cultivo del pez blanco y permitan rebasar la fase experimental (Paulo-Maya, 2000).

ANTECEDENTES

La biología de las especies del género *Chirostoma* se ha estudiado tomando en cuenta aspectos de reproducción, crecimiento y desarrollo como por ejemplo los trabajos de Rosas (1976), Méndez y Soto (1996), Paulo-Maya (2000) y Moncayo *et al.*, (1983) entre otros, dichos trabajos mencionan que el espectro trófico de las especies de este género, esta constituido por cladóceros, copépodos, insectos y plantas principalmente, y que pueden variar o no, en relación con: la talla, sexo y época del año, Algunos de los temas estudiados son los siguientes.

Distribución

Hasta la fecha se han realizado varios estudios sobre la distribución, De Buen de 1939 a 1944, Barbour (1973a) y Soto (1953) entre otros. Pero esta tarea se vuelve cada vez más difícil debido a la destrucción del hábitat, construcción de sistemas hidrológicos, así como siembras y repoblaciones realizadas por diferentes instituciones las cuales han afectado la permanencia de especies endémicas de cuerpos de aguas interiores (Rosas, 1976). *C. humboldtianum* tiene entre sus peculiaridades, el ser la primera especie de origen y distribución en aguas mexicanas, en los lagos interiores de la Cuenca de México como Xochimilco, Chimalhuacán, Texcoco y Tlahuac (Paulo-Maya *et al.*, 2000), así como en la cuenca del río Lerma, y las lagunas de Juanacatlán, Jalisco y en Santa María y San Pedro Lagunillas, Nayarit.

En la actualidad *C. humboldtianum* se encuentra en la laguna de Zacapu, Pátzcuaro y en el embalse Cointzio del estado de Michoacán y en las presas Huapango, Tiacaque y Tepuxtepec, así como en el embalse Danxhó todos en el estado de México.

En su hábitat natural, *C. humboldtianum* muestra preferencia por aguas poco profundas, en la zona limnética con temperaturas que van de los 6 a los 25°C con una concentración de oxígeno disuelto entre 2.2 y 8.5 mg/l⁻¹ (Moncayo, 1996).

Taxonomía y descripción de la especie

C. humboldtianum es considerado como una especie tipo por Swaison en 1839, la cual dio origen a las especies de mayores dimensiones del género como producto de la adaptación a las aguas dulces de la meseta Central de México (Paulo-Maya *et al.*, 2000 y Barbour, 1973 b).

Dado que la taxonomía de los miembros del género *Chirostoma* cuenta con poca diferenciación morfológica inter-específica, en este trabajo se consideraron los criterios propuestos por Dyer y Chernof (1996), así como los de Barbour (1973 b) y Barriga-Sosa (2001) quienes lo clasifican de la siguiente manera:

Phyllum: Chordata
Subphyllum: Vertebrata
Grupo II: Gnathostomata
Superclase: Pisces
Clase: Osteichthyes
Subclase: Actinopterygii
Superorden: Teleostei
Orden: Atheriniformes
Familia: Atherinopsidae
Subfamilia: Menidiinae
Tribu: Menidiini
Género: *Chirostoma*
Especie: *humboldtianum*

Es un pez de cuerpo esbelto y comprimido, presenta LP de hasta 250 mm; boca triangular y más o menos oblicua, con la mandíbula superior ligeramente curva en su parte media; la mandíbula inferior es proyectada por delante de la superior. En su mayoría cuenta con alrededor de 43 a 73 escamas en una serie longitudinal y de 25 a 40 escamas predorsales (Figura 1). Posee de 19 a 28 branquiespinas a lo largo del primer arco branquial. La distancia del hocico al origen de las aletas pélvicas es regularmente

de 40.9 a 51.2% de LP, la longitud postorbital es de 12.2 a 16.8% de la LP, la distancia orbital de 4.6 a 7.8% de la LP, el hocico 8.4 a 13.4% de la LP y la base de la aleta anal 17.1 a 22.2% de la LP (Paulo Maya *et al.*, 2000).



Figura 1. Ejemplar adulto del pescado blanco (*Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835).

ÁREA DE ESTUDIO

En la planicie Mexicana, se encuentra ubicado el Lago de Metztitlán en el centro del estado de Hidalgo, con una localización de 20° 39' latitud norte y 98° 50' longitud oeste, con una altitud aproximada de 1260 msnm, aproximadamente a 88 kilómetros de la capital del estado.

El Lago de Metztitlán se formó como consecuencia del derrumbe de una parte de la cadena montañosa de la Sierra Madre Oriental, se encuentra asentado sobre suelos calcáreos con grandes filtraciones o resumideros naturales en la periferia del mismo (Cantu, 1953). Originalmente éste lago contaba con una superficie de 3,230 km² sin embargo, el espejo de agua sufrió amplias fluctuaciones debido a que la zona agrícola ha ido ganando terreno al lago, por lo cual se considera que la superficie promedio ha quedado reducida a menos de 500 ha (Ibáñez, *et al.*, 2002) (Figura 2).

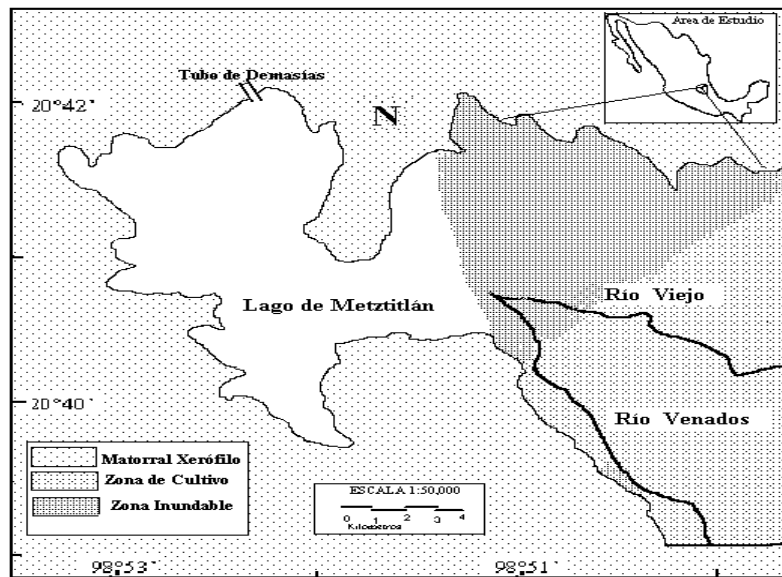


Figura 2. Localización del Lago de Metztitlán, Hidalgo (Juárez, 2001).

En esta zona se han llevado a cabo estudios sobre geomorfología y ecología realizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos y más recientemente por la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (ahora SEMARNAT). Dichos estudios enmarcan la importancia de la zona debido a la riqueza de especies presentes y a su alto

grado de endemismo, razón por lo cual, en el año 1999 fue decretada como reserva de la biosfera “Barranca de Metztitlán”.

De los estudios realizados al Lago de Metztitlán sobre pesquerías, plancton, calidad del agua y sedimentología se obtuvo un panorama general lo que da la pauta a plantear un manejo de los recursos que el Lago provee, entre ellos las pesquerías sustentadas en tilapia y carpa las cuales son variables debido a la sobrepesca de estas especies (Ibáñez, en prensa). En el caso del zooplancton se observó que al parecer existe un espacio trófico no aprovechado ya que se encontraron dos especies de copépodos *Acantocyclops vernalis* y *Leptodiaptomus novamexicanus* (Álvarez-Silva y González-Ortiz., 2000; Álvarez-Silva y Medina-Arce., 2000) los cuales por el tipo de alimentación de las carpas y tilapias no son consumidos. Por lo anterior y las bajas temperaturas promedio (16°) registradas en el agua de Lago (Ibáñez, A. y García., 1999), se pensó en introducir una especie como *C. humboldtianum* la cual se presume podría tolerar las características del agua del Lago en cuanto a temperatura, calidad del agua y sobre todo ocuparía el espacio trófico no aprovechado consumiendo en las primeras fases de desarrollo temprano las dos especies de zooplancton.

JUSTIFICACIÓN

Hasta la fecha los llamados pescados blancos pertenecientes al genero *Chirostoma* han sido considerados como representantes de la ictiofauna dulceacuícola mexicana dado su gran aceptación en la dieta del pueblo. En especial *C. humboldtianum* desde la época prehispánica ha sido cultivado y engordado para el consumo humano. *C. humboldtianum* ha visto amenazadas sus poblaciones debido a la disminución en su hábitat y sobre explotación lo que lo hace vulnerable y lo pone en peligro.

Por otro lado uno de los cuerpos de agua pertenecientes al estado de Hidalgo como lo es el Lago de Metztitlán, es un buen candidato para realizar una investigación que determine experimentalmente si *C. humboldtianum* es capaz de sobrevivir y desarrollarse durante las fases de desarrollo temprano y puede ocupar el espacio trófico aparentemente no utilizado por las tilapias y carpas introducidas dados sus hábitos alimentarios en el Lago de Metztitlán, sustentando con esto una base teórica para su manejo. Logrando con esto proporcionar una fuente de trabajo mejor remunerada a los pescadores de la zona ya que el precio en peso fresco del pescado blanco es cinco veces mayor que el precio de tilapia y carpa.

Dado que se cuenta con información básica, tanto de la especie *C. humboldtianum* como del Lago Metztitlán, la presente investigación se considera un aporte al conocimiento de la complejidad que representa la introducción de una especie a un nuevo ambiente proporcionando bases teóricas para lograr una introducción exitosa.

HIPÓTESIS

Si *C. humboldtianum* es capaz de sobrevivir y crecer desde la fase de huevo, eleuteroembriones y juveniles en las condiciones de calidad del agua del Lago de Metztitlán, Hidalgo., entonces será factible su introducción en esta localidad.

OBJETIVOS

General

Determinar experimentalmente el efecto de la calidad del agua del Lago de Metztitlán, Hgo., sobre la sobrevivencia y crecimiento durante la fase de desarrollo temprano del pescado blanco *C. humboldtianum*, bajo condiciones controladas.

Particulares

- a) Evaluar mediante bioensayos agudos si *C. humboldtianum* es capaz de adaptarse a las condiciones del agua del Lago de Metztitlán, Hgo., permitiendo el desarrollo de la fase de huevo y eleuteroembrión.
- b) Evaluar el efecto de la calidad del agua del Lago de Metztitlán, Hgo., sobre la tasa de crecimiento y sobrevivencia de juveniles de *C. humboldtianum*.
- c) Mediante bioensayos agudos evaluar la sobrevivencia de huevos y eleuteroembriones de *C. humboldtianum* con diferentes factores de dilución.

METODOLOGÍA

Colecta y aclimatación del zooplancton

En el Lago de Metztitlán, Hgo., se realizaron tres colectas de zooplancton con la finalidad de conocer las especies presentes, así como sus densidades. Las muestras fueron tomadas con una red de zooplancton de 60 μ de luz de malla, en superficie y a tres metros de profundidad ya que en un muestreo exploratorio se encontraron organismos a esas profundidades. Se filtraron 400 y 120 litros de agua respectivamente.

Los organismos colectados, se transportaron en garrafones de plástico con capacidad de 19 L, manteniendo aireación constante durante el traslado.

Se tomaron parámetros de la calidad del agua al momento del muestreo, como pH y temperatura (Tabla 1).

Tabla 1. Fechas y condiciones físico químicas de los muestreos realizados en el Lago de Metztitlán, Hgo.

Fecha	pH		Temperatura °C	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Septiembre (2001)	7 $\pm$ 0.05	7 $\pm$ 0.05	22	21
Abril (2002)	8 $\pm$ 0.05	8 $\pm$ 0.05	23	23
Julio (2002)	8 $\pm$ 0.05	8 $\pm$ 0.05	22	22

Posteriormente el zooplancton, se aclimató y traslado a dos contenedores de fibra de vidrio con una capacidad máxima de 1 m³ cada uno (Figura 3), donde se mantuvo durante el tiempo necesario para el desarrollo del experimento.

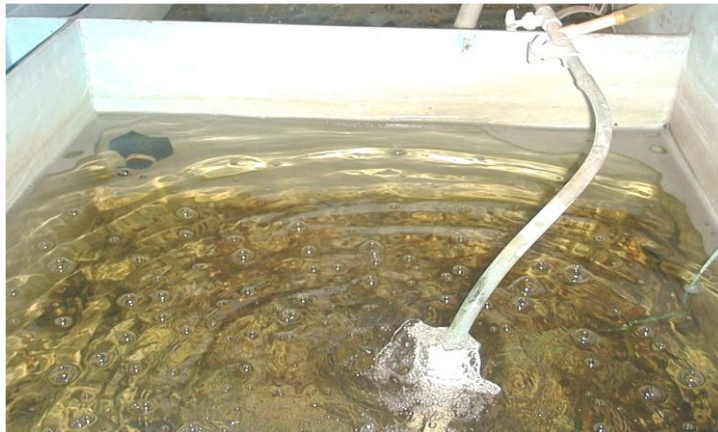


Figura 3. Contenedores de fibra de vidrio con capacidad de 1 m³.

Identificación de las muestras de zooplancton

Se tomaron cuatro litros de agua del contenedor y se filtraron en una malla de 100 micras. Las muestras obtenidas se fijaron en formol al 40% y fueron procesadas para su identificación en el Laboratorio de Zooplancton, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), de la UNAM.

Cultivo de zooplancton

Se llevó a cabo el cultivo de zooplancton con el propósito de aumentar la biomasa y mantener una densidad para alimentar a los eleuteroembriones de *C. humboldtianum* que se utilizaron en los bioensayos.

Se seleccionaron los organismos más abundantes, que fueron los rotíferos, copépodos y cladóceros, su cultivo se realizó como sigue:

Rotíferos

Se disolvieron 0.5 g de bicarbonato de sodio (NaHCO₃) en 5 L de agua filtrada y se estabilizó el pH a 7, a este medio se le agregó una muestra de rotíferos previamente aislados de la muestra original de zooplancton (Torretera, 1986). Diariamente se les agregó un litro de *Chlorella sp.* como alimento (Figura 4).



Figura 4. Sistema de cultivo de rotíferos.

Copépodos

El cultivo se realizó a dos temperaturas 26 y 27 °C (Métodos normalizado, 1988) probando cuatro dietas por duplicado, una control y tres experimentales. En recipientes plásticos con capacidad de 3 L se colocaron 100 copépodos previamente aislados de la muestra original de zooplancton en diferentes estadios, con aireación constante en su parte final utilizando varillas de vidrio, como se muestra en la figura 5.

Cada tercer día se llevaron a cabo revisiones en todos los recipientes para estimar la biomasa alcanzada.

La dieta control, consistió en un licuado de lechuga, acelgas, jugo de zanahoria y agua, tamizado en malla de 25 μ . De la fracción líquida, se agregó un volumen diario de 1 ml por cada litro de agua complementado con 0.5 ml de una solución de levadura (2 g de levadura disuelta en 100 ml de agua).

La dieta 1, consistió en un licuado de arroz cocido, acelgas y tierra para macetas preparada, tamizados en malla de 25 μ . De la fracción líquida, se agregó un volumen diario de 1 ml por cada litro de agua.

La dieta 2, consistió en una solución de levadura (2 g de levadura en 100 ml de agua), vertiendo un volumen diario de 4 ml por cada litro de agua.

La dieta 3, consistió en una solución de levadura (2 g de levadura en 100 ml de agua), vertiendo un volumen diario de 1 ml por cada litro de agua y un complemento de *Chlorella sp.* en los recipientes.



Figura 5. Sistema de cultivo de copépodos.

Cladóceros

En recipientes plásticos con capacidad de 3 L se colocaron 150 cladóceros previamente aislados de la muestra original de zooplancton en diferentes estadios, suministrando como alimento 1 L de *Chlorella sp.* diariamente.

Al utilizarse *Chlorella sp.* como alimento para los cultivos de rotíferos, cladóceros y copépodos fue necesario implementar un sistema de cultivo de algas. Se colocaron 16 litros de agua en garrafones de vidrio agregando una sepa de *Chlorella sp.* y fertilizando con una solución de triple diecisiete, agregando 50 ml por litro de agua (Figura 6).



Figura 6. Sistema de cultivo de *Chlorella sp.*

Bioensayo de sobrevivencia con huevos de *C. humboldtianum*

Se realizaron cuatro diferentes tratamientos a temperatura ambiente por cuadruplicado; un control con 100% agua de la PExPA, un primer tratamiento con 100% de agua del Lago de Metztitlán, un segundo tratamiento con 75% agua del Lago de Metztitlán y 25% agua destilada, y un tercero con 50% agua del Lago de Metztitlán y 50% de agua destilada. El bioensayo se realizó en recipientes plásticos con una capacidad máxima de 1 L, en cada uno de ellos se colocaron 20 huevos de un mismo desove con un tiempo de fertilización de 48 h. En cada recipiente se aplicó aireación constante y se realizó un recambio diario de agua del 90%. Durante el bioensayo a las; 3, 6, 12, 24, 48,72 y 96 h, se midió la temperatura del agua, la concentración de oxígeno disuelto, el pH y la sobrevivencia (Figura 7).

Bioensayo de sobrevivencia con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*

Se realizaron cuatro diferentes tratamientos a temperatura ambiente por cuadruplicado para eleuteroembriones; un control con 100% agua de la PExPA, un primer tratamiento con 100% de agua del Lago de Metztitlán, un segundo tratamiento con 75% agua de Metztitlán y 25% agua destilada, y un tercero con 50% agua del Lago de Metztitlán y 50% de agua destilada. El bioensayo se realizó en recipientes plásticos con una capacidad máxima de 1 L, en cada uno de ellos se colocaron 20 eleuteroembriones. En cada recipiente se aplicó aireación constante y se realizó un recambio diario de agua del 90%. Durante el bioensayo a las; 3, 6, 12, 24, 48,72 y 96 h, se midió la temperatura del agua, la concentración de oxígeno disuelto, el pH y la sobrevivencia.



Figura 7. Recipientes utilizados en bioensayos con huevos y eleuteroembriones.

Bioensayo de sobrevivencia con juveniles de *C. humboldtianum*

Este bioensayo se realizó también a temperatura ambiente utilizándose dos tratamientos por triplicado para juveniles de *C. humboldtianum*, un control con agua de la PExPA y un experimental con agua del Lago de Metztitlán. El bioensayo se realizó en un sistema de recirculación cerrado con doce acuarios con una capacidad de 60 L cada uno como máximo este cuenta con dos biofiltros de gravilla con conchas de ostión, el cual suministra de 36 recambios de agua al día (Figura 8).

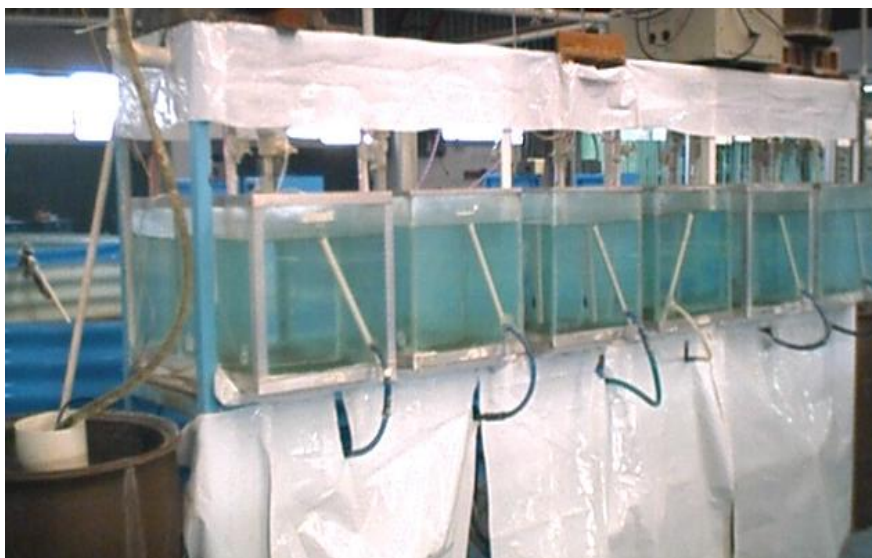


Figura 8. Sistema de recirculación cerrado.

Se utilizaron dos densidades diferentes; 50 y 25 juveniles de una sola cohorte y 30 días de eclosionados. Las larvas se alimentaron con cladóceros y artemias dos veces al día, durante las primeras cuatro semanas. Posteriormente, se alimentaron una vez al día hasta completar once semanas. Se midieron diariamente los parámetros; temperatura y concentración de oxígeno disuelto. El pH, dureza total, NAT, amoníaco, nitritos y nitratos semanalmente. Se observó el efecto de la calidad de agua y la densidad sobre la sobrevivencia y crecimiento de los juveniles.

El mantenimiento del sistema consistió en lavar los acuarios cada tercer día y sifoneando el fondo.

A los 90 días los juveniles se anestesiaron con benzocaína al 6%, se midieron con un vernier y pesaron en una balanza de cuatro dígitos posteriormente fueron trasladados a un recipiente de plástico para su recuperación y como paso final fueron llevados a un estanque con una capacidad máxima de 5000 L con aireación constante (Figuras 9 y 10, 11 y 12).

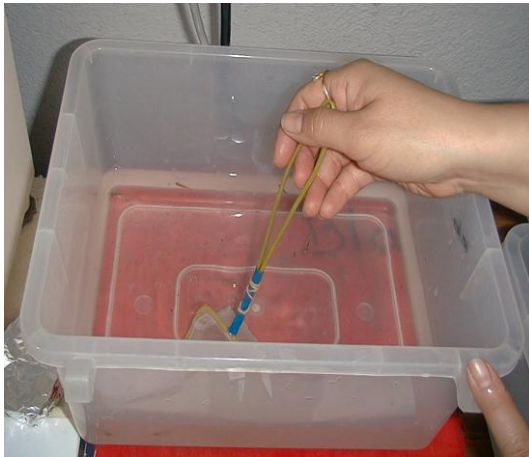


Figura 9. Anestesia de juveniles.



Figura 10. Pesado de juveniles.



Figura 11. Medición de juveniles.



Figura 12. Recuperación.

Bioensayo de alimentación con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*

Se realizó a la temperatura ambiente de la PExPA. En recipientes plásticos con una capacidad máxima de 1 L, se colocaron 20 eleuteroembriones de un mismo desove, de tres días de eclosionados, ya sin saco vitelino. Se aplicó aireación constante y se realizó un recambio diario de agua del 90%. En este bioensayo los rotíferos, copépodos y cladóceros que sirvieron como alimento a los eleuteroembriones fueron cultivados en la PExPA con sepas originarias del Lago de Metztitlán cultivos antes descritos.

Los eleuteroembriones se alimentaron diariamente por la mañana durante 15 días probando cinco dietas diferentes por cuadruplicado; un control y cuatro experimentales (Tabla 2). Las densidades de los rotíferos oscilaron entre 20 y 25 rotíferos por mililitro. Se suministraron copépodos de dos días de nacidos. Al final del día se contaron los organismos que no fueron consumidos por los eleuteroembriones.

La dieta control consistió en 100% rotíferos. Se agregó una ración de 20 ml de rotíferos.

La dieta 1, consistió en 50% rotíferos y 50% copépodos. Se agregó una ración de 10 ml de rotíferos y 250 copepoditos.

La dieta 2, consistió en 75% rotíferos y 25% copépodos. Se agregaron 15 ml de rotífero y 125 copepoditos.

La dieta 3, consistió en 25% rotíferos y 75% copépodos. Se agregaron 5ml de rotíferos y 375 copepoditos.

La dieta 4, consistió en 50% rotíferos, 25% copépodos y 25% cladóceros. Se agregaron 10ml de rotíferos, 125 copepoditos y 175 cladóceros.

Tabla 2. Dietas utilizadas en el bioensayo de alimentación de eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.

	Dieta				
	Control	1	2	3	4
Composición	100% rotíferos	50% rotíferos y 50% copépodos	75% rotíferos y 25% copépodos	25% rotíferos y 75% copépodos	50% rotíferos, 25% copépodos y 25% cladóceros
Ración	20 ml	10 ml de rotíferos y 250 copepoditos	15 ml de rotíferos y 125 copepoditos	5 ml de rotíferos y 375 copepoditos	10 ml de rotíferos, 125 copepoditos y 175 cladóceros

Caracterización fisicoquímica del agua de los bioensayos con *C. humboldtianum*

En los dos primeros bioensayos (huevos y eleuteroembriones) se midieron los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura del agua y concentración de oxígeno disuelto por medio de un oxímetro YSI modelo 55; el pH con un potenciómetro marca Corning (Scientific Instruments). Para el tercer bioensayo (juveniles), además se midió la alcalinidad y la dureza total utilizando un titulador digital modelo 16900 marca Hach, DREL-2000 (Water Quality Laboratory) y los nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal total (NAT), con un espectrofotómetro digital modelo DR/2000 marca Hach.

Durante el primero y segundo bioensayo, las mediciones de temperatura del agua, concentraciones de oxígeno disuelto y pH se tomaron por cuadruplicado a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 96 horas, tiempo total del bioensayo transcurrido durante el mes de agosto.

Para el tercer bioensayo, las mediciones de temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto y pH fueron tomadas diariamente al medio día. La alcalinidad total, dureza total, nitritos, nitratos y NAT fueron tomadas semanalmente, para caracterizar, y

observar la tolerancia de *C. humboldtianum*. El bioensayo se llevo a cabo de diciembre del 2002 a marzo del 2003.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Colecta y aclimatación del zooplancton

Los cladóceros se encontraron solo en la segunda colecta, en densidades de 15 ± 1 org/L en superficie y 18 ± 1 org/L en fondo.

Los copépodos se encontraron en las tres colectas, en superficie con densidades entre 55 y 58 ± 5 org/L y en fondo con densidades entre 55 y 68 ± 5 org/L.

Los rotíferos se encontraron en la primera y última colecta con densidades entre 20 y 28 ± 1 org/L (Tabla 3). No encontrándose en la colecta de abril.

Tabla 3. Densidades de zooplancton de colectas del Lago de Metztitlán, Hgo.

Fecha	Profundidad	Rotíferos	Cladóceros	Copépodos
Septiembre (2001)	Superficie	20 ± 2 org/L	No se encontraron	58 ± 4 org/L
	Fondo	25 ± 1 org/L	No se encontraron	60 ± 4 org/L
Abril (2002)	Superficie	No se encontraron	15 ± 1 org/L	55 ± 4 org/L
	Fondo	No se encontraron	18 ± 1 org/L	70 ± 4 org/L
Julio (2002)	Superficie	25 ± 1 org/L	No se encontraron	58 ± 5 org/L
	Fondo	28 ± 1 org/L	No se encontraron	65 ± 5 org/L

Identificación de las muestras de zooplancton

Los cladóceros fueron identificados como *Daphnia sp.* siendo el mismo tanto para los de fondo como para los de superficie, figura 13.



Figura 13. *Daphnia* sp. (cladócero) colectado en el Lago de Metztitlán, Hgo.

Los copépodos encontrados en la superficie se identificaron como, *Acantocyclops vernalis* y los de fondo como *Leptodiaptomus novamexicanus*.



Figura 14. *Leptodiaptomus novamexicanus*. (Copépodo) colectado en el Lago de Metztitlán, Hgo.



Figura 15. *Acantocyclops vernalis* (copépodo) colectado en el Lago de Metztitlán, Hgo.

Los rotíferos encontrados en superficie y fondo correspondieron al género *Keratella*, figura 16.



Figura 16. *Keratella* sp. (rotífero) colectado en el Lago de Metztitlán, Hgo.

Cultivos de zooplancton

Rotíferos

En el cultivo de rotíferos se logró alcanzar densidades entre 20 y 25 ± 5 org/L. El cultivo se mantuvo durante dos meses.



Copépodos

En el cultivo de copépodos las mejores densidades se alcanzaron en la temperatura de 27 °C, con la dieta control, alcanzando densidades hasta de 1200 copépodos (Tabla 4).

Tabla 4. Densidades de copépodos alcanzadas con las diferentes dietas.

<i>Temperatura</i> °C	<i>Tratamientos</i>			
	<i>Control</i>	<i>Dieta 1</i>	<i>Dieta 2</i>	<i>Dieta 3</i>
26	800 (org/L)	700 (org/L)	580 (org/L)	430 (org/L)
27	1200 (org/L)	750 (org/L)	835 (org/L)	568 (org/L)

Densidades promedio (± 5 org/L).

Dietas									
Lechuga		y Arroz		y lechuga		Levadura		<i>Chlorella</i>	
Temperatura °C	levadura		1		2		3		
	Control		A		B		A		B
	A	B							
26	800	750	700		650	580	600	430	500
27	1200		750		700	835	900	568	650
	1250								

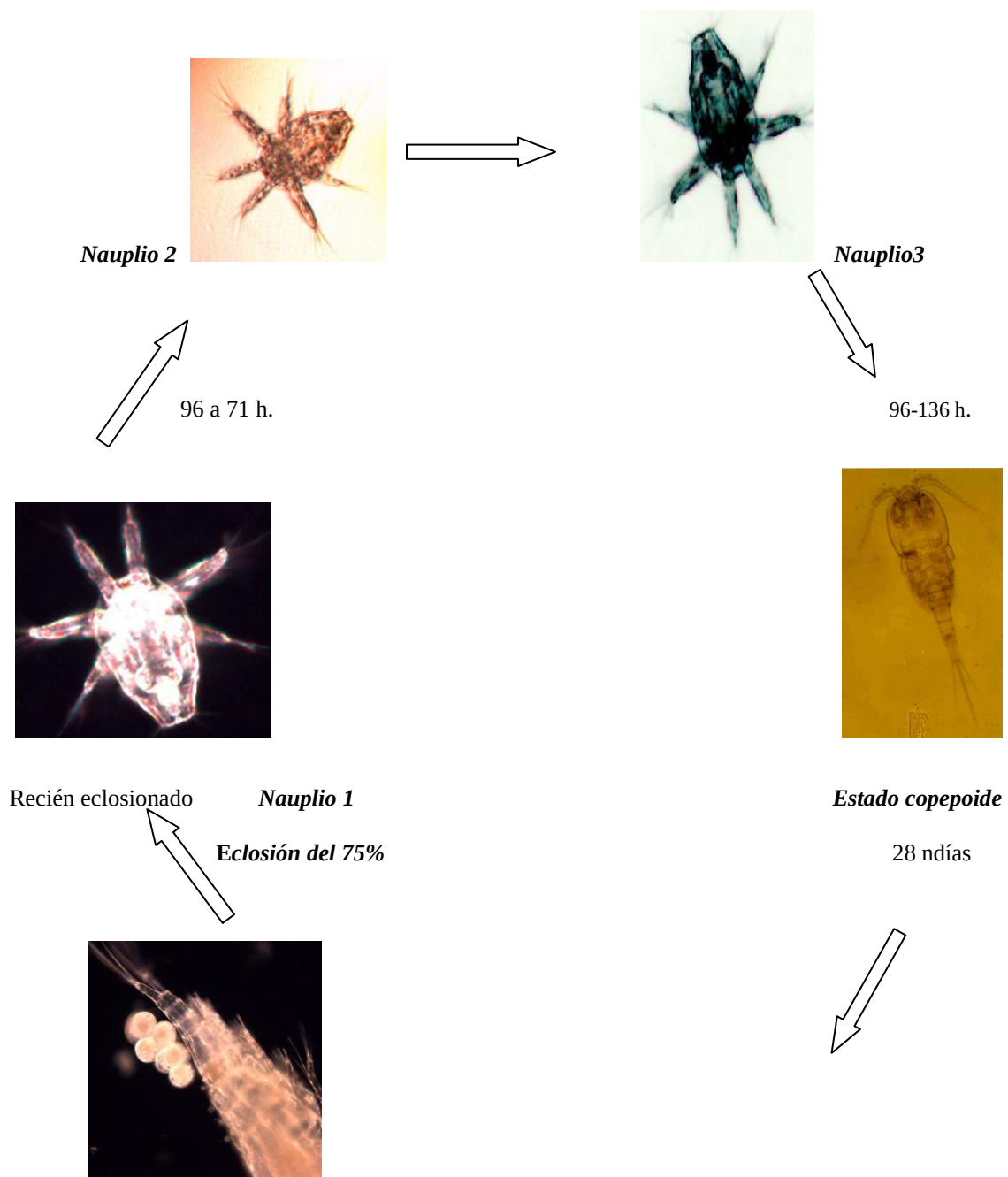
A = Densidades de *Leptodiaptomus novamexicanus* en org/l

B = Densidades de *Acartocyclops vernalis* en org/l

Durante el cultivo de copépodos fue posible observar sus hábitos reproductivos. Las hembras forman dos ovisacos producidos por secreciones del oviducto, uno de cada lado del cuerpo, cada uno contiene en promedio de 24 a 35 huevos. El nauplio eclosiona entre 60 y 72 h.

Después de varias fases naupliares la larva pasa al primer estado copepoide el cual ya presenta los caracteres generales del adulto pero con el abdomen sin segmentos al llegar

a esta etapa cesan las mudas. Todo el desarrollo dura entre 35 y 46 días, teniendo un máximo de vida de entre 96 y 126 días (Figura 17).





Fase Adulta

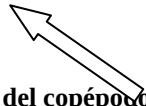


Figura 17. Ciclo de vida del copépodo *Leptodiaptomus novamexicanus*

Bioensayo de sobrevivencia con huevos de *C. humboldtianum*

De los 320 huevos de *C. humboldtianum* distribuidos en los cuatro tratamientos, veinte huevos por recipiente, eclosionaron 319 eleuteroembriones obteniéndose un porcentaje de sobrevivencia del 99.7%. Solo un eleuteroembrion no logró eclosionar (Tabla 5), (Figura 18 y 19).

**Tabla 5. Porcentaje de sobrevivencia de huevos de
C. humboldtianum a las 96 h.**

Repeticiones	Tratamientos			
	Huevos			
	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
R1	100%	100%	100%	100%
R2	100%	100%	100%	100%
R3	100%	100%	100%	100%
R4	100%	100%	100%	95%

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán** = 100% agua del Lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del Lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada.

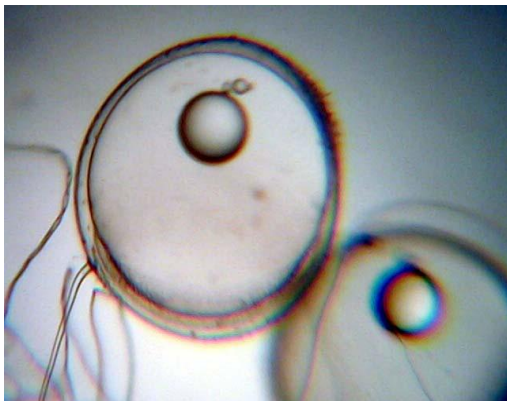


Figura 18. Huevo de 48 h. de fertilizado.



Figura 19. Huevo de 96 h. de fertilizado.

Bioensayo de sobrevivencia con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*

Durante el tiempo de duración del bioensayo no se observó ninguna muerte obteniéndose un porcentaje de sobrevivencia del 100%, lo que nos da la pauta para afirmar que la calidad de agua del Lago de Metztitlán no representa un problema para la sobrevivencia, desarrollo y crecimiento del *C. humboldtianum* (Figura 20, Tabla 6).



Figura 20. Eluteroembrion de *C. humboldtianum*.

Tabla 6. Porcentaje de sobrevivencia de eleuteroembriones de *C. humboldtianum*.

Tratamientos				
Eleuteroembriones				
Repeticiones	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
R1	100%	100%	100%	100%
R2	100%	100%	100%	100%
R3	100%	100%	100%	100%
R4	100%	100%	100%	100%

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán** = 100% agua del Lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del Lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada

Bioensayo de sobrevivencia con juveniles de *C. humboldtianum*

Durante este bioensayo no se observó ninguna muerte de los 450 eleuteroembriones a su termino se midieron y pesaron todos los organismos reportándose medidas uniformes

tanto para peso como para longitud total como se muestra en los diagramas de cajas en las figuras 22 a la 26 (Figura 21, Tabla 7).

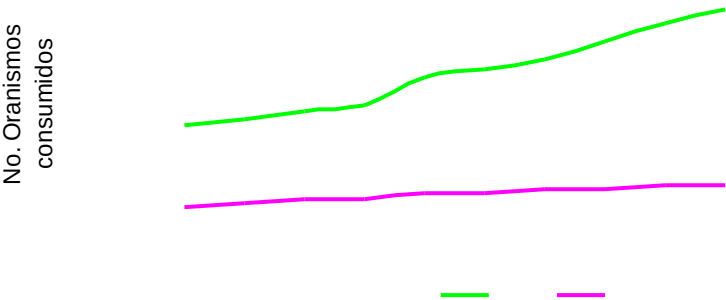


Figura 21. Juvenil de *C. humboldtianum*.

Tabla 7. Porcentaje de sobrevivencia de juveniles
de *C. humboldtianum*.

No. Organismos	Tratamientos					
	PExPA			Metztitlán		
	R1	R2	R 3	R1	R2	R 3
25	100%	100%	100%	100%	100%	100%
50	100%	100%	100%	100%	100%	100%

R; número de repeticiones en cada tratamiento.



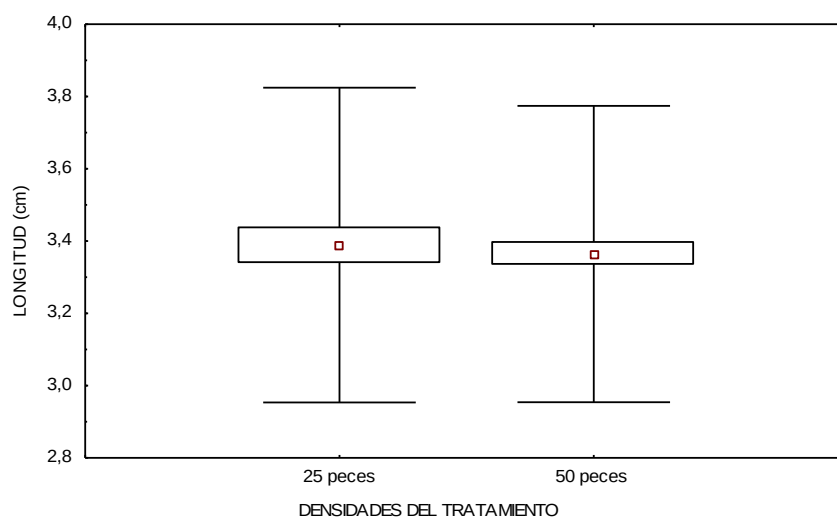


Figura 22. Diagrama de cajas de densidad-longitud en agua de la PExPA en el bioensayo con juveniles.

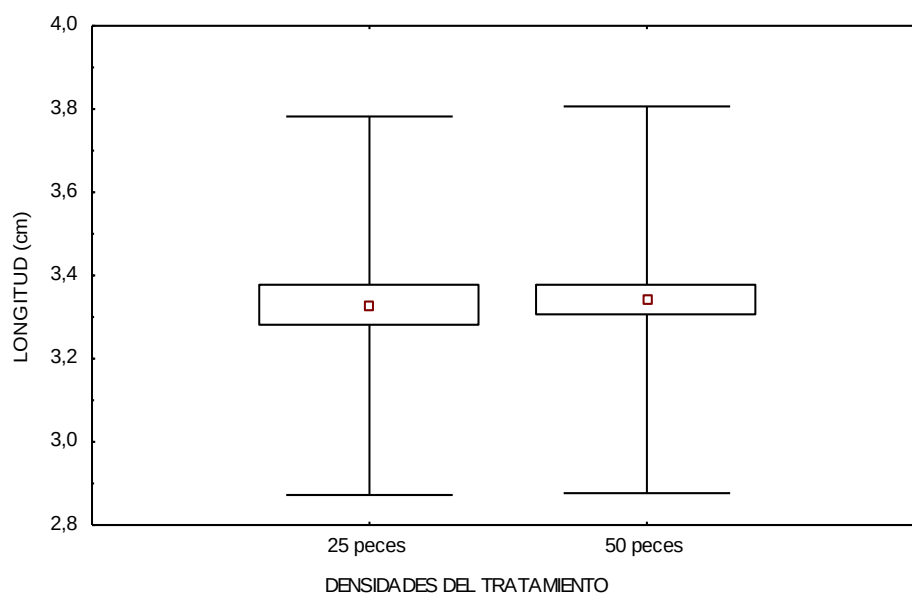


Figura 23. Diagrama de cajas de densidad-longitud en agua del Lago de Metztitlán en el bioensayo con juveniles.

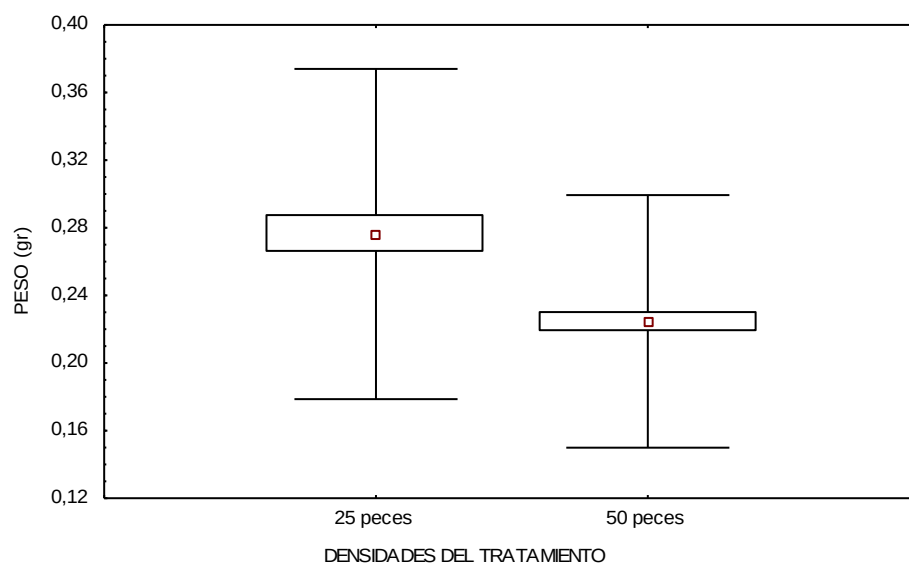


Figura 24. Diagrama de cajas de densidad -peso en agua de la PExPA en bioensayo con juveniles.

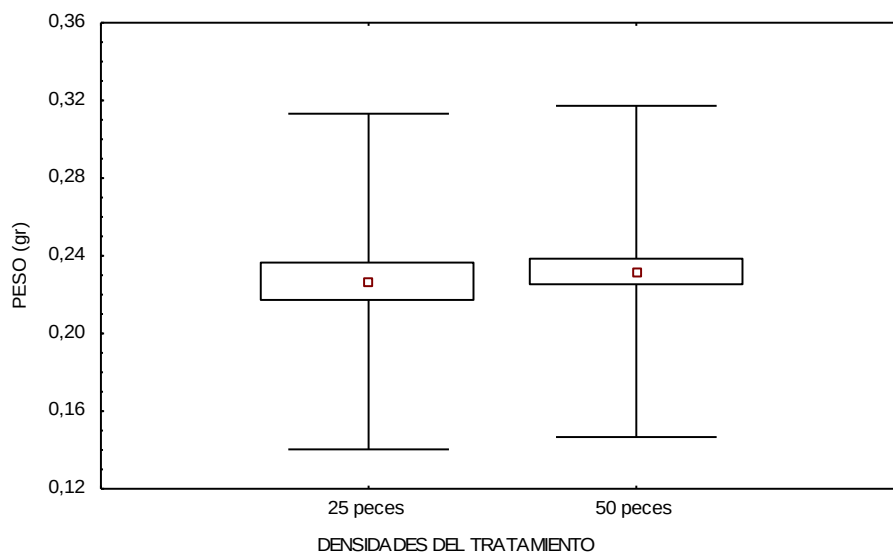


Figura 25. Diagrama de cajas de densidad –peso en bioensayo con juveniles en agua del Lago de Metztitlán.

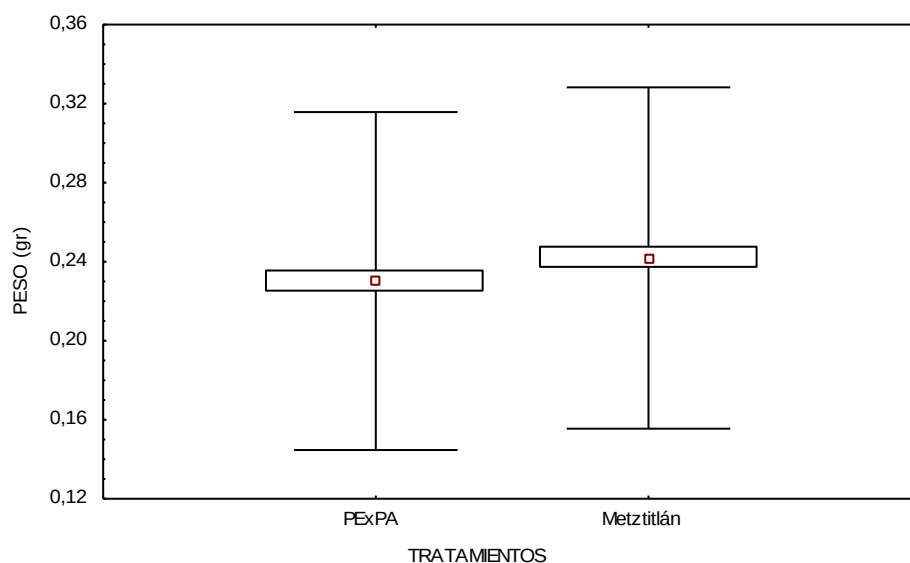


Figura 26. Diagrama de cajas de comparación de los dos tipos de agua en bioensayo con juveniles.

En el bioensayo con juveniles utilizando los dos tipos de agua PExPA y Metztitlán no se encontraron diferencias significativas excepto en la comparación de las dos densidades en los dos diferentes tratamientos con el agua de la PExPA en relación con el peso, obteniendo pesos mayores en las densidades de 25 organismos con una diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



Figura 27. Tamaño de peces a lo largo del bioensayo con juveniles.

Bioensayo de alimentación con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*

Caracterización fisicoquímica del agua del Lago de Metztitlán, Hgo.

*Bioensayo con huevos de *C. humboldtianum**

Los resultados del registro de las temperaturas y concentraciones de oxígeno y pH de este bioensayo, se presentan en las tablas 7, figura 23.

Tabla 7. Valores promedio de la temperatura del agua, registrados (° C) durante el bioensayo con huevos de *C. humboldtianum*.

Horas	Huevos			
	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
0	19.5	19.5	18.5	18.0
3	18.0	18.5	18.0	18.5
6	19.3	20.0	20.0	19.5
9	16.0	15.0	16.0	15.5
12	18.0	19.0	19.0	18.0
24	20.0	20.0	20.0	21.0
48	20.0	19.0	20.0	20.0
72	20.0	20.0	19.0	20.0
96	20.0	20.0	20.0	20.0
n	36	36	36	36
Media	18.9	19.0	18.9	18.9
D. E.	1.3	1.5	1.2	1.5

V. mín	16.0	15.0	16.0	15.0
V. máx	20.0	20.0	20.0	21.0
C. V	7	8	7	8

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán** = 100% agua del lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada; **n** = tamaño de muestra; **D. E.** = desviación estándar; **V. mín** = valor mínimo; **V. máx** = valor máximo; **C. V** = coeficiente de variación.

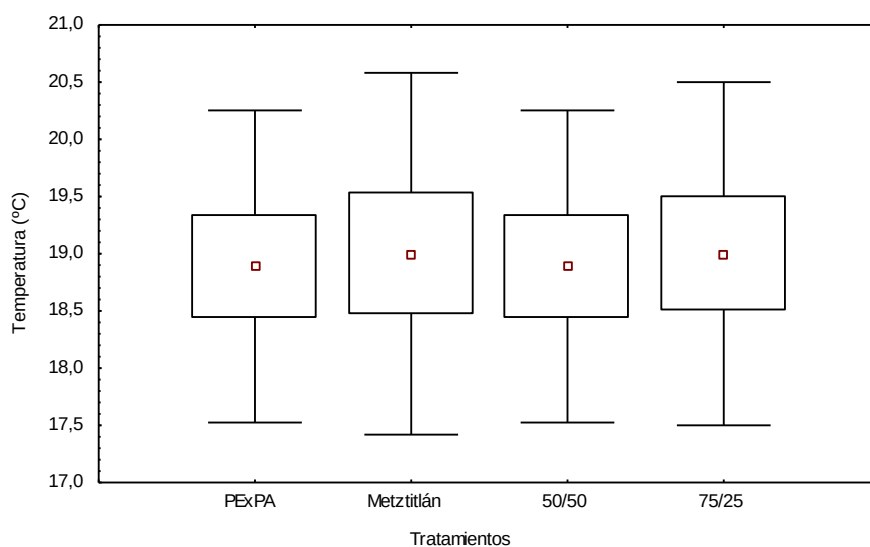


Figura 28. Diagrama de cajas de las medias de temperatura en el bioensayo con huevos.

Tabla 3. Valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto del agua en mg/L, registrados durante los bioensayos con huevos de *C. humboldtianum*.

Horas	Huevos			
	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
0	4.9	4.9	5.0	5.0
3	5.0	4.9	4.9	4.9
6	4.9	4.9	5.0	5.0
9	4.9	5.0	4.8	4.9
12	5.0	5.0	5.0	4.9
24	4.9	4.9	4.9	5.0
48	5.0	4.9	4.8	4.8
72	4.9	4.9	5.0	5.0
96	5.0	5.0	5.0	5.0
n	36	36	36	36
Media	5.0	4.9	5.0	4.9

D. E	0.1	0.1	0.1	0.1
V. mín.	4.9	4.9	4.8	4.8
V. máx	5.0	5.0	5.0	5.0
Coef. Var.	2	2	2	2

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán**= 100% agua del lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada; **n** = tamaño de muestra; **D. E** = desviación estándar; **V. mín** = valor mínimo; **V. max** = valor máximo; **C. V** = coeficiente de variación.

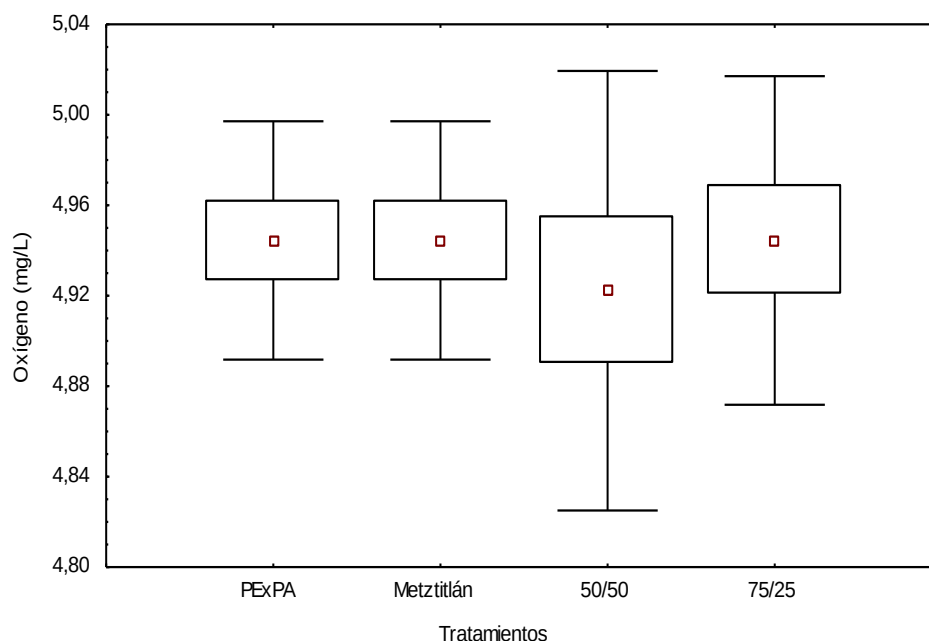


Figura 29. Diagrama de cajas de las medias de la concentración de oxígeno en el bioensayo con huevos.

Tabla 4. Valores promedio del pH del agua, registrados durante los bioensayos con huevos.

Horas	Huevos			
	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
0	8.8	8.7	8.8	8.8
3	8.9	8.8	8.8	8.7
6	8.8	8.8	8.7	8.7
9	8.7	8.7	8.8	8.8
12	8.8	8.9	8.8	8.8
24	8.8	8.8	8.8	8.9
48	8.7	8.8	8.9	8.8
72	8.8	8.9	8.9	8.8
96	8.7	8.8	8.9	8.9
n	36	36	36	36
Media	8.7	8.8	8.8	8.8
D. E	0.7	0.7	0.7	0.7
V. máx	8.9	8.9	8.9	8.9
V. mín	8.7	8.7	8.7	8.7

C. V	8	8	8	8
------	---	---	---	---

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán** = 100% agua del lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada; **n** = tamaño de muestra; **D. E** = desviación estándar; **V. mín** = valor mínimo; **V. máx**= valor máximo; **C. V** = coeficiente de variación.

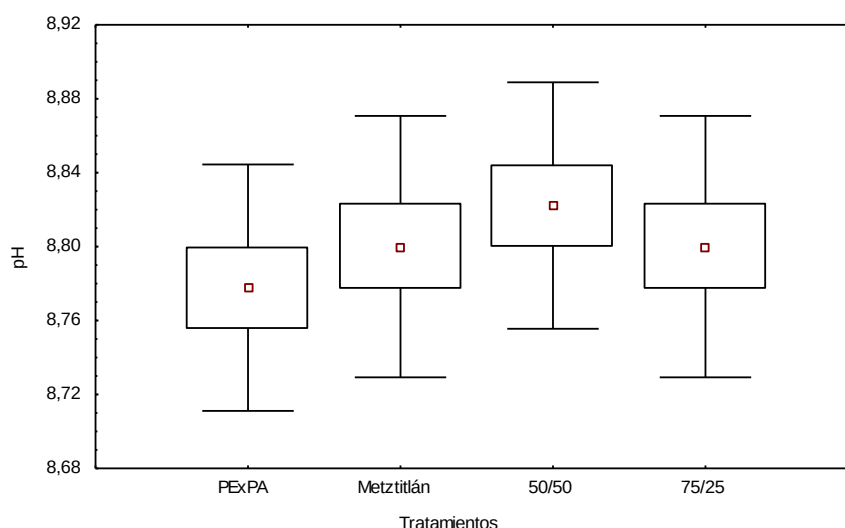


Figura 30. Diagrama de cajas de las medias del pH del bioensayo con huevos.

Bioensayo con eleuteroembriones de C. humboldtianum

Los resultados del registro de las temperaturas y concentraciones de oxígeno de este bioensayo, se presentan en las **tablas 7, figura 23**.

Tabla 8. Valores promedio de la temperatura del agua registrados (°C) durante el bioensayo con eleuteroembriones de C. humboldtianum.

Horas	Larvas			
	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
0	17.5	17.5	17.5	17.0
3	18.0	18.5	18.0	18.5
6	19.3	20.0	20.0	19.5
9	16.0	15.0	16.0	15.5
12	19.5	20.0	19.0	20.0
24	20.0	20.0	20.0	21.0

48	20.0	19.0	20.0	20.0
72	20.0	20.0	19.0	20.0
96	20.0	20.0	20.0	20.0
n	36	36	36	38
Media	18.9	18.8	18.8	18.9
D. E.	1.3	1.6	1.3	1.7
V. mín	16	15	16	17
V. máx	20	20	20	21
C. V	7	9	7	9

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán** = 100% agua del lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada; **n** = tamaño de muestra; **D. E.** = desviación estándar; **V. mín** = valor mínimo; **V. máx** = valor máximo; **C. V** = coeficiente de variación.

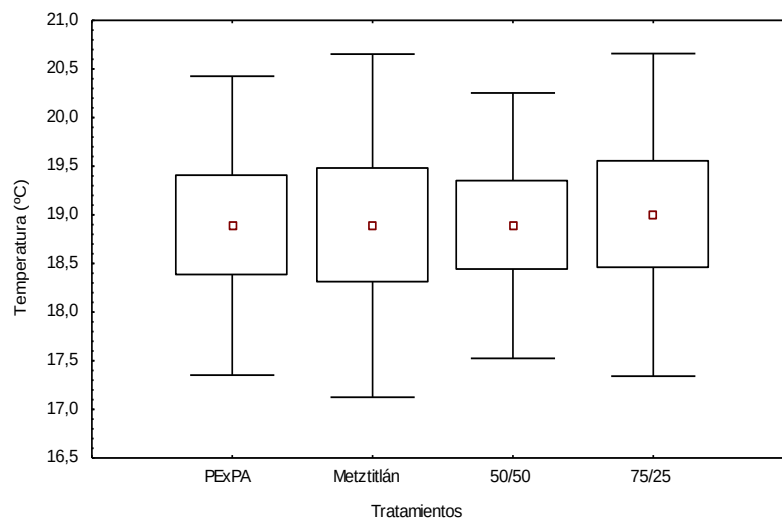


Figura 31. Diagrama de cajas de las medias de las temperaturas en el bioensayo con eleuteroembriones.

Tabla 9. Valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto del agua en mg/L, registrados durante los bioensayos con eleuteroembriones.

Horas	Larvas			
	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 75
0	5.0	4.9	5.0	5.0
3	5.0	5.0	4.9	4.9
6	4.9	4.9	5.0	5.0
9	4.8	4.9	4.8	4.9
12	4.8	4.9	4.7	4.8
24	5.0	4.9	5.0	5.0
48	5.0	5.1	4.9	4.9
72	4.9	5.0	5.0	5.0
96	5.0	5.0	5.0	5.0
n	36	36	36	36
Media	4.9	5.0	4.9	4.9

D. E	0.1	0.1	0.1	0.1
V. mín.	4.9	4.9	4.8	4.8
V. máx	5.0	5.0	5.0	5.0
Coef. Var.	2	2	2	2

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán** = 100% agua del lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada; **n** = tamaño de muestra; **D. E** = desviación estándar; **V. mín** = valor mínimo; **V. max** = valor máximo; **C. V** = coeficiente de variación.

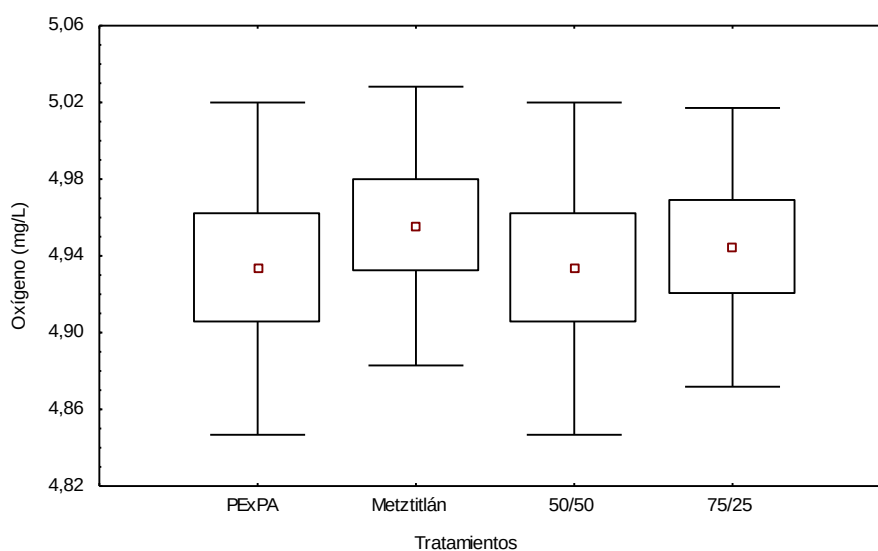


Figura 32. Diagrama de cajas de las medias concentración de oxígeno en el bioensayo con eleuteroembriones.

Tabla 10. Valores promedio del pH del agua, registrados durante los bioensayos con eleuteroembriones.

Horas	Eleuteroembriones			
	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
0	8.9	8.9	8.8	8.8
3	8.9	8.7	8.8	8.9
6	8.8	8.8	8.9	8.7
9	8.9	8.7	8.8	8.8
12	8.9	8.9	8.8	8.9
24	8.8	8.7	8.7	8.9
48	8.7	8.8	8.9	8.8
72	8.8	8.9	8.9	8.9
96	8.7	8.8	8.9	8.9

n	36	36	36	36
Media	8.8	8.8	8.8	8.8
D. E	0.8	0.9	0.7	0.7
V. máx	8.9	8.9	8.9	8.9
V. mín	8.7	8.7	8.7	8.7
C. V	9	9	8	8

PExPA = 100% agua de la PExPA; **Metztitlán** = 100% agua del lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada; **n** = tamaño de muestra; **D. E** = desviación estándar; **V. mín** = valor mínimo; **V. máx**= valor máximo; **C. V** = coeficiente de variación.

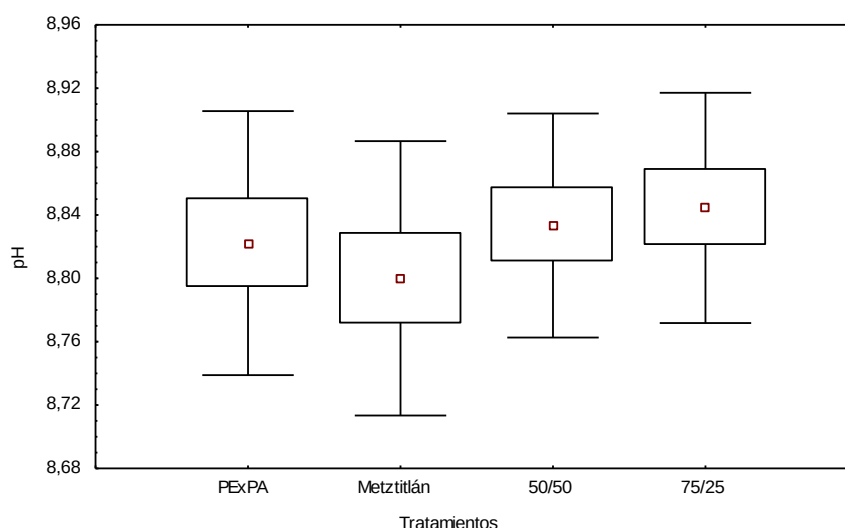


Figura 33. Diagrama de cajas de las medias del pH del bioensayo con eleuteroembriones.

En los resultados se puede apreciar que los tres parámetros evaluados en este bioensayo fueron constantes a lo largo del experimento, lo cual se demuestra por bajos valores de los coeficientes de variación obtenidos.

En los diagramas de caja de las figuras 9 a la 14 se representa gráficamente la comparación de los datos obtenidos para los parámetros en el bioensayo con huevos y larvas por tratamiento, en los cuales se puede observar que dichos parámetros cuentan con muy poca variación.

Bioensayo con juveniles de C. humboldtianum

Los resultados del registro de los parámetros fisicoquímicos de este bioensayo se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos, registrados durante el bioensayo de juveniles.

	Temperatura °C		Oxígeno mg/l		pH		Nitritos mg/l		Nitratos mg/l		Amoniaco mg/l		Dureza mg/l		NAT mg/l	
Semanas	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P
1	14.0	13.0	8.8	8.8	5.5	5.6	0.050	0.050	2.20	2.23	0.012	0.014	330	398	0.001	0.001
2	14.0	13.0	8.6	8.5	5.6	5.5	0.052	0.050	2.20	2.34	0.012	0.013	322	402	0.001	0.001
3	14.0	13.5	8.6	8.6	5.6	5.7	0.082	0.083	1.76	2.10	0.012	0.013	330	410	0.001	0.001
4	14.5	13.3	8.5	8.6	5.7	5.6	0.099	0.109	2.20	2.24	0.012	0.012	330	432	0.001	0.001
5	14.5	13.3	8.5	8.5	5.6	5.7	0.120	0.132	2.64	2.58	0.012	0.012	334	434	0.001	0.001
6	15.0	14.5	8.6	8.7	5.7	5.6	0.102	0.092	2.20	2.35	0.012	0.018	320	428	0.001	0.002
7	14.5	13.5	8.6	8.6	5.9	5.7	0.103	0.102	2.64	2.70	0.024	0.025	318	438	0.002	0.002
8	16.5	17.0	8.7	8.7	5.6	5.4	0.100	0.097	2.64	2.72	0.024	0.026	328	440	0.002	0.004
9	19.5	20.0	8.7	8.8	5.2	5.4	0.120	0.089	3.08	2.80	0.024	0.027	332	438	0.004	0.004
10	19.5	19.0	8.6	8.7	5.3	5.3	0.113	0.106	3.52	3.24	0.037	0.035	334	445	0.004	0.006
11	20.5	20.0	8.7	8.7	5.2	5.2	0.100	0.110	3.60	3.59	0.037	0.040	335	460	0.007	0.007
n	77	77	22	22	77	77	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Media	15.0	15.4	8.6	8.6	5.5	5.5	0.09	0.09	2.60	2.62	0.02	0.02	328.4	429.5	0.002	0.002
D. E.	0.5	0.6	0.9	0.1	0.2	0.1	0.02	0.02	0.58	0.45	0.009	0.009	5.8	5.9	0.001	0.001
V. mín.	14.0	13.0	8.0	8.4	4.9	5.2	0.05	0.05	1.76	2.10	0.01	0.01	318	398	0.001	0.001
V. máx.	20.5	20.0	8.9	9.0	6.1	5.7	0.12	0.11	3.60	3.59	0.07	0.04	335	460	0.007	0.007
C. V.	3.3	3.8	10	1.1	3.6	1.8	22	22	22	17	50	49	1.7	1	50	50

P = 100% agua de la PExPA; **M** = 100% agua del lago de Metztitlán, Hgo.; **50/50** = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; **75/25** = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada; **n** = tamaño de muestra; **D. E** = desviación estándar; **V. mín** = valor mínimo; **V. máx**= valor máximo; **C. V** = coeficiente de variación.

En los resultados se puede apreciar que la mayoría de los parámetros evaluados en este bioensayo fueron constantes y solo algunos como el NAT y amoniaco presentaron una pequeña variación a lo largo del experimento, lo cual se demuestra por bajos valores de los coeficientes de variación obtenidos. Comparando los resultados de los dos tipos de agua el único parámetro en el que se encontraron diferencias fue la dureza.

REFERENCIAS

- Álvarez-Silva, C. y R. González-Ortiz. 2000. *Leptodiaptomus novamexicanus* (Copepoda: Calanoidae) en el Estado de Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical*, 48 (2) (2001).
- Álvarez-Silva, C. y M. G. Miranda-Arce. 2000. Ampliación del ámbito de *Leptodiaptomus novamexicanus* Herrick, 1895 (Copepoda: Calanoidae) para el Estado de Hidalgo, México. Pp.113. En: Ríos-Jara, E. Juárez-Calvillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G.Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano. *Estudios sobre plancton en México y el caribe*. Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara, México.
- Álvarez del Villar, J.1950. *Claves para determinación de especies de peces de aguas continentales mexicanas*. Secretaría de Marina. Dirección General de Pesca, México.
- Barbour, C. D. (1973a). A biogeographical History of *Chirostoma* (Pisces Atherinidae): A species Flock from the Mexican Plateau. *Copeia*.(3): 533-556.

Barbour, C.D. (1973b). The systematics and evolution of the Genus *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinidae). *Tulane studies in Zoology and Botany*. 18(3):97-137.

Barbour, C.D. y B. Chernoff (1984). Comparative morphology and morphometrics of the pescados blancos (Genus *Chirostoma*) from Lake Chapala, Mexico. Pp. 111-127. In: *Evolution of fish species flocks*. University of Maine at Orono Press, Maine, 1984.

Barriga-Sosa, I.A., A. L. Ibáñez-Aguirre y J. L., Arredondo-Figueroa. (2002). Morphological and generic variation of seven species of the endangered *Chirostoma "humboldianum"* species group" (Pisces: Atherinopsidae).

Citas incompletas

Barriga-Sosa, I.A., L. E. Eguriarte y J. L., Arredondo Figueroa. Population Subdivision of the Endemic *Chirostoma grandocule* (Pisces:Atherinidae) from Lake Pátzcuaro, Michoacán, México: Morphometric and Allozyme Analyses.

Blaxter, J.H.S., (1969). Visual threshold and spectral sensitivity of flat larvae. *J. Exp. Biol.* 51, 221-230.

Cantu, T. S. (1953). La vega de Metztitlán en el estado de Hidalgo. Tesis de Maestría en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México., México, 179pp.

Chávez-Toledo, C., (1987). Ictiofauna del Alto Lerma: aspectos sistemáticos, zoogeográficos y ecológicos. Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México, 51 pp.

Cunha, M. Planas, (1999.) Optimal prey size for early turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) based on mouth and ingested prey size. *Aquaculture* 175:103-110.

Dendrinis, P., Dewan, S., Torpe, J.P., (1984). Improvement in the feeding efficiency of larval, post larval and juvenile dover sole (*Solea solea* L.) by the use of a staining to improve the visibility of *Artemia* used as food, *Aquaculture* 38,14-137.

Donald E. Denerline, Michael J. Van Den Avyle, (2000). Sizes of prey consumed by two pelagic predators in US reservoirs: implications for quantifying biomass of available prey. *Fisheries Research* 45:147-154.

Drost, M.R., (1987). Relation between the aiming and catch success in larval fish. Can. J. Fish Aquat. Sci. 44, 304-315.

-
- Dyer, B.S. and Chernof. (1996). Phylogenetic relationships among atheriniform fishes (Teleostei; Atherinomorpha). *Zoological journal of the Linnean Society*. 117:1-69.
- Espinoza-Pérez, H., M. T. Gaspar y P. Fuentes, (1993). *Listados Faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Inst. Biol. UNAM, México, 97 pp.
- Figuerola-Lucero, G., Ma. C. Hernández-Rubio, G. Rioss-Becerril y Ma. Luisa Sevilla-Hernández. (1999). Bioensayos de alimentación en alevines de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Pises: Atherinidae) bajo condiciones de laboratorio. *An. Esc. Nal. Ci.Biol. Méx.* 45:17-23.
- Holmes. R. A., Gibson.R. N. (1986). Visual cues determinig prey selection by turbot. *Scophalmus maximus* L.J. *Fish Biol.* 29A, 48-58.
- Ibáñez, A. y García. (1999). Metztitlán, limnología y análisis de una pesquería derivada de la acuicultura. Memorias de la IV Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuicultura. Cuernavaca, Morelos. 19-21 octubre.

-
- Ibáñez, A., García, Pérez-Rojas, Álvarez- Hernández, Álvarez-Silva y Núñez-Portugal. (2001). *El Lago de Metztitlán, Hidalgo*. En, De La Lanza, G. Y J. L. García Lagos y Presas de México. 2ª Edición. AGT, México. (en prensa).
- Lind, O.T. (1985). *Handbook of common methods in limnology*. Kendal/Hunt. Dubuque. 199p.
- Martín del Campo, R., (1955). Productos biológicos del Valle de México. *Rev. Mex. Est. Antropol.*, 14:53-57.
- Maya, J. P., G. Figueroa-Lucero y M. Soria-Barreto. (2000). Peces Dulceacuícolas Mexicanos XIX, ***Chirostoma humboldtianum*** (Atheriniphormes: Atherinopsidae). *Zoología Informa*. ENCB-IPN. México. 43: 59-74.
- Mayden, R. L. , B. M. Burr, L. M. Page and R.R. Miller, (1992). The Native Freshwater Fishes of Central América. In: R.L. Myden (Ed.) Systematics, Historical Ecology and North American Freshwater Fishes. Stanford University Press. Stanford, California.
- Métodos Normalizados,(1988). Procedimientos de prueba de toxicidad para el copépodo calanoide ***Acartia tonsa*** (Dana).

Méndez, F y E. Soto. 1996. Peces dulceacuícolas mexicanos *Chirostoma Riojai*.
Zoología informa. ENCB-IPN.

Moncayo, M. E., L. Flores R. Y A. Téllez P. 1983. Contribución al conocimiento de la
biología del charal *Chirostoma humboldtianum* en el embalse Cointzio, Mich.
Méx. Resúmenes de IV congreso nacional de ictiología. Morelia. Mich.

Moncayo, R., (1996). Estructura y función de la comunidad de peces de la laguna de
Zacapu, Michoacán, México. Tesis maestría en ciencias en Manejo de Recursos
Marinos, CICIMAR, IPN, México 172 pp.

Moreno-León, M. A. y E. Soto-Galera, (1995). Relaciones alimentarias de dos especies
del Género *Chirostoma* en condiciones de alopatria y sympatria. Resúmenes de
XIII Congreso Nacional de Zoología, Morelia, Mich. 88 pp.

Moreno-León, M. A. (1997). Implicaciones ecológicas de las relaciones alimentarias de
Chirostoma humboldtianum y *C. jordani*. Tesis maestría en Ciencias, Escuela
Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México, 143 pp.

Navarrete, N y S. Chazaro. 1992. Efecto trófico del charal *Chirostoma humboldtianum*
del embalse San Felipe Tiacaque, Estado de México. *Zoología*. ENEP, Iztacala.
Universidad Nacional Autónoma de México 2(1): 28-33.

Paulo-Maya, J. (2000). Peces dulceacuícolas mexicanos XLX. *Zoología informa*. ENCB-IPN.

Rosas, M., (1970). Pescado blanco su fomento y cultivo en México. Series de Divulgación del Instituto Nacional del Pescado del Instituto Nacional de Pesca. México. *Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras SIC Inst. No. 2*, 79 pp.

Rosas, M, 1976. *Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo*. Ediciones Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, San Jerónimo-Lidice. México.

Shirota, A., (1970). Studies on the mounth size of fish larvae. *Bull Jpn. Soc. Sci. Fish.* 36, 353-368.

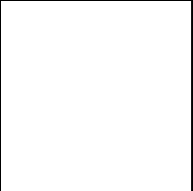
Soria-Barreto, M., J. Paulo Maya, A. Chacón y V. Segura-García, (1998). Peces dulceacuícolas mexicanos XVI. *Zoología Informa*, (38): 33-46.

Soto, G. C. (1953). Peces de la cuenca de México estudio zoológico y etnológico. Tesis licenciatura Biólogo, Facultad de ciencias, UNAM, México.44pp.

Suárez. E-morales y Reid. J. W. (1998). An Updated list the Free-Living Freshwater copepods (crustacea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 43 (2): 256-265.

Weatherley, H. 1972. Growth and Ecology of fish populations. Academic press. Londres, Inglaterra.

Yasuda, F., 1960. The feeding mechanisms in some carnivorous fish. Rec. *Oceanogr. Works Jpn.* 5, 153-160.





Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

IDONEA COMUNICACION DE RESULTADOS

ANALISIS EXPERIMENTAL DEL EFECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO MEZTITLAN, HIDALGO, SOBRE LA SOBREVIVENCIA DE HUEVOS Y ELEUTEROEMBRIONES Y EL CRECIMIENTO DE JUVENILES DE *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes, 1835)

En México, D.F. se presentaron a las 12:30 horas del día 30 del mes de MARZO del año 2004 en la Unidad IZTAPALAPA de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del Jurado designado por la Comisión del Posgrado

DR. JOSE LUIS ARREDONDO FIGUEROA;
M. EN C. PATRICIA MARGARITA ROJAS CARRILLO;
M. EN B. E. ANTONIO RODRIGUEZ CANTO;
M. EN C. GERARDO FIGUEROA LUCERO Y
DRA. MARIA ESTHER MEAVE CASTILLO

bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaria la última se reunieron a la presentación del Examen Grado de Maestra en:

BIOLOGIA

LAURA GEORGINA NUÑEZ GARCIA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIRECCION DE SISTEMAS ESCOLARES



de:

denominación aparece al margen y de acuerdo con el artículo 78 fracciones I, II, III y V del Reglamento de Estudios Superiores de esta Universidad, los miembros del Jurado resolvieron:

APROBARLA

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

LAURA GEORGINA NUÑEZ GARCIA
FIRMA DE LA INTERESADA

REVISO

LIC. CARMEN LLORENS FABREGAT
DIRECCION DE SISTEMAS ESCOLARES

VISTO BUENO

DR. GERARDO SAUCEDO CASTAÑEDA
DIRECTOR DE DIVISION

PRESIDENTE

DR. JOSE LUIS ARREDONDO FIGUEROA

VOCAL

M. EN C. PATRICIA MARGARITA ROJAS CARRILLO

VOCAL

M. EN B. E. ANTONIO RODRIGUEZ CANTO

VOCAL

M. EN C. GERARDO FIGUEROA LUCERO

SECRETARIA

DRA. MARIA ESTHER MEAVE CASTILLO