

Factibilidad de repoblación de *Chirostoma humboldtianum* Valenciennes, 1835 en el Lago Metztlán, Hidalgo, México

Viabilidade de repovoamento de *Chirostoma humboldtianum* Valenciennes, 1835 en el Lago Metztlán, Hidalgo, México

DOI:10.34115/basrv6n2-019

Recebimento dos originais: 14/01/2022

Aceitação para publicação: 28/02/2022

Laura Georgina Núñez-García

Maestra en Biología por Universidad Autónoma Metropolitana / Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Departamento de Hidrobiología

Instituição: Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa

Endereço: Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México, 09340 - México

E-mail: gior@xanum.uam.mx

Rubén Cabrera

Maestro en Biología Marina y Acuicultura con mención en Ecología Marina por la Universidad de La Habana, Facultad de Biología / Gabinete de Arqueología, Oficina del Historiador de la Ciudad, Habana Vieja, Cuba

Instituição: Oficina del Historiador de la Ciudad, Habana Vieja, Cuba.

Endereço: Calle Tacón # 12 e/ O'Reilly y Empedrado, Ciudad de La Habana - Cuba

E-mail: cabreraalgas@gmail.com

Jhoana Díaz-Larrea

Doctora en Ciencias Biológicas y de la Salud por la Universidad Autónoma Metropolitana / Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Hidrobiología

Instituição: Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa

Endereço: Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México, 09340 - México

E-mail: jhoanadiazl@gmail.com

Gabriela Vázquez Silva

Doctora en Ciencias Biológicas y de la Salud por la Universidad Autónoma Metropolitana / Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Departamento El hombre y su ambiente

Instituição: Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa

Endereço: Calzada del hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, 04960 - México

E-mail: gavaz@correo.xoc.uam.mx

Juan Ricardo Cruz-Aviña

Doctor en Ciencias Ambientales, Área de Medio Ambiente y Salud por la Benemérita / Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México/ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Fauna Silvestre. Laboratorio de Medicina de la ConservaciónI

Instituição: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Endereço: Carretera Tecamachalco Cañada Morelos Km 7.5 El salado 75460, Tecamachalco,
Puebla - México
E-mail: juan.cruzavina@correo.buap.mx

RESUMEN

Aunque el cultivo del género *Chirostoma* se ha establecido en las últimas décadas en Argentina, el proceso de domesticación para el endémico mexicano *Chirostoma humboldtianum* está en sus inicios. La fragmentación de sus hábitats y la introducción de especies como alternativa de consumo en acuicultura, han afectado severamente su presencia en los embalses naturales, al punto de ser considerada una especie amenazada. El presente estudio se basa en tratamientos con diferentes tipos de agua como factor a considerar para su reintroducción efectiva. Se demostró que la calidad del agua influye en la supervivencia del pejerrey y su desarrollo desde la fase de huevo, eleuteroembriones hasta juveniles en las condiciones de la calidad del agua evaluada, y por consiguiente harán factible su reintroducción en el Lago de Metztlán, Hidalgo. Al ser los huevos y eleuteroembriones capaces de adaptarse a las condiciones del agua del Lago de Metztlán, Hidalgo, se hace viable su introducción en la zona de estudio.

Palabras-clave: calidad del agua, acuicultura, pejerrey, México.

RESUMO

Embora o cultivo do gênero *Chirostoma* tenha sido estabelecido nas últimas décadas na Argentina, o processo de domesticação do endêmico mexicano *Chirostoma humboldtianum* está em sua infância. A fragmentação de seus habitats e a introdução de espécies como alternativa de consumo na aquicultura afetaram severamente sua presença em reservatórios naturais, a ponto de ser considerada uma espécie ameaçada. O presente estudo baseia-se em tratamentos com diferentes tipos de água como fator a considerar para sua efetiva reintrodução. Foi demonstrado que a qualidade da água influencia a sobrevivência do pejerrey e seu desenvolvimento desde o estágio de ovo, eleutheroembriões até juvenis nas condições da qualidade da água avaliada e, portanto, tornará viável sua reintrodução no Lago Metztlán, Hidalgo. Sendo os ovos e eleutheroembriões capazes de se adaptar às condições da água do Lago Metztlán, Hidalgo, sua introdução na área de estudo é viável.

Palavras-chave: qualidade da água, aquicultura, pejerrey, México.

1 INTRODUCCIÓN

Chirostoma humboldtianum conocido popularmente como: pejerrey dientuso, es un pez blanco que goza de gran aceptación en la dieta del pueblo mexicano, debido al sabor suave de su carne y motivado también por sus pocas espinas [1]. Históricamente presentó una amplia distribución en la Meseta Central de México; donde fue consumido activamente por los pueblos aztecas desde épocas prehispánicas [2]. Sin embargo, modificaciones de los hábitats, la sobrepesca, la contaminación del agua y la introducción de peces exóticos; para fomentar la acuicultura, redujeron considerablemente el tamaño de sus poblaciones [3] [4]. Y causaron su desaparición en muchos cuerpos de agua del territorio nacional mexicano [5]. El pejerrey tiene una vida útil de 3 años y alcanza la madurez aproximadamente a los 12 meses de edad [6]. Es ovíparo,

con desove asincrónico durante todo el año, pero con un pico marcado, de marzo a agosto y aunque esta información es ampliamente difundida [7], aún resta mucho por hacer para cerrar el ciclo de cultivo.

Desde que se informó en 1957 (Álvarez del Villar & Navarro *ob. cit.*), el declive de *C. humboldtianum* por las modificaciones en sus hábitats debido a la sobrepesca, la contaminación del agua e introducción de peces no nativos, se han reducido considerablemente el tamaño de sus poblaciones por lo que muchos han sido los intentos para domesticar la especie. Situación que también es común para otras cuatro especies del género, donde tampoco se ha cerrado el ciclo de cultivo [5].

Esta ausencia de la especie en los lagos de la meseta central, produjo también un vacío en la cadena trófica zooplanctónica; donde antes medraba el pejerrey, activo consumidor de zooplancton en estadios tempranos. Por lo que la disponibilidad de un nicho no ocupado, facilitaría la introducción de la especie en los lagos interiores de la meseta de México, y si efectivamente *C. humboldtianum* es capaz de sobrevivir y crecer desde la fase de huevo hasta el estadio juvenil en las condiciones de calidad del agua del Lago de Metztitlán, Hidalgo, entonces una evaluación previa de la calidad del agua podría permitir su factible introducción en esta localidad.

La presente investigación constituye 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.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

Sobre la planicie mexicana hacia el centro del estado de Hidalgo se encuentra ubicado el lago de Metztitlán, con una localización geográfica de 20° 43' LN y 98° 53' LO. Al extremo noroeste de una cuenca endorreica con una superficie de 3,230 km² y una altitud aproximada de 1260 msnm [metros sobre el nivel del mar], aproximadamente a 88 kilómetros de la capital del estado.

El espejo de agua de la laguna varía en el año en función del caudal del río [8] y la zona agrícola, la cual ha ido ganando terreno al lago año en año, por lo que se considera una superficie cambiante cuyo promedio ha quedado reducido a menos de 500 ha [hectáreas] [9]. Tiene una profundidad entre 9 y 10 m, y contiene poco menos de 15 hm³ [hectómetro cúbico] [10].

2.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA DE LOS BIOENSAYOS CON *C. humboldtianum*

En los dos primeros bioensayos (huevos y eleuteroembriones) se midieron los siguientes parámetros físicoquímicos: 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), se registró adicionalmente la alcalinidad y la dureza total, para lo que se utilizó 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 (h) 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 llevó a cabo de diciembre del 2002 a marzo del 2003.

2.3 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 (litros), 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.

2.4 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.

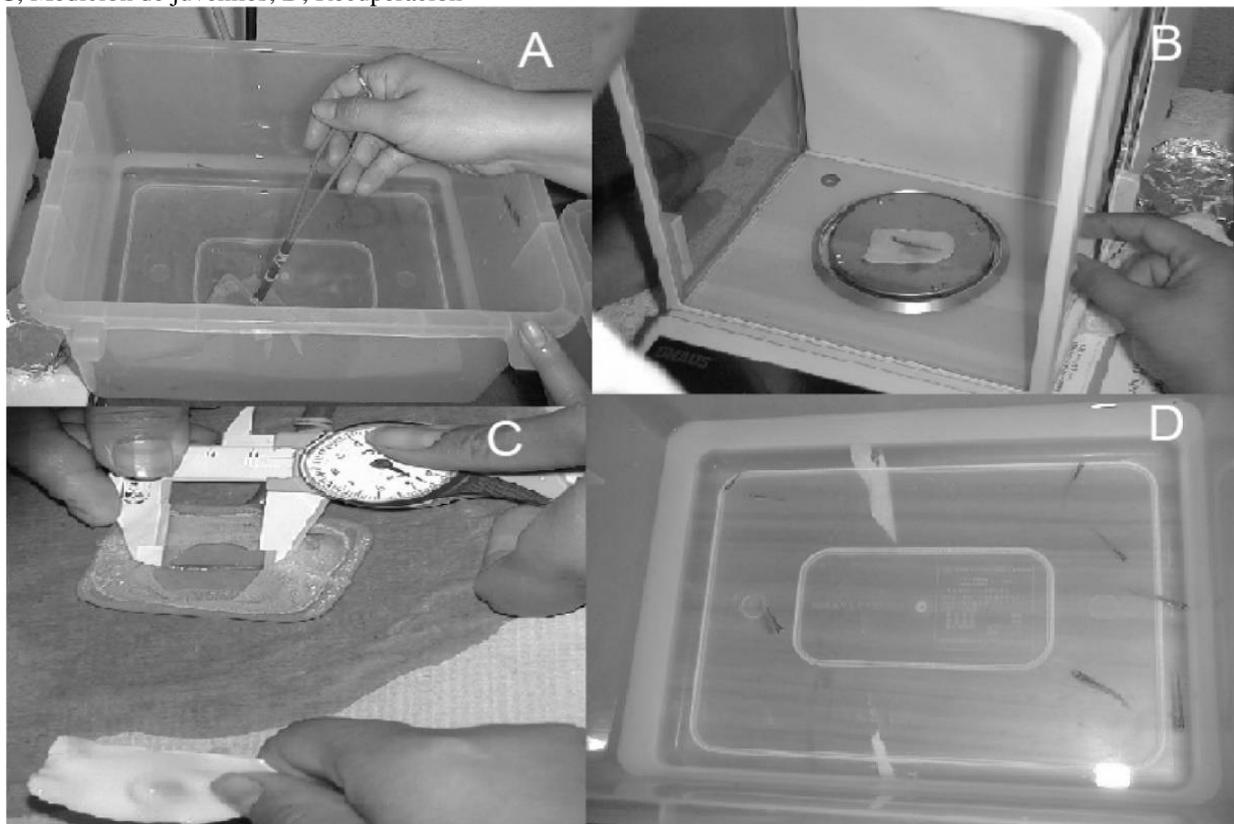
2.5 BIOENSAYO DE SOBREVIVENCIA CON JUVENILES DE *C. humboldtianum*

Este bioensayo se realizó a temperatura ambiente utilizándose dos tratamientos por triplicado para juveniles de *C. humboldtianum*, un control con agua de la PExPA [Planta Experimental de Producción Acuícola, en Universidad Autónoma Metropolitana UAM-Iztapalapa] 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 36 recambios de agua al día.

Se utilizaron dos densidades diferentes de 50 y 25 juveniles de una sola cohorte y 30 días de eclosionados. 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.

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 (Figura 1).

Figura 1. Algunos procedimientos empleados en los bioensayos. A, Anestesia de juveniles; B, Pesado de juveniles; C, Medición de juveniles; D, Recuperación



2.6 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.

Los eleuteroembriones se alimentaron diariamente por la mañana durante 15 días probando cinco dietas diferentes por cuadruplicado; un control y cuatro experimentales (Tabla 1). 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.

Tabla 1. 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 copépodos	15 ml de rotíferos y 125 copépodos	5 ml de rotíferos y 375 copépodos	10 ml de rotíferos, 125 copépodos y 175 cladóceros

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 copépodos. La dieta 2, consistió en 75% rotíferos y 25% copépodos. Se agregaron 15 ml de rotífero y 125 copépodos. La dieta 3, consistió en 25% rotíferos y 75% copépodos. Se agregaron 5ml de rotíferos y 375 copépodos. La dieta 4, consistió en 50% rotíferos, 25% copépodos y 25% cladóceros. Se agregaron 10ml de rotíferos, 125 copépodos y 175 cladóceros.

3 RESULTADOS

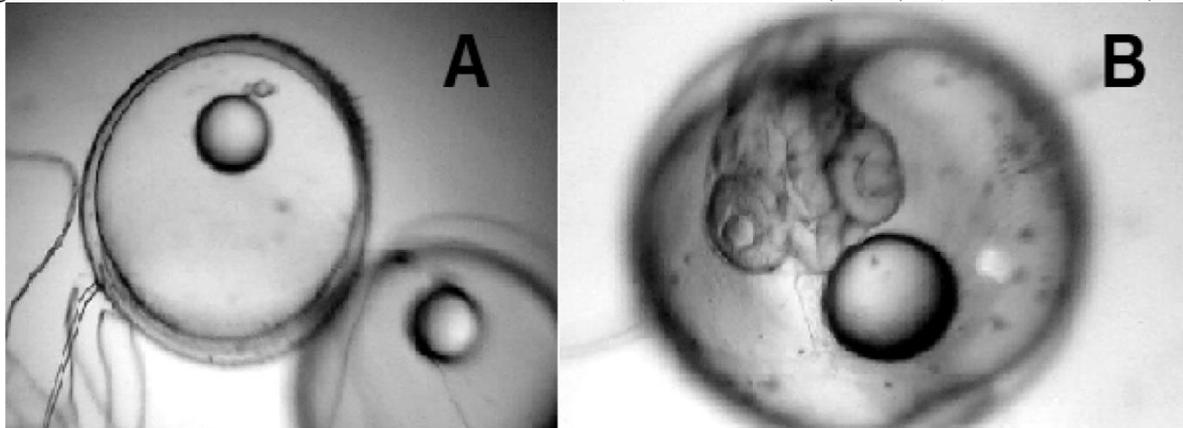
3.1 BIOENSAYO DE SOBREVIVENCIA CON HUEVOS DE *C. humboldtianum*

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 eleuteroembrión no logró eclosionar (Tabla 2). Sin embargo, los restantes huevos presentaron un desarrollo adecuado a lo largo del estudio experimental (Figura 2).

 Tabla 2. Porcentaje de sobrevivencia de huevos de *C. humboldtianum* con 96 hrs de incubación, con el empleo de cuatro diferentes mezclas de agua. PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztitlán = 100% agua del Lago de Metztitlán; 50/50 = 50% agua del Lago Metztitlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada (n=16).

	Tratamientos			
	huevos			
Repeticiones	PExPA	Metztitlán	50 / 50	75 / 25
R1 (n=4)	100%	100%	100%	100%
R2 (n=4)	100%	100%	100%	100%
R3 (n=4)	100%	100%	100%	100%
R4 (n=4)	100%	100%	100%	95%

Figure 2. Estadios huevos fertilizados de *C. humboldtianu* A, huevo fertilizado (48 hrs). B, huevo fertilizado (96 hrs)



3.2 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%. Ello indica que la calidad de agua del Lago de Metztitlán no representa un problema para la sobrevivencia, desarrollo y crecimiento del *C. humboldtianum* (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de sobrevivencia de eleuteroembriones de *C. humboldtianum*. PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztitlán = 100% agua del Lago de Metztitlán, Hidalgo; 50/50 = 50% agua del Lago Metztitlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada

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%

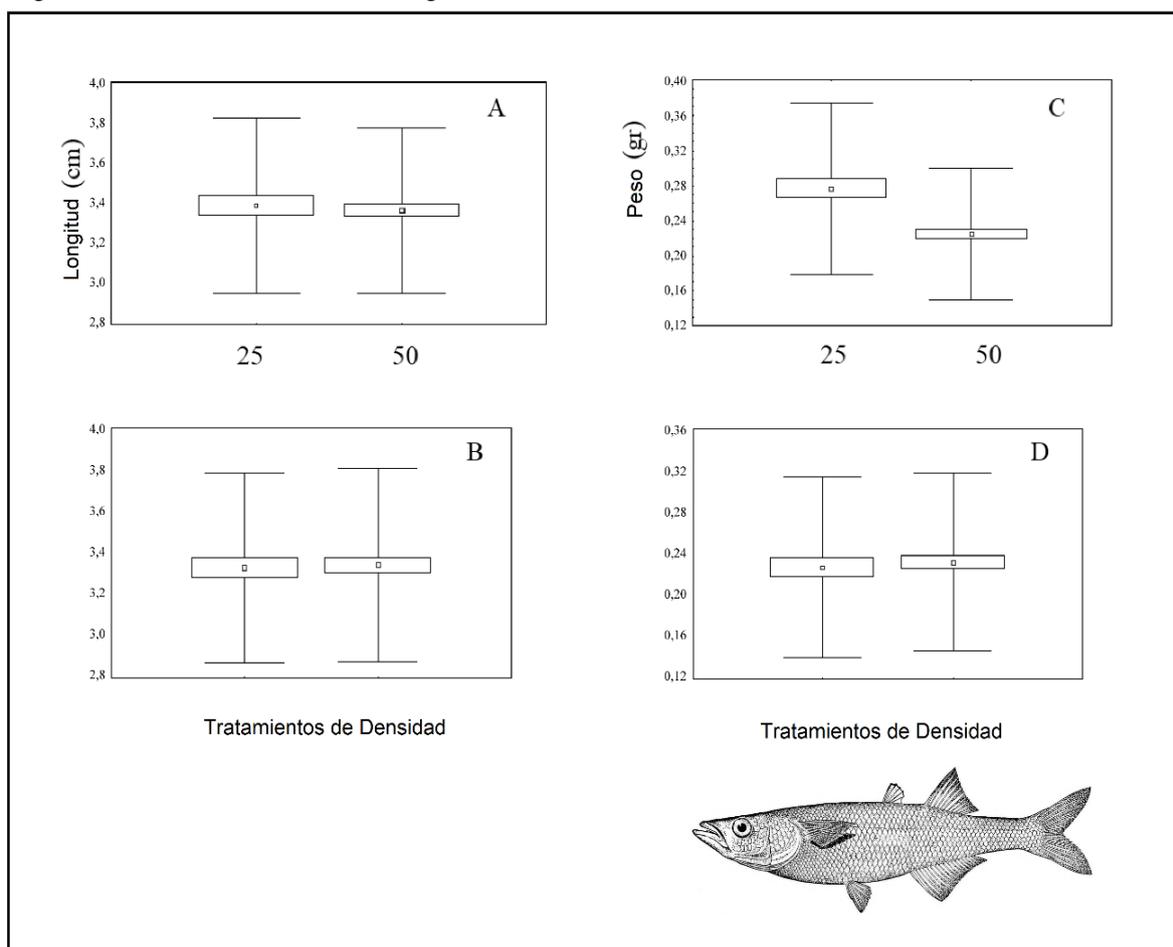
3.3 BIOENSAYO DE SOBREVIVENCIA CON JUVENILES DE *C. humboldtianum*

Durante este bioensayo no se observó ninguna muerte de los 450 eleuteroembriones a su término 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 (Figura 3) (Tabla 4).

Tabla 4. 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%

Figura 3. Ensayos biométricos para las variables longitud y peso en juveniles de *C. humboldtianum* en dos tratamientos de agua (PExPA & Metztitlán) y para dos clases de densidad (25 y 50 peces). Longitud **A, B**. Peso **C, D**. [**A**=PExPA, **B**=Lago de Metztitlán, **C**= PExPA, **D**= Lago de Metztitlán]



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 ($p \leq 0.05$).

3.4 BIOENSAYO DE ALIMENTACIÓN CON ELEUTEROEMBRIONES DE *C. humboldtianum*

3.4.1 Caracterización fisicoquímica del agua del Lago de Metztitlán, Hidalgo

3.4.2 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 (5,6 y 7) (Figura 4).

Tabla 5. Valores promedio de la temperatura del agua, registrados (° C) durante el bioensayo con huevos de *C. humboldtianum*. [PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztitlán = 100% agua del lago de Metztitlán, Hidalgo; 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; DE. = desviación estándar; V. mín = valor mínimo; V. máx = valor máximo; CV = coeficiente de variación]

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
DE	1.3	1.5	1.2	1.5
Vmín	16.0	15.0	16.0	15.0
Vmáx	20.0	20.0	20.0	21.0
CV	7	8	7	8

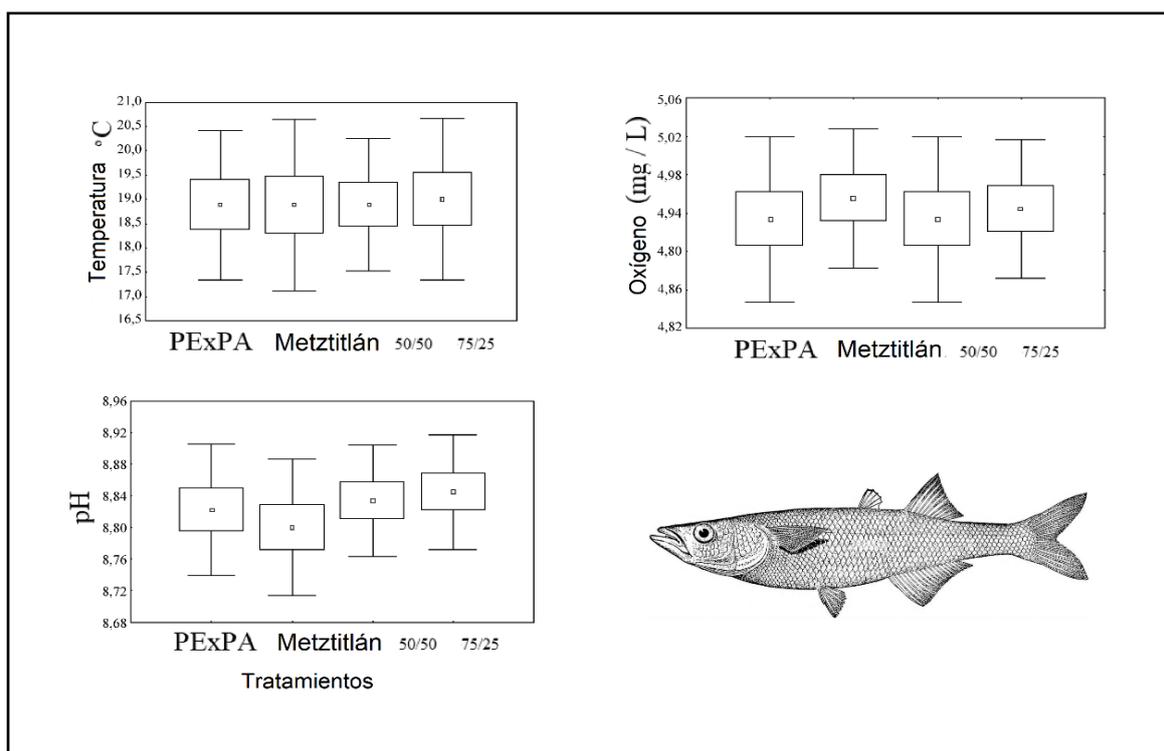
Tabla 6. Valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto del agua en mg/L, registrados durante los bioensayos con huevos de *C. humboldtianum*. [PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztitlán = 100% agua del lago de Metztitlán, Hidalgo; 50/50 = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada]

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
DE	0.1	0.1	0.1	0.1
Vmín	4.9	4.9	4.8	4.8
Vmáx	5.0	5.0	5.0	5.0
CV	2	2	2	2

Tabla 7. Valores promedio del pH del agua, registrados durante los bioensayos con huevos. [PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztitlán = 100% agua del lago de Metztitlán, Hidalgo; 50/50 = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada]

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
DE	0.7	0.7	0.7	0.7
Vmáx	8.9	8.9	8.9	8.9
Vmín	8.7	8.7	8.7	8.7
CV	8	8	8	8

Figura 4. Bioensayo con huevos de *C. humboldtianum* [PExPA P = 100%; agua de Metztitlán = 100% agua del lago de Metztitlán; 50/50 = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada]



3.4.3 Bioensayo con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*

Los resultados del registro de las temperaturas y concentraciones de oxígeno y pH de este bioensayo, se presentan en las tablas (8,9 y 10) (Figura 5).

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

eleuteroembriones de *C. humboldtianum*. [PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztlán = 100% agua del lago de Metztlán, Hidalgo; 50/50 = 50% agua del lago Metztlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztlán y 25% agua destilada

Horas	Eleuteroembriones			
	PExPA	Metztlán	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
DE	1.3	1.6	1.3	1.7
Vmín	16	15	16	17
Vmáx	20	20	20	21
CV	7	9	7	9

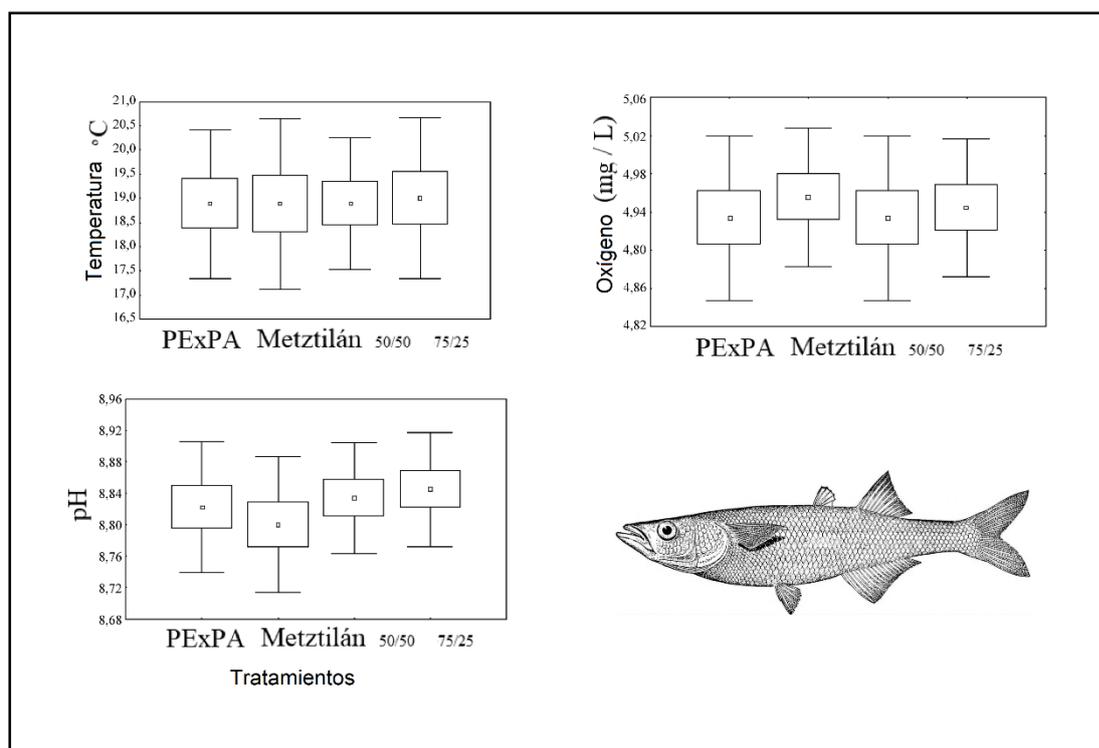
Tabla 9. Valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto del agua en mg/L, registrados durante los bioensayos con eleuteroembriones de *C. humboldtianum*. [PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztlán = 100% agua del lago de Metztlán, Hidalgo; 50/50 = 50% agua del lago Metztlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztlán y 25% agua destilada

Horas	Eleuteroembriones			
	PExPA	Metztlán	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
DE	0.1	0.1	0.1	0.1
Vmín	4.9	4.9	4.8	4.8
Vmáx	5.0	5.0	5.0	5.0
CV	2	2	2	2

Tabla 10. Valores promedio del pH del agua, registrados durante los bioensayos con eleuterioembriones de *C. humboldtianum*. [PExPA = 100% agua de la PExPA; Metztitlán = 100% agua del lago de Metztitlán, Hidalgo; 50/50 = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada]

Eleuterioembriones				
Horas	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
DE	0.8	0.9	0.7	0.7
Vmáx	8.9	8.9	8.9	8.9
Vmín	8.7	8.7	8.7	8.7
CV	9	9	8	8

Figura 5. Bioensayo con eleuterioembriones de *C. humboldtianum*. [PExPA P = 100%; agua de Metztitlán = 100% agua del lago de Metztitlán; 50/50 = 50% agua del lago Metztitlán y 50% de agua destilada; 75/25 = 75% agua Metztitlán y 25% agua destilada]



4 DISCUSIÓN

De los estudios realizados en el Lago de Metztitlán sobre pesquerías, plancton, calidad del agua y sedimentología se obtuvo una caracterización general del estado ecológico del embalse [11], lo que permite plantear un manejo eficaz de los recursos que el Lago provee, entre ellos las

pesquerías sustentadas en tilapias y carpas, las cuales son variables debido a la sobrepesca de estas especies [8].

Algunos estudios como los realizados por [11] valoraron la introducción de una especie como *C. humboldtianum*, la cual se presumía 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 dominantes, lo cual ha quedado demostrado al menos en su etapa preliminar en el presente estudio [12].

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.

Como se expone en diferentes resultados publicados, el pejerrey dientuso tiene una vida útil de 3 años y puestas asincrónicas durante todo el año en el medio natural, y picos marcados de marzo a agosto [13] [14].

En cautiverio el número de huevos por puesta oscila entre 120 y 1200 [15]. Por su parte, el cortejo se lleva a cabo cerca de la superficie en áreas bien oxigenadas, con baja acción de las olas y vegetación sumergida, que sirve de sustrato para la puesta de huevos. Cada evento de desove representa una sola hueva/óvulos [16]. Con respecto a la reproducción controlada de esta especie, el estado del conocimiento es débil [17]; y aunque se tiene información sobre la utilización y aplicación de ciclos fototérmicos artificiales [18], son necesarios más estudios con respecto a la especie. Aunque entre los teleósteos en general, la importancia de la temperatura y fotoperíodo en la estimulación de la gametogénesis está bien establecido [19], son precisos otros ensayos en la especie para tener mejores estimados.

En los resultados sobre la influencia de factores abióticos (ver Figuras 7 y 8) se puede apreciar que los tres parámetros evaluados en estos bioensayos; fueron constantes a lo largo del experimento, lo cual se demuestra por los bajos valores de los coeficientes de variación obtenidos (ver Tablas 6-10). Por lo que, puede afirmarse que: tanto huevos como eleuterioembriones son capaces de adaptarse a las condiciones del agua del Lago de Metztitlán, Hidalgo, lo que hace factible su reintroducción controlada en la zona de estudio en correspondencia con lo sugerido previamente por [20].

REFERENCIAS

- [1] ROSAS, M. Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Ediciones Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, San Jerónimo-Lídice. México, 1976.
- [2] BARRIGA-SOSA, I.D.L.A.; IBAÑEZ-AGUIRRE, A.L.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L. Morphological and genetic variation on seven species of the endangered *Chirostoma humboldtianum* species group Q (Atheriniformes: Atherinopsidae). *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. **Revista de Biología Tropical**, 50 (1), 199 - 216, 2002.
- [3] Álvarez del Villar, J.; L. Navarro. Los peces del valle de México. Secretaría de Marina, Instituto Nacional de Pesca, Dirección de Pesca e Industrias Conexas, México, D.F. 62 p, 1957.
- [4] BARBOUR, C.D. The systematics and evolution of the Genus *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinidae). **Tulane studies in Zoology and Botany**. 18(3):97-137, 1973.
- [5] BLANCAS-ARROYO, G.A.; G. FIGUEROA-LUCERO, I.D.; L.A. BARRIGA-SOSA; J.L. ARREDONDO-FIGUERO. Efectos de un ciclo fototérmico artificial sobre la reproducción de la pejerreyesa dientuso, *Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835 (Pisces: Atherinopsidae). **Acuicultura**, 241 (1-4): 575-585, 2004. doi:10.1016 /.
- [6] FROESE, R.; PAULY, D. *Chirostoma humboldtianum* en FishBase. Versión de abril de 2019.
- [7] FIGUEROA-LUCERO, G.; PAULO-MAYA, J.; HERNÁNDEZ-RUBIO, M.C. Retrospectiva y avances en el conocimiento de la biología y ecología de los charales y peces blancos del género *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) en la ENCB-IPN. En: Rojas-Carrillo, P., Fuentes-Castellano, D. (Eds.), *Historia y Avances del Cultivo de Pescado Blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D. F., 29-48, 2003.
- [8] MENDOZA CARIÑO, M.; BAUTISTA OLIVAS, A. L.; QUEVEDO NOLASCO, A.; MENDOZA CARIÑO, DANIEL (2018). Análisis hidrológico de largo plazo en la cuenca del río Metztitlán Hidalgo, México, y su relación con el cambio climático. **Hidrobiológica**, 28 (1): 17-30, 2018, ISSN 0188-8897.
- [9] IBÁÑEZ, A. L.; GARCÍA CALDERÓN, J. L.; TORRES OROZCO B. R. Aspectos reproductivos de una población del charal *Menidia jordani* (Woolman) del Lago de Metztitlán, Hidalgo. **Hidrobiológica**, 18(1): 1-9, 2008.
- [10] MENDOZA, M; QUEVEDO, A.; NIKOLSKII, L.; RUBIÑOS, E.; HERNÁNDEZ, E. Impacto y caudales ambientales del túnel propuesto en la laguna Metztitlán, Hidalgo, México. **Tecnología y ciencias del agua**, 2 (4): 111-129, 2011. ISSN 2007-2422.
- [11] IBÁÑEZ, A.; PÉREZ-ROJAS, C.; ÁLVAREZ- HERNÁNDEZ, M.; ÁLVAREZ-SILVA, E.; NÚÑEZ-PORTUGAL, M. El Lago de Metztitlán, Hidalgo. En: De La Lanza, G. & J. L. García Lagos y Presas de México. 2ª Edición. AGT, 2001, México
- [12] NÚÑEZ-GARCÍA, L. 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). Tesis presentada en opción al título de Máster en Biología. Universidad Metropolitana Autónoma de México, 60 pp, 2004.

[13] PAULO, J. Situación actual sobre el conocimiento de la Biología del género *Chirostoma Swaison* (Pisces: Atherinopsidae). Ejercicio predoctoral. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México. 213 p, 2000.

[14] BARRIGA-SOSA I. DE LOS A. Variabilidad morfológica, merística y molecular de especies del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinopsidae). PhD Tesis., Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D. F. 199 p, 2001.

[15] URBINA-SÁNCHEZ, I.; C.G. PANIAGUA-CHÁVEZ.; R. FIERRO.; G. FIGUEROA-LUCERO.; I.D.L.A. BARRIGA-SOSA. Variación cariotípica intraespecífica en el pez pejerrey *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniformes: Atherinopsidae). **Hidrobiológica**, 26 (1): 93-101, 2016. doi:10.24275 / uam / izt / dcbs / hidro / 2016v26n1 / barriga.

[16] FIGUEROA-LUCERO, G.; HERNÁNDEZ-RUBIO, M. C.; RIOSS-BECERRIL, G.; SEVILLA-HERNÁNDEZ, M. L. Bioensayos de alimentación en alevines de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Pisces: Atherinidae) bajo condiciones de laboratorio. **Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas**, 45:17-23, 1999.

[17] GARCÍA-DE-LEÓN, F.J.; J.P. RAMÍREZ-HERREJÓN; R. GARCÍA-ORTEGA; D.A. HENDRICKSON. Patrones de forrajeo de cuatro especies simpátricas de pejerreyes (Atheriniformes: Atherinopsidae) en el Lago de Pátzcuaro, Centro de México. **Cuadernos de Investigación UNED**, 6 (1): 127-139, 2014.

[18] BLANCAS-ARROYO, G. A.; FIGUEROA-LUCERO, G.; BARRIGA-SOSA, I.D.L.A.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L. Effects of an artificial photothermal cycle on the reproduction of the shortfin silverside, *Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835 (Pisces: Atherinopsidae), **Aquaculture**, 241 (1-4): 575-585, 2004. ISSN0044-8486, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.08.014>.

[19] WEIL, C. Evidence of GnRH receptors in cultured pituitary cells of the winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus* W). **General and Comparative Endocrinology** 85, 156-158, 1992.

[20] SASSO Y.L.; GUTIÉRREZ, M.R.; CASAS, N.F.; CHAVEZ, S.S. 1997. Estudio de la factibilidad técnica, económica y financiera para el cultivo de pescado blanco en Jalisco. SEMARNAP. Subsecretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura. Acuagranjas, México, D.F. 223 pp.