

Efecto de la salinidad en la sobrevivencia de peces silvestres del género *Chirostoma* durante el transporte y mantenimiento en laboratorio

The effect of salinity on the survival during the transport and culture of wild fish of the genus *Chirostoma*

Guillermo Artemio Blancas-Arroyo, Rocío Frías-Sevilla,
Eréndira De la Rosa-Pimentel, Virginia Suárez-Navarro,
José Rodolfo Castro-Gómez y Javier Magaña-Morales

Carrera de Biología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. 5 de Mayo y Fuerte de Loreto, Colonia Ejército de Oriente, México, D. F. Código Postal 09230, México
e-mail: blancas.guillermo@yahoo.com

Blancas-Arroyo G. A., R. Frías-Sevilla, E. de la Rosa-Pimentel, V. Suárez-Navarro, J. R. Castro-Gómez y J. Magaña-Morales. 2014. Efecto de la salinidad en la sobrevivencia de peces silvestres del género *Chirostoma* durante el transporte y mantenimiento en laboratorio. *Hidrobiológica* 24 (3): 223-230.

RESUMEN

Se comprobó el efecto de la salinidad en la sobrevivencia de peces silvestres del género *Chirostoma*, durante su transporte y aclimatación. Estos organismos son endémicos de México y conocidos como "peces blancos y charales"; los cuales se han caracterizado por su hipersensibilidad al manejo y su alto grado de estrés. Los modelos biológicos fueron dos especies de charales: *Chirostoma jordani* de Xochimilco cuenca de México y *C. chapalae* de Queréndaro subcuenca de Cuitzeo Michoacán. Se transportaron 120 peces bajo salinidades de 0, 5 y 10 ups a la Ciudad de México, resultado de cuatro capturas. Para su ambientación y aclimatación se utilizaron sistemas de recirculación cerrado a estas salinidades. Fueron alimentados con alimento vivo. Durante el transporte, la probabilidad de que los peces sobrevivan a salinidades de 0 ups fluctuó entre 5 a 31%, mientras a salinidades de 5 y 10 ups se ubicó entre 95 y 100%. Durante la ambientación la mayor sobrevivencia se obtuvo a 5 ups. Se concluyó que deben transportarse en 10 ups y ambientarse en 5 ups de salinidad.

Palabras clave: Charales, sobrevivencia, salinidad.

ABSTRACT

The effect of the salinity was verified on survival of wild fish of genus *Chirostoma*, during transportation and acclimatization. These organisms are endemic in Mexico and they are known as "silverside fish and shortfin charales"; which have been characterized by their hypersensitivity to the management and their high degree of stress. The biological models were two species of charales: Xochimilco's *Chirostoma jordani* basin of Mexico and *C. chapalae* of Querendaro Cuitzeo Michoacan's subbasin. 120 fish were transported in salinities of 0, 5 and 10 psu to Mexico City, as a result of four catches. The mortality due to the transport was evaluated for their setting and acclimatization recirculation systems were used closed to these salinities, fish were fed with live feed. The results indicated that during their transport, the likelihood that the fish survive to salinities of 0 psu ranged from 5 to 31%, while at salinities of 5 and 10 psu were between 95 and 100%. During the setting the highest survival was obtained at 5 psu. It is concluded that this species should be transported in 10 psu and acclimatization by themselves should be at 5 psu salinity.

Key words: Charales, survival, salinity.

INTRODUCCIÓN

Los organismos acuáticos incluyendo a los peces teleósteos, viven en ambientes con una composición diferente a la de su medio interno, y por tanto, existe un intercambio pasivo de iones y agua entre el interior del organismo y su medio exterior (Arjona *et al.*, 2007). Los peces, en función de la salinidad del medio en el que se encuentren, pueden adoptar dos estrategias osmorreguladoras para mantener la homeostasis en su medio interno: a) La regulación hipo-osmótica en los animales adaptados a un ambiente hiper-osmótico (ambientes marinos y salobres), la cual contrarresta la ganancia pasiva de iones y la pérdida osmótica del agua y b) la regulación hiper-osmótica en los animales adaptados a un ambiente hipo-osmótico (ambiente dulceacuícola), que contrarresta la entrada pasiva de agua y la pérdida de iones hacia el ambiente. Ambas modalidades de osmorregulación son posibles gracias a diferentes órganos osmorreguladores (epitelio branquial, glomérulos del riñón y permeabilidad de tubo digestivo), cuya actividad es controlada por un elevado número de hormonas hipofisarias (prolactina, hormona del crecimiento, entre otras) y extra hipofisarias (principalmente cortisol, hormonas tiroideas, entre otras). El fundamento celular y molecular de la difusión y balance iónico, se basa en la permeabilidad de la membrana celular y los mecanismos de transporte pasivo y activo, este último con la participación de la bomba de Na^+ y K^+ -ATPasa (Evans, 1995; Arjona *et al.*, 2007).

Esta cualidad de los organismos acuáticos, ha sido aprovechada desde hace algunos años en la acuicultura. El uso de la salinidad en la piscicultura forma parte de la biotecnología piscícola por su efectividad para reducir el estrés en peces Teleósteos (Swann & Fitzgerald, 2000; Vázquez *et al.*, 2013). El manejo de la salinidad brinda por tanto una alternativa económica para lograr el dominio de los procesos biotecnológicos en la domesticación, cultivo y su consecuente rescate de especies que presenten dificultades en su manejo. Tal es el caso de los peces del género *Chirostoma* (conocidos comúnmente como peces blancos y charales), los cuales son endémicos de la meseta central de la República Mexicana (Barbour, 1973) y por años han sido un legado cultural de la pesca tradicional en México.

Una de las razones por las cuales aún no se ha logrado la domesticación y el cultivo de los peces del género *Chirostoma*, es su alto grado de hipersensibilidad a los estímulos ambientales. El manejo de valores de salinidad ya ha sido utilizada y recomendada como tratamiento profiláctico y prevención de enfermedades e inclusive como agente anestésico en peces y específicamente efectiva en la prevención contra infestación micótica en huevo de charales y peces blancos (Figueroa-Lucero *et al.*, 2003; Martínez-Palacios *et al.*, 2003; Figueroa, 2006). Algunas investigaciones que han incluido la salinidad en el manejo de peces blancos silvestres en su manipulación y en su captura informan de resultados positivos en su manejo en cautiverio, (Blancas-Arroyo *et al.*, 2003a;

2004), lo cual, hasta el momento había sustentado la hipótesis de que el manejo adecuado en los de salinidad favorece la sobrevivencia en el transporte, la aclimatación y el cultivo de estos organismos.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la salinidad, en peces silvestres del género *Chirostoma*, para el control del estrés ocasionado por la captura, manejo, traslado y su efecto en los primeros días de adaptación a sistemas de cultivo con recirculación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño experimental incluyó dos especies de charal como modelos biológicos: *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) que habita la zona lacustre de Xochimilco (19°17'11,0"N; 99°06'07,5"O, 489 247 E- 2103 525 N UTM), con una elevación de 2237 msnm y *Chirostoma chapalae* (Jordan and Snyder, 1990), capturado en la laguna de Queréndaro Michoacán (19°48'32,6"N; 100°51'8,4"O, 305 978 E- 2 191 412 N UTM), con una altitud de 2210 msnm, datos obtenidos con ayuda de un GPS (modelo eTrex-GARMIN). La población en estudio fue de 120 charales, 60 de cada especie. Se realizaron cuatro capturas, bajo el mismo diseño experimental, dos en cada ecosistema, incluyendo su traslado a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México (FES-Z. UNAM), Ciudad de México, para su posterior aclimatación en sistemas cerrados de recirculación.

Al momento de la pesca se registró la temperatura del agua y concentración de oxígeno disuelto, empleando un oxímetro digital marca YSI (modelo 55), el pH del agua, con un potenciómetro marca Corning. Después de la captura y como tratamiento previo a su transporte, los peces fueron colocados en contenedores de acrílico de 40 L, con agua limpia a temperatura de captura y con saturación de oxígeno. Posteriormente se seleccionaron los peces que reunieran las siguientes características: talla mínima de 5 cm de longitud total, apariencia sana, de nado vigoroso y que no presentaran sintomatología de estrés (color oscuro y nado superficial). Fueron empacados para su transporte en bolsas de plástico a una densidad de carga de 2 org.L y 1 org.L para Xochimilco y Queréndaro respectivamente, conforme a lo que señalan diferentes autores para peces de este género. (Navarrete-Salgado & Morales-Ventura, 2000; Blancas-Arroyo *et al.*, 2003a; Sánchez, 2008). La razón de las diferentes capacidades de carga se fijó conforme al tiempo de traslado a la ciudad de México, el cual fue de 1 a 5 h respectivamente.

En el caso del charal de Xochimilco *C. jordani*, los peces fueron capturados en los meses de marzo y septiembre de 2011, en los canales de Cuemanco. Con la colaboración de pescadores de la zona, fueron ubicados los sitios específicos donde se encuentran los cardúmenes, dicha captura se realizó en las orillas de los canales, en virtud de que se conoce que estos peces presentan

los hábitos de refugiarse en zonas donde existe vegetación (Paulo-Maya, 2000) se empleó una red triangular de cuchara de 1.5 m² de superficie y con luz de malla de 1.0 cm. Los ejemplares de charal en la laguna de Queréndaro Michoacán (*Chirostoma chapalae*), fueron capturados con red "Charalera", conocida localmente como "tumbo para charal", con ayuda de pescadores del sitio. La pesca se realizó en los meses de abril y octubre de 2011, y se aplicaron los mismos criterios de elección de organismos y procedimientos de empaque.

El diseño experimental consistió en cuatro réplicas (meses colectados y lugar de captura) por tratamiento y 30 organismos por réplica. En todos los casos, los peces se distribuyeron en seis bolsas de plástico. Dos bolsas con agua a cada salinidad (0, 5 y 10 ups, con sal de mar libre de lodo). Estas fueron colocadas en contenedores y durante el tiempo de transporte a la Ciudad de México, se registró la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura, cuidando que se conservarán las condiciones de captura y cuantificando la sobrevivencia en cada caso. La mortalidad registrada durante las primeras 24 h a partir del momento de captura, fue atribuida al efecto del transporte y la registrada en los 7 días posteriores al proceso de aclimatación.

Los peces fueron recibidos y colocados en sistemas con recirculación cerrada en contenedores con capacidad de 100 L, los cuales contaron con bombas de recirculación que les permitió recambios de 50 L h⁻¹ y un biofiltro, para mantener la adecuada calidad del agua, conservando siempre la salinidad a la que fueron transportados. Para verificar la calidad de agua, se monitoreó diariamente el oxígeno disuelto empleando un oxímetro YSI (modelo 55), el bióxido de carbono (método titrimétrico, (APHA-AWWA-WPCF, 1992), pH técnica instrumental y temperatura en todos los sistemas y cada semana la concentración de Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) método del Fenato (APHA-AWWA-WPCF, 1992). Fueron alimentados *ad libitum*, con artemia enriquecida con lactobacilos, pulga de agua (*Daphnia* sp. y *Moina* sp.), Gusano de fango (*Limnodrilus* sp.) y alimento artificial consistente en peletizado de iniciación para tilapia (marca Purina, con 45% de proteína). Los peces muertos durante el transporte fueron reemplazados con otros ejemplares en las mismas condiciones conforme al diseño metodológico. Se registró la sobrevivencia en todos los casos y se observó el estado de los organismos.

Métodos matemáticos y estadísticos. Se empleó la probabilidad binomial p (probabilidad de éxito), para calcular la factibilidad de sobrevivencia de los peces al traslado bajo los tratamientos de salinidad. Johnson y Kuby (2004) mencionan que cuando solo hay dos posibilidades de que un evento ocurra se trata de un experimento binomial, y cuando existen múltiples ensayos, se podrá calcular la Probabilidad Binomial p muestreada u observada p' ; y cuando los ensayos son mayores de 20 (n), (120 peces el tamaño de población) entonces será posible emplear la distribución nor-

mal estándar para estimar las probabilidades según la siguiente ecuación:

$$P' - z(\alpha/2) * p'q'/n \leq P \leq z(\alpha/2) * p'q'/n$$

donde:

P' es promedio de sobrevivencia de ambas especies.

q' es $1-p'$

n es total de eventos

Con una confiabilidad de 95%, correspondiente a una α teórica de 1.96 y por lo tanto:

$$p \text{ (sobrevivencia)} = [\text{Limite inferior, Limite superior}]$$

Se construyeron las curvas de sobrevivencia respectivas para ambas especies por tratamiento para obtener el tiempo de ambientación y aclimatación de estos peces silvestres a sus nuevas condiciones de cultivo.

RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación, respaldan el efecto benéfico del empleo de salinidades durante el transporte de organismos silvestres y específicamente a una dosis de 10 ups en el transporte (Tabla 1), destacando la alta sobrevivencia en condiciones de mayor salinidad.

La prueba binomial por su parte, corroboró la observación anterior al mostrar que la probabilidad de sobrevivencia a valores de salinidad de 0 ups se ubicó en el intervalo de 5 a 31% a una confiabilidad del 95%; mientras que para aquellos que fueron transportados a salinidades de 5 y 10 ups se relacionan con valores que se ubican entre el 95 y el 100% de sobrevivencia. La expresión probabilística se expresa a continuación:

$$P \text{ (supervivencia a salinidad de 0 ups)} = [5\%, 31\%]$$

La mortalidad registrada, durante los primeros días en encierro, sugiere que a los 7 días se llevó a cabo el proceso de adaptación a sus nuevas condiciones (Fig. 1), lo anterior con base

Tabla 1. Porcentaje de mortalidad a diferentes salinidades durante el transporte, en *Chirostoma jordani* y *C. chapalae*.

Captura/Especie	Mortalidad (%)		
	0 ups	5 ups	10ups
1/ <i>Chirostoma jordani</i>	70	10	3
2/ <i>Chirostoma jordani</i>	45	14	0
1/ <i>Chirostoma chapalae</i>	80	3	0
2/ <i>Chirostoma chapalae</i>	88	0	0
Promedio	70.75 ± 18.6	6.75 ± 6.4	0.75 ± 1.5

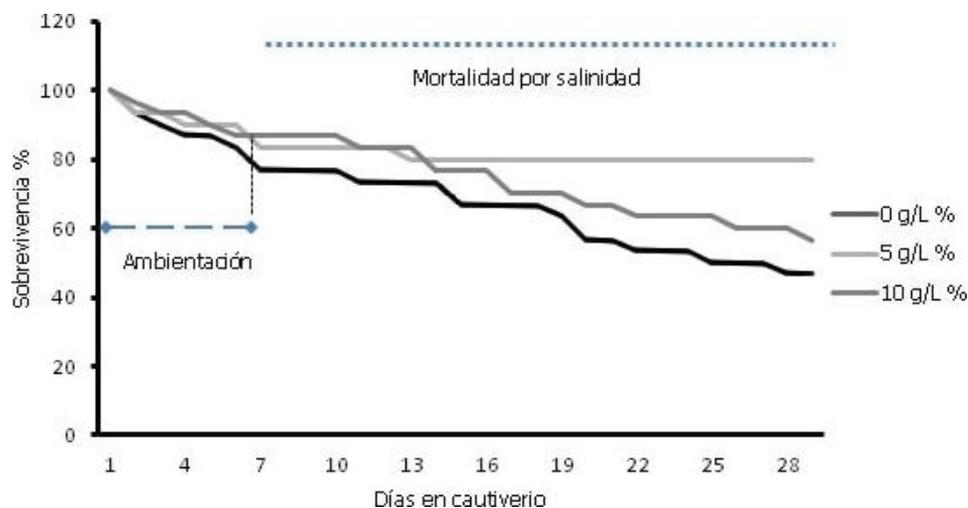


Figura 1. Supervivencia de *Chirostoma jordani* y *Chirostoma chapalae* bajo diferentes valores de salinidad y en condiciones de cautiverio.

en el descenso de la mortalidad, principalmente en el sistema a 5 ups de salinidad.

Los registros de las condiciones de calidad del agua prevalientes durante el experimento, se muestran en la tabla 2, donde se presentan además los datos obtenidos en embalses donde han habitado peces del mismo género, incluyendo los lugares de origen donde fueran capturadas estas especies, sin embargo, no se cuenta con registros de salinidad en el agua.

Los charales que fueron expuestos a ambientes hiper e isotónicos de 10 y 0 ups, con respecto a su concentración fisiológica registrado en otros trabajos para peces teleosteos que oscila de 7 a 12 ups (Helfman *et al.*, 2009) mostraron síntomas de posible estrés, observando en ellos colores oscuros, poco apetito y nado lento, lo anterior asociado a eventos de muerte de algunos ejemplares (Fig. 1).

DISCUSIÓN

El transporte de peces, es una actividad común en la acuicultura y de fundamental importancia; el objetivo durante este proceso, es lograr transferir un máximo de organismos en un mínimo de

volumen de agua con la mínima mortalidad (Navarrete-Salgado & Morales-Ventura, 2000). En este contexto, es necesario controlar las condiciones previas y durante el transporte como: a) captura, b) correcto manejo antes del empaque y c) calidad del agua. Al respecto Swann (1992), destacó que durante el transporte la calidad del agua cambia en algunos parámetros como temperatura, oxígeno disuelto, pH, bióxido de carbono y además el balance de sales en la sangre que varía debido al estrés. Este último concepto, fue definido por Corredor y Landines (2009), como una condición en la cual el equilibrio dinámico u homeostasis es perturbado o influenciado por estímulos internos o externos, los cuales ocasionan en el pez respuestas que incluyen una serie de reacciones bioquímicas y fisiológicas que le permiten recuperar su homeostasis y adaptarse a una nueva situación.

Auró de Ocampo y Ocampo-Camberos (1999) mencionaron que la captura de los peces y su manipulación son causales de estrés, el cual, puede ser agudo o letal, y por lo general ocurre rápidamente como respuesta a los cambios bruscos en las condiciones ambientales. Estas alteraciones se deben considerar cuando se transportan organismos silvestres capturados de sus

Tabla 2. Intervalo de valores fisicoquímicos del agua, registrados durante la ambientación de los charales, comparados con los óptimos según Limón & Lind (1989) y los registrados al momento de la captura en ambos sitios

	Limón & Lind (1989)	Cuemanco México D. F.	Queréndaro Michoacán	Intervalos Registrados
Temperatura °C	20-22	17-21	19-22	15-21
Oxígeno disuelto mgL ⁻¹	7.0-7.4	8.5-9.5	6.5-8.2	8.1-9.3
pH	8.4-8.7	8.0-8.7	8.3-8.9	8.2-9.4
CO ₂ mgL ⁻¹	Ausente	2.3-17.0	Ausente	Ausente
NAT mgL ⁻¹	0.001	0.09-0.19	Ausente	Ausente

ambientes naturales, el grado de estrés depende de la naturaleza propia de cada especie.

Se ha documentado la hipersensibilidad a los estímulos que poseen los peces blancos y charales; y también se ha hecho énfasis en que muestran un alto grado de alteración al manejo y manipulación (Solórzano, 1963; Rosas, 1970; Sasso *et al.*, 1997; Martínez-Palacios *et al.*, 2002b; Blancas-Arroyo *et al.*, 2003a; 2004; Martínez-Palacios *et al.*, 2006). Por tal motivo, una estrategia para reducir esta alteración fisiológica representaría un avance significativo para lograr su manejo y conservación. En este contexto, es frecuente el uso de la sal como aditivo para el transporte de algunos peces, para reducir el estrés asociado con la manipulación, además para minimizar el efecto por envenenamiento por los nitritos en el agua (Swann & Fitzgerald, 2000).

Barton *et al.* (2002), señalaron las respuestas fisiológicas que ocurren en los organismos durante el manejo, las cuales inician en segundos, otras respuestas secundarias se caracterizan por el aumento en la frecuencia respiratoria, el incremento en el flujo sanguíneo y la permeabilidad de las membranas branquiales.

Este proceso ya ha sido abordado por Marshall y Grosell (2006) y Helfman *et al.* (2009), donde se destaca que los peces de agua dulce emplean energía para transportar activamente las sales a su organismo. Los iones sodio y cloruro son tomados de las aguas circundantes e intercambiados por potasio en las branquias, las cuales poseen "células ionoreguladoras", las cuales cuentan con un gran número de mitocondrias y un extensivo sistema tubular con el complejo $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{-ATPasa}$ (o bomba de sodio).

En esta investigación, se sustenta la tesis de que al transportar a los peces en entornos salinos, se redujo el gasto metabólico que implica la captación de sales por parte del organismo, y convertir ahora el proceso activo en uno pasivo. Bajo este panorama el transporte de peces en medios salinos reducirían las consecuencias del estrés por manipulación.

El efecto de la salinidad en el transporte de peces del género *Chirostoma*, fue abordado por Navarrete-Salgado y Morales-Ventura (2000), concluyendo que el empleo de salinidad en el transporte de peces blancos (*Chirostoma humboldtianum*) no contribuye a elevar la sobrevivencia y sugieren no emplearla en el proceso. En contraste, también se ha documentó el posible efecto positivo de la sal, en el transporte de peces del mismo género a 10 ups (Blancas-Arroyo *et al.*, 2003a, 2004), sin embargo, estas últimas evidencias no fueron contundentes, para aclarar su efecto, ni la concentración salina a utilizar.

En este estudio, la alta sobrevivencia durante el transporte en peces con valores de salinidad de 10 ups (Tabla 1), sugiere que estos organismos pueden ser capaces de adoptar una estrategia osmorreguladora en corto plazo, al contrarrestar la entrada pasiva de agua y la pérdida de iones hacia el ambiente, acción provo-

cada por el estrés al momento de la captura y traslado. El entorno salino de transporte permite, por lo tanto, sustituir los electrolitos perdidos y recuperar su estado de homeostasis.

Moyes y Schulte (2007) y Helfman *et al.* (2009), han mencionado la capacidad osmoreguladora que poseen muchos peces teleósteos; y los resultados de esta investigación, sugieren que los peces del género *Chirostoma* pertenecen a este grupo. Según nuestra apreciación, la historia evolutiva de estos peces representa un atributo importante en su respuesta fisiológica adaptativa a los cambios ambientales repentinos de salinidad. Sobre el origen de las especies de *Chirostoma* se ha planteado la hipótesis, que los peces blancos y los charales, se originaron de ateri-nopsidos que invadieron la vertiente del Pacífico y que quedaron atrapados en un mar interno el cuál ocupó una parte de la región central de México (Álvarez, 1972; Paulo-Maya, 2004).

Echelle y Echelle (1984, *vide in* Díaz-Pardo, 1999), sugieren que los dos géneros dulceacuícolas de ésta familia: *Chirostoma* y *Poblana*, tienen origen monofilético, cuyo ancestro fue muy parecido a *Menidia peninsulae*, una especie marina de ambientes salobres. Castro-Aguirre y Espinosa (2006), mencionan por su parte, que algunos peces del género *Menidia*, presentan un comportamiento anádromo al incursionar hacia las aguas continentales encontrándoseles con frecuencia en lagunas costeras neutras e hipersalinas. Lo anterior podría fortalecer la hipótesis de la capacidad adaptativa de su sistema homeostático.

Los resultados sugieren que las concentraciones de transporte de 10 ups, habrían proporcionado condiciones isosmóticas con respecto al interno en estos peces y por tanto menor desgaste fisiológico reflejándose en probabilidades altas de supervivencia.

Con respecto a la ambientación a condiciones de cautiverio, los resultados indicaron que los charales silvestres tardan una semana en ambientarse en sistemas de recirculación equipados con biofiltros, destacando la eficiencia que ofrecen los dichos dispositivos, para cultivar a estas especies endémicas mexicanas. Jiménez y Balcázar (2003) y Ingle *et al.* (2003), han documentado que los sistemas de cultivo basados en la filtración y recirculación del agua poseen una eficiente capacidad de conservar su calidad en cultivos de peces, y por lo tanto elevando la tasa de sobrevivencia. Lo anterior quedó comprobado al mantenerse las condiciones óptimas para los charales y peces blancos según lo reportado por Limón y Lind, (1989 *vide in* Blancas-Arroyo *et al.*, 2003b) (Tabla 2).

La transferencia brusca de un teleósteo eurihalino entre ambientes de salinidad extrema, conduce a cambios en dos períodos: el adaptativo y el regulatorio. En el primer período se producen, inicialmente, cambios en los iones plasmáticos y la presión osmótica, pero al cabo de un tiempo se recuperan los valores plasmáticos originales (Moyes & Schulte 2007). Lo antes

citado, podría ayudar a explicar los resultados, que se muestran en la figura 1, cuando los peces se encontraron en salinidades de 10 y 0 ups, la tendencia de muertes (7 ± 1 días), mostró un incremento comparado con los de 5 ups para ambas especies; además de reflejar síntomas de un estrés iónico como: pérdida de apetito y coloración oscura, según lo describen Blancas-Arroyo et al. (2003b). Coincidiendo con lo que mencionaron Luz et al. (2005), cuando señalan que en peces estenohalinos que fueron sometidos a salinidades de 0 y 10 ups, se registran incrementos de niveles séricos de cortisol. Otras informes discuten la respuesta de los peces a intervalos salinos no isotónicos, donde reportan que el estado nutricional es afectado y reflejado en el sistema inmune y disminuye también la sobrevivencia (Barton et al., 2002; Helfman et al., 2009).

Calderer (2001) coincide en lo anterior al señalar que las especies de agua dulce pueden por encima de su concentración isosmótica, entrar en estrés iónico y su crecimiento máximo desciende bruscamente; particularmente a salinidades del 15 ups que pueden ser letales para *Carassius auratus* (carpa dorada).

El uso *a priori* de salinidades en el cultivo de estos peces, particularmente especies de peces blancos, ya había sido documentado por varios autores. Para el pez blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor*, se emplearon salinidades de 10 ups para la incubación del huevo y la cual fue reducida a 5 ups para permitir la eclosión de la larva y elevar su sobrevivencia para controlar el ataque de los hongos. (Martínez-Palacios et al., 2002a; Martínez-Palacios et al., 2002b; Figueroa-Lucero et al., 2003; Figueroa 2006). Por su parte Blancas-Arroyo et al. (2003a), describen el uso satisfactorio de salinidades a 10 ups en la manipulación y transporte de reproductores silvestres de pez blanco en la especie *Chirostoma humboldtianum*. Recientemente Vázquez et al. (2013), reportaron que el uso de salinidad mantiene a *Chirostoma jordani* en sedación ligera y mencionan que puede ser recomendable para el manejo y transporte.

Las conclusiones derivadas de ensayo han dado como resultado el conocimiento de que los peces blancos y charales silvestres, después de su captura deberán ser transportados y mantenidos durante 24 h a una salinidad de 10 ups y posteriormente disminuirla a 5 ups durante la ambientación, la cual tiene una duración de $7 (\pm 1)$ días en sistemas de recirculación. Este procedimiento basado en el manejo de la salinidad, plantea un escenario alentador para lograr un mejor transporte y adaptación a sistemas de cultivo de estas especies endémicas mexicanas, cuya característica de ser hipersensibles a los estímulos ambientales ha dificultado su cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo especialista en taxonomía de peces, por su calificada ayuda en la

determinación taxonómica de la especie *Chirostoma chapalae*; al M en C. Armando Cervantes Sandoval por su asesoría en el tratamiento estadístico y matemático de los datos y de igual, agradecen a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y a la Carrera de Biología por su apoyo para que se desarrollara la presente investigación.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, J. 1972. Ictiología Michoacana V. Origen y distribución de la ictiofauna dulceacuícola de Michoacán. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, Instituto Politécnico Nacional* 19: 151-161.
- APHA-AWWA-WPCF. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water Wastewater*, American Public Health Association, Washington. 1010 p.
- ARJONA, F. J., L. VARGAS-CHACOFF, I. RUIZ-JARABO, M. P. MARTÍN DEL RÍO & J. M. MANCERA. 2007. Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes in environmental salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 148: 413-421.
- AURÓ DE OCAMPO, A. & L. OCAMPO-CAMBEROS. 1999. Diagnóstico del estrés en peces. *Veterinaria México* 30 (4): 337- 344.
- BARBOUR, C. D. 1973. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swainson (Pisces, Atherinidae). *Tulane Studies in Zoology and Botany* 19 (3): 97-141.
- BARTON, B. A., D. MORGAN & M. VIJAYAN. 2002. Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. In: Adams, S. M. (Ed.). *Biological indicators of aquatic ecosystem stress*. American Fisheries Society, Bethesda, pp. 111-141.
- BLANCAS-ARROYO, G. A., G. FIGUEROA-LUCERO, J. L. ARREDONDO-FIGUEROA & I. D. L. A. BARRIGA-SOSA. 2003a. Primeras experiencias sobre el manejo de reproductores de Pez Blanco (*Chirostoma humboldtianum* Valenciennes, 1835) bajo condiciones controladas, Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. CIVA 2003. Córdoba, pp. 30-42. disponible en línea <http://www.civa2003.org>
- BLANCAS-ARROYO, G. A., G. FIGUEROA-LUCERO, I. D. L. A. BARRIGA-SOSA & J. L. ARREDONDO-FIGUEROA. 2003b. Aportaciones al cultivo del pez blanco. *Chirostoma humboldtianum* (Pisces: Atherinopsidae). In: Rojas C. P. M. & D. Fuentes (Eds.). *Historia y avances del cultivo del pescado blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, México Distrito Federal. pp. 155-168.
- BLANCAS-ARROYO, G. A., G. FIGUEROA-LUCERO, I. D. L. A. BARRIGA-SOSA & J. L. ARREDONDO-FIGUEROA. 2004. Effects of an artificial photothermal cycle on the reproduction of the shortfin silverside, *Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835 (Pisces: Atherinopsidae). *Aquaculture* 241: 575-585.
- CALDERER, R. A. 2001. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Tesis Doctoral, Departamento de Biología Animal, Universidad de Barcelona, 85.

- CASTRO-AGUIRRE, J. L. & H. ESPINOSA. 2006. The fishes of the family Atherinopsidae (Teleostei:Atheriniformes) from Mexican iso and hyper-salin coastal lagoons. *Hidrobiológica* 16 (1): 89-102.
- CORREDOR, A. S. & M. A. LANDINES. 2009. Efecto del ácido ascórbico sobre la respuesta de los peces ante condiciones de estrés. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia* 56: 63-66.
- DÍAZ-PARDO, E. 1999. Estudio filogenético y taxonómico en especies endémicas del género Poblana De Buen (Pisces: Atherinidae). Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Zoología. México Distrito Federal, Informe de Investigación, 35 p.
- ECHELLE, A. A. & A. F. ECHELLE. 1984. Evolutionary genetics of a «species flocks» atherinid fishes on the Mesa Central of México. In: Echelle A. A. y I Kornfield (Eds.). *Evolution of fish species flocks*. University of Maine Press, Toronto, pp. 93-109.
- EVANS, H. D. 1995. Osmotic and ionic balance. In: Evans H. D. (Ed.). *The physiology of fishes*. CRC Press, Boca Raton, pp. 315-342.
- FIGUEROA, L. G. 2006. Historia de vida reproductiva del charal del Alto Lerma *Chirostoma riojai* Solórzano y López, 1965 (Atheriniformes: Atherinopsidae). Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, México Distrito Federal, 165 p.
- FIGUEROA-LUCERO, G., J. PAULO-MAYA & M. C. HERNÁNDEZ-RUBIO. 2003. Retrospectiva y avances en el conocimiento de la Biología y Ecología de los charales y peces blancos del género *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-Instituto Politécnico Nacional. In: Rojas, C. P. M. & C. D. Fuentes (Eds.). *Historia y avances del cultivo del pescado blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, México. pp. 29-49.
- HELFMAN, G., B. COLLETTE., D. E. FACEY & B. W. BOWER. 2009. *The diversity of fishes*. Biology, Evolution and Ecology, Wiley-Blackwell, Oxford. 163 p.
- INGLE DE LA MORA, G., E. VILLAREAL-DELGADO, J. L. ARREDONDO-FIGUEROA, J. T. PONCE-PALAFIX & I. D. L. A. BARRIGA-SOSA. 2003. Evaluación de algunos parámetros de la calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica* 13 (4): 247-253.
- JIMÉNEZ, M. G. & J. L. BALCÁZAR. 2003. Uso de filtros biológicos en larvicultura de *Litopenaeus vannamei*. Principios generales. *Revist Acuatic* 18:11-14.
- JOHNSON, R. & P. KUBY. 2004. *Estadística elemental lo esencial*. International Thompson Editores, México. 509 p.
- LIMÓN, J. G. & O. T. LIND. 1989. Long and short term variation in the physical and chemical limnology of a large shallow, turbid tropical lake (Lake Chapala, México). *Archiv fur Hydrobiologie Supplements* 83 (1): 57-81.
- LUZ, R. K., R. M. MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, N. DE PEDRO & M. J. DELGADO. 2005. Tolerancia a la salinidad de un Teleosteo estenohalino *Carassius auratus*: Efectos sobre carácter hematológicos, bioquímico y comportamentales. X Congreso Nacional de Acuicultura, 17-21 de octubre del 2005. Valencia, España, pp. 162-163.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A., M. G. RÍOS-DURÁN, A. CAMPOS-MENDOZA, M. TOLEDO-CUEVAS & L.G. ROSS. 2002a. Avances en el cultivo del pescado blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor*. In: Cruz-Suárez L. E., D. Ricque-Mari, M. Tapia-Salazar, M.G. Gaxiola-Cortés & N. Simoes (Eds.). Avances en nutrición acuícola, VI, Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 3 al 6 de Septiembre del 2002, Cancún, Quintana Roo, México, pp. 336-351.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A., E. BARRIGA-TOVAR, J. F. TAYLOR, M. G. RÍOS-DURÁN & L. G. ROSS. 2002b. Effect of temperature on growth and survival of *Chirostoma estor estor*, Jordan 1879, monitored using a simple video technique for remote measurement of length and mass of larval and juvenile fishes. *Aquaculture* 209: 369-377.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A., M. G. RÍOS-DURÁN, A. CAMPOS-MENDOZA, E. M. TOLEDO-CUEVAS, M.C. AGUILAR-VALDÉZ & L. G. ROSS. 2003. Desarrollo tecnológico alcanzado en el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro. In: Rojas-Carrillo P. M. & D. F. Fuentes-Castellanos (Eds.). *Historia y avances del cultivo del pescado blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, México, pp. 169-190.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A., I. S. RACOTTA, M.G. RÍOS-DURÁN, E. PALACIOS, M. TOLEDO-CUEVAS & L. G. ROSS. 2006. Advances in applied research for the culture of Mexican silversides (*Chirostoma*, *Atherinopsidae*). *Biocell*.30 (1): 137-148. Mendoza, disponible en línea: http://www.cricyt.edu.ar/biocell/vol/pdf/30_1/19.pdf
- MARSHALL, W. S. & M. GROSELL. 2006. Ion transport, osmoregulation, and acid-base balance. In: Evans, H. D. & J. D. Claiborne (Eds.). *The physiology of fishes*. CRC Press, Boca Raton Florida, pp. 177-230.
- MOYES, C. D. & P. M. SCHULTE. 2007. *Principios de fisiología animal*, Pearson Educación, Madrid. 767 p.
- NAVARRETE-SALGADO, N. & J. MORALES-VENTURA. 2000. Transporte de *Chirostoma Humboldtianum* en bolsas de plástico. *Revista de Zoología* 11: 12-15.
- PAULO-MAYA, J. 2000. Situación actual sobre el conocimiento de la biología del género *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinopsidae). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. 175 p.
- PAULO-MAYA, J. 2004. Evolución intragenérica: Ecomorfología alimentaria del género *Chirostoma* (Swainson). Tesis Doctorado en Ciencias (Biología), Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, 117 p.
- ROSAS, M. M. 1970. *Pescado blanco (Chirostoma estor), su fomento y cultivo en México*. Series de divulgación, Instituto Nacional de Pesca SIC, Secretaría de Industria y Comercio, Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, México (2): 80 p.
- SÁNCHEZ, R. R. R. 2008. Estudio del potencial reproductivo del charal *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894), mediante la evaluación del

líquido seminal y descripción morfológica del espermatozoide, en condiciones de cultivo. Tesis de licenciatura de Biólogo, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 61 p.

- SOLÓRZANO, P. A. 1963. *Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del lago de Pátzcuaro, Mich. (Chirostoma estor Jordan, 1879)*. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras, Secretaría de Industria y Comercio, México. 15 p.
- SASSO, Y. L., M. R. GUTIÉRREZ, N. F. CASAS & S. S. CHÁVEZ. 1997. *Estudio de factibilidad técnica, económica y financiera para el cultivo del Pescado Blanco en Jalisco*. SEMARNAP, Sub-secretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura, Acuagranjas, Consultores en Acuicultura S. A. de C.V. México, 223 p.
- SWANN, L. 1992. Transport of fish in bags. North Central Aquaculture Center Fact Sheet 104: 4.
- SWANN, L. & S. FITZGERALD. 2000. The use and application of salt in aquaculture. Aquaculture Extension, Illinois-Indiana. Sea Grant Program. Fact Sheet AS-458: 1-2.
- VÁZQUEZ, G., T. CASTRO, A. HERNÁNDEZ, J. CASTRO & R. DE LARA. Comparación del efecto anestésico, del aceite de clavo, solución salina y solución coloidal en juveniles de *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894). *Archivos de Medicina Veterinaria* 45: 59-63.

Recibida: 12 de noviembre de 2013.

Aceptada: 31 de marzo de 2014.