

EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO DEL ALIMENTO EN LA SUPERVIVENCIA DE ALEVINES DE *Hippocampus ingens* GIRARD, 1858 BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS

Ortiz-Aguirre, Ismael¹, Carlos Rangel-Dávalos¹ & Juan Manuel Pacheco-Vega²

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Ciencias Marinas y Costeras. Carretera al Sur Km. 5.5, Colonia El Mezquitito, CP 23080, La Paz, B.C.S., México. ²Universidad Autónoma de Nayarit, Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras. Boulevard Tepic-Xalisco # 325, Ciudad de la Cultura Amado Nervo, CP 63155, Tepic, Nayarit, México. Autor de correspondencia: crangel@uabcs.mx

RESUMEN. La disminución de las poblaciones silvestres de hipocampos ha sido generada por la sobre explotación y la degradación de su hábitat. Se ha intentado obtener el ciclo cerrado de cultivo de distintas especies del género, entre ellas *Hippocampus ingens*, la cual es la única especie que se encuentra en el Pacífico Oriental. En la mayoría de los trabajos realizados para la elaboración del protocolo de cultivo, la principal limitante ha sido el suministro de una dieta que sostenga un adecuado crecimiento de los organismos y una elevada supervivencia. En el presente trabajo se planteó como objetivo determinar el efecto del enriquecimiento nutricional de *Brachionus plicatilis* y *Artemia franciscana* en la supervivencia de *H. ingens*. Con este fin se capturaron 15 ejemplares adultos silvestres de hipocampos en Bahía de La Paz, consiguiendo la formación de cuatro parejas y 17 nacimientos exitosos. Para la evaluación del efecto del enriquecimiento del tercero al séptimo día, cada camada se dividió en seis grupos y se colocaron en acuarios de 60 L, alimentándose con rotíferos mantenidos con seis diferentes tratamientos de enriquecimiento; posteriormente, se evaluaron tres dietas enriquecidas en nauplios de *Artemia franciscana* para ver el efecto en la supervivencia de los alevines en el periodo del día ocho al día 60. A partir del día 61 se alimentaron con adultos de *Artemia franciscana* utilizando tres tratamientos. Lo observado en el presente estudio demuestra que el enriquecimiento del alimento ofrecido en los primeros meses de vida de los hipocampos significa un efecto importante en su supervivencia.

Palabras clave: Ácidos grasos, acuicultura, caballito de mar, hipocampo.

EFFECT OF FOOD ENRICHMENT ON THE SURVIVAL OF *Hippocampus ingens* GIRARD, 1858 ALEVINE UNDER SEMICONTROLED CONDITIONS

ABSTRACT. Due to the decline in seahorse populations generated by exploitation and degradation of their habitat, an attempt has been made to obtain the closed cycle of cultivation of different species of the genus, including *H. ingens*, the unique specie located in the Eastern Pacific. In the majority of the studies carried out, the main limitation has been the provision of a diet that supplies an adequate growth and survival of the organisms. The objective of this research was to determine the effect of nutritional enrichment of *Brachionus plicatilis* and *Artemia franciscana*, used as food in the survival of *H. ingens*. Fifteen specimens of wild adult seahorses were captured in Bahía de La Paz, and generated four couples and 17 successful batches. To assess the enrichment from the third to the seventh day, each batch was divided into six groups and placed in 60-liter aquaria, feeding on rotifers maintained with six different treatments. Three *Artemia franciscana* nauplii enrichment treatments were then tested to evaluate the effect on the survival of the juveniles in the period from day eight to day 60. From day 61 and on seahorses were fed with adult *Artemia franciscana* also enriched with the three different treatments. These results show that the enrichment of the food offered in the first months of life of seahorses has a significant effect on their survival.

Key words: Aquaculture, fatty acids, Pacific sea-horse.

Ortiz-Aguirre, I., C. Rangel-Dávalos & J. M. Pacheco-Vega. 2018. Efecto del enriquecimiento del alimento en la supervivencia de alevines de *Hippocampus ingens* Girard, 1858 bajo condiciones semicontroladas. *CICIMAR Oceánides*, 33(1): 25-32.

INTRODUCCIÓN

El abasto de millones de ejemplares al año que demanda el mercado de hipocampos en todo el mundo alcanzó cifras superiores de los 20 millones para 1995 (Baum & Vincent, 2005) que son obtenidos mediante captura de organismos silvestres. El principal mercado está en la medicina tradicional, ya que se le atribuyen propiedades curativas para enfermedades como asma, arteriosclerosis, impotencia, incontinencia, entre otras, pero de igual manera, el mercado de acuarismo de ornato y la fabricación de artesanías representan importantes sectores en el tráfico y comercio de hipocampos. La disminución

en el volumen de extracción observada desde 1990, motivó la implementación de técnicas de cultivo que permitan satisfacer la demanda comercial y, en cierta medida, contribuir a la recuperación de las especies de hipocampos (FAO, 1990; 2009; IFAW, 2002; Baum *et al.*, 2003; Baum & Vincent, 2005; Sanders *et al.*, 2008; Planas, 2012).

En varias especies se ha evaluado el efecto que presentan la temperatura, salinidad, fotoperiodo, alimentación, aireación, densidad, tipo de presas, enriquecimiento de ácidos grasos mediante bioencapsulación, el tipo y coloración de tanque en la supervivencia y el desarrollo de crías (Woods, 2003a;

Fecha de recepción: 30 de agosto de 2017

Fecha de aceptación: 13 de febrero de 2018

2003b; 2003c; Otero *et al.*, 2007; Segade-Botella, 2009; Cabrera, 2010; Quintas *et al.*, 2010; Martínez-Cárdenas, 2011; Olivotto *et al.*, 2011; García *et al.*, 2012; Planas, 2012; Planas *et al.*, 2012; Melo-Valencia *et al.*, 2013; Blanco, 2014).

En particular, el mantenimiento, la reproducción y crianza de *Hippocampus ingens* han sido poco estudiados, mostrando elevadas tasas de mortalidad en el desarrollo temprano de los alevines (Reyes-Bustamante & Ortega-Salas, 1999; Encomendero *et al.*, 2001; Ortega-Salas & Reyes-Bustamante, 2006), alcanzando incluso el 100% de mortalidad en los primeros 15 días de vida (Bisso-Bustamante, 2006). Se ha sugerido que la calidad del alimento ofrecido a los reproductores juega un papel importante en la supervivencia de los alevines (Sandoval-Muy, 2006; Sandoval-Muy & Barón, 2007). Es necesario aumentar el conocimiento sobre la crianza de *H. ingens* y desarrollar un protocolo que permita el ciclo cerrado del cultivo de la especie; en el presente estudio se plantea el objetivo de evaluar el efecto del enriquecimiento de las presas ofrecidas en los primeros meses de vida, en la supervivencia de *H. ingens*, planteando la hipótesis de que el enriquecimiento del alimento vivo suministrado a los alevines, incrementará su supervivencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención de reproductores. Se recolectaron 15 organismos adultos de *H. ingens* en Bahía de La Paz (autorización de colecta científica número SGPA/DGVS/08366/12), en las localidades de El Coromuel Longitud -110.300556 Latitud 24.196389 (dos machos y cuatro hembras), y en Marina La Paz Longitud -110.325484 Latitud 24.1543723 (dos machos y siete hembras), los cuales fueron trasladados a la Unidad Pichilingue (UNIPICHI) de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).

Cepas algales. El trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio Experimental de Maricultura de UNIPICHI. Las especies de microalgas *Chaetoceros muelleri* y *Tetraselmis suecica* fueron obtenidas de un laboratorio comercial, y *Craspedostauros* sp. y *Amphora* sp. fueron aisladas a partir de muestras de agua tomadas en el muelle de la UNIPICHI. Su identificación taxonómica a nivel de especie se encuentra en curso.

Periodo de cuarentena. Una vez en el laboratorio, los individuos se enjuagaron con agua de mar tratada (filtración mecánica con filtro de arena y filtro de copo hasta 1 µm, irradiada con luz UV de 36w y clorada) y se colocaron de forma individual en contenedores plásticos limpios de 5 L de capacidad con 4 L de agua de mar y 5 mL de azul de metileno durante 5 minutos; luego se enjuagaron nuevamente con agua de mar tratada y se colocaron nuevamente en contenedores plásticos limpios de 5 L, llenando ahora con 4 L de agua dulce purificada; se mantuvieron así durante 5 minutos más. Posteriormente se

enjuagaron con agua de mar tratada y se separaron por sexo y localidad de captura en tanques opacos de fibra de vidrio de 200 L de capacidad, llenados con 150 L de agua de mar tratada, aireación constante por burbujeo moderado, salinidad de 35 UPS, y a temperatura y fotoperiodo ambiental durante 40 días (periodo de cuarentena). Diariamente se alimentaron dos veces al día con adultos de *Artemia franciscana* y misidáceos (*Mysis* spp.) hasta saciedad aparente; se realizó sifoneo en las mañanas antes de ofrecer el alimento, retirando alrededor del 20% del agua del tanque y con ello las heces, reponiendo el agua extraída con agua de mar tratada.

Formación de parejas. Transcurrido el periodo de cuarentena, los ejemplares de *H. ingens*, se colocaron de forma individual por cinco minutos en recipientes plásticos limpios de 5 L de capacidad con 4 L de agua dulce purificada. Posteriormente se enjuagaron con agua de mar tratada y se colocaron en tanques opacos de fibra de vidrio de 600 L de capacidad con 500 L de agua de mar tratada, separando en dos grupos según la localidad de recolecta, mantenidos con aireación constante por burbujeo moderado, salinidad de 35 UPS, y a temperatura y fotoperiodo ambiental, alimentando a saciedad aparente con adultos de *Artemia franciscana* adultos de misidáceos y juveniles de *Poecilia reticulata* o pez guppy, realizando el sifoneo diariamente antes de dar de comer para retirar las heces y recambiar el 20% del agua de mar, reponiéndolo con agua de mar tratada. Se mantuvieron en estas condiciones hasta la observación de formación de parejas.

Obtención de alevines. Una vez formadas las parejas se trasladaron a tanques opacos de fibra de vidrio limpios de 200 L llenados con 150 L de agua de mar tratada, asignando un número a cada pareja. Las condiciones de mantenimiento fueron las mismas que en la formación de parejas. Las cuatro parejas se mantuvieron en sus respectivos tanques hasta observar al macho en estado de gravidez, después de esto la hembra se retiró del tanque de cultivo y se mantuvieron de forma individual en tanques de vidrio de 60 L de capacidad llenados con 50 L de agua de mar tratada y con las mismas condiciones que en la formación de parejas, anotando el número de identificación en cada uno de los tanques de las hembras. Una vez que se observó la presencia de alevines en el tanque de 200 L de capacidad, los alevines se sacaron cuidadosamente mediante sifoneo, se cuantificaron y se colocaron en un tanque de 60 L de capacidad. El macho se mantuvo en el tanque de apareamiento hasta 24 horas posteriores a la primera observación de alevines en el tanque; posteriormente se transfirió a un tanque de 60 L de capacidad llenado con 50 L y mantenido con las mismas condiciones que en la formación de parejas.

Crianza de alevines. Después de cuantificar los alevines recién nacidos, se colocaron en tanques de vidrio de 60 L llenado con 35 L de agua de mar trata-

da, aireación moderada con burbujeo leve, 35 UPS, temperatura y fotoperiodo natural. Se adicionaron inmediatamente cinco L de mezcla de microalgas *Chaetoceros muelleri* y *Tetraselmis suecica* a una densidad de 100 000 células mL⁻¹ y 30 000 células mL⁻¹, respectivamente, y se agregaron diez L con *Brachionus plicatilis* a una densidad de 100 rotíferos mL⁻¹. Los alevines se mantuvieron durante tres días en el tanque de crianza, retirando aproximadamente un 50% del agua de tanque mediante sifoneo cuidadoso, retirando alimento no consumido, heces y alevines muertos, reponiendo el agua retirada con 5 L de agua de mar tratada, 5 L de mezcla de microalgas *Chaetoceros muelleri* y *Tetraselmis suecica* a una densidad de 100 000 células mL⁻¹ y 30 000 células mL⁻¹, respectivamente, y se agregaron 10 L con rotíferos a una densidad de 100 rotíferos mL⁻¹.

Mantenimiento del alimento vivo. Las artemias se obtuvieron por descapsulación de quistes (INVE®) con una solución de hipoclorito de sodio y neutralizada con tiosulfato de Sodio. Se eclosionaron diariamente 20 g de quistes (desencapsulados) en eclosionadores con 20 L de agua de mar tratada a 28°C, aireación (flujo fuerte) e iluminación constante durante 20 horas. Los nauplios recién eclosionados se recolectaron y se enjuagaron en una malla de 125 µm. Posteriormente se colocaron en contenedores plásticos de 5L de capacidad (aproximadamente 100 nauplios mL⁻¹), mantenidos a 26°C y con aireación (flujo moderado) e iluminación constante. Para la obtención de metanauplios, a los contenedores con nauplios se les añadió un L de cultivo de *Chaetoceros muelleri* con una densidad de 100 células mL⁻¹, y se mantuvieron a 26°C y con aireación e iluminación constante. Para la obtención de adultos de artemia se sembraron metanauplios en tanques opacos de fibra de vidrio de 200 L de capacidad, llenados con 160 L de agua de mar tratada, con aireación constante, 26°C e iluminación natural, manteniendo una densidad aproximada de 700 individuos L⁻¹. El mantenimiento de los adultos de *Artemia franciscana* consistió en sifoneo de aproximadamente 20 L del tanque, retirando todo el precipitado del fondo, reponiendo el volumen retirado con 20 L de cultivo de *Chaetoceros muelleri* a una densidad de 100 000 células mL⁻¹.

Los juveniles de *Poecilia reticulata* se mantuvieron en un tanque de cristal de 80 L de capacidad llenado con 70 L de agua dulce purificada, aireación moderada constante y con iluminación natural, alimentados con alimento comercial formulado para peces de ornato de agua dulce.

Los misidáceos se mantuvieron en tanques de fibra de vidrio opacos de 200 L de capacidad con 160 L de agua de mar tratada, con aireación constante con flujo fuerte, temperatura y fotoperiodo natural, alimentados con alimento comercial balanceado para larvas y postlarvas de camarón (Royal Caviar®).

El cultivo de *Brachionus plicatilis* se realizó en tanques cilíndricos de 160 L de capacidad. Se mantuvieron a una densidad de 150 individuos mL⁻¹, con aireación moderada y temperatura e iluminación natural. Se realizaron conteos diarios para mantener la densidad del cultivo y una proporción del 20% de hembras con huevos (1 a 5 huevos). Diariamente se decantaron 20 L del cultivo, abriendo la perilla inferior del tanque, reponiendo 16 L con agua de mar tratada y con 4 L de *Chaetoceros muelleri* con densidad de 100 000 células mL⁻¹ añadidos cuidadosamente evitando remover los depósitos del fondo.

Previo a su uso como alimento de los caballitos de mar, todas las presas fueron lavadas con flujo constante de agua de mar tratada en el caso de los organismos marinos y con agua purificada los juveniles de guppy.

Evaluación del efecto del enriquecimiento del alimento vivo: en alevines de *H. ingens* de 3 – 7 días de vida. A partir del tercer día de nacidos, los alevines se dividieron en seis grupos de máximo 200 organismos y se colocaron en tanques de vidrio de 60 L de capacidad con agua de mar tratada, aireación constante y burbujeo suave, 35 UPS, temperatura y fotoperiodo natural. Del tercer al séptimo días de nacidos, la alimentación consistió en rotíferos mantenidos bajo 5 diferentes tratamientos de enriquecimiento/alimentación, en todos los tratamientos se dieron diariamente 3 L de *Chaetoceros muelleri* con densidad de 100 000 células mL⁻¹ y se adicionaron para el tratamiento uno (T1) sobrenadante del homogenizado de diez g de Nestum® en 1 L de agua de mar tratada; tratamiento dos (T2) 1 L de agua de mar con diez g de Emulsión de Scott®; tratamiento tres (T3) 1 L de agua de mar tratada con 10 g de Salt Creek®; tratamiento cuatro (T4) 1 L de cultivo de *Craspedostauros* sp. (50 000 células mL⁻¹); tratamiento cinco (T5) 0.5 L de cultivo de *Craspedostauros* sp. (50 000 células mL⁻¹) + medio L de cultivo de *Amphora* sp. (100 000 células mL⁻¹); y como control (C) 4 L de cultivo de *Chaetoceros muelleri* (100 mil células mL⁻¹).

En alevines de 8 – 60 días de vida. Se seleccionaron los individuos del T5 para proseguir con la experimentación. Los sobrevivientes de los tratamientos restantes se colocaron en tanques con las condiciones que se especifican en la sección de crianza, colocando un máximo de 150 individuos por tanque. A partir del día 8 los sobrevivientes del T5 se dividieron en tres grupos de 30 individuos; en caso de ser necesario, el número de organismos faltantes se tomaron del tratamiento control; en caso de que la camada no tuviera ejemplares suficientes para formar los grupos de 30 organismos no se tomaron en cuenta para la experimentación; se colocaron en tanques de vidrio de 60 L de capacidad con agua de mar tratada, aireación constante y burbujeo suave, 35 UPS, temperatura y fotoperiodo natural. La alimentación consistió en metanauplios de *Artemia*

franciscana mantenidos bajo dos diferentes tratamientos de enriquecimiento/alimentación; en ambos tratamientos se suministró diariamente 1 L de *Chaetoceros muelleri* con densidad de 100 000 células mL⁻¹ y se adicionaron para el tratamiento uno el sobrenadante del homogenizado de 10 g de Nestum® en 1 L de agua de mar tratada, tratamiento dos 1 L de agua de mar con 10 g de Epicore®, y como tratamiento control 2 L de cultivo de *Chaetoceros muelleri* (100 000 células mL⁻¹).

Alevines de 61 – 95 días de vida. Se seleccionaron los individuos del tratamiento dos para proseguir con la experimentación. Se dividieron los sobrevivientes en tres grupos, empleando a los sobrevivientes de los otros dos tratamientos y/o del tratamiento de crianza para completar grupos de un mínimo de 30 individuos; no se tomaron en cuenta para el análisis las camadas que no tuvieron ejemplares suficientes para crear los grupos con un mínimo de 30 organismos. Cada grupo se colocó en tanques de vidrio de 60 L de capacidad con agua de

mar tratada, aireación constante y burbujeo suave, 35 UPS, temperatura y fotoperiodo natural. La alimentación consistió en adultos de *Artemia franciscana* mantenidos bajo dos diferentes tratamientos de enriquecimiento/alimentación; en ambos tratamientos se suministró diariamente 1 L de *Chaetoceros muelleri* con densidad de 100 000 células mL⁻¹ y se adicionaron para el tratamiento uno 1 L de agua de mar con 10 g de Epicore®, tratamiento dos 1 L de agua de mar con 5 g de Epicore®, y como tratamiento control 2 L de cultivo de *Chaetoceros muelleri* (100 000 células mL⁻¹). Los resultados se registraron en porcentaje de supervivencia.

RESULTADOS

De las cuatro parejas formadas se obtuvieron en total 17 nacimientos exitosos, teniendo apareamientos durante prácticamente todo el año; el promedio de alevines por nacimiento fue de 565 hipocampos con un máximo de 1200 y un mínimo de 215 (Tabla. 1).

Tabla 1.- Apareamientos de *Hippocampus ingens* realizados bajo condiciones semicontroladas.

Año	Talla del macho (cm)	Temperatura del agua (°C)	Alimento	Nacimientos	Número de alevines
2012	18	26	Mys, Art	Julio	540
	18	26	Mys, Art	Agosto	400
	Promedio anual de alevines				470
	-	28	Mys, Art	Abril	1125
	-	28	Mys, Art	Mayo	800
2013	-	28	Mys, Art	Julio	740
	-	28	Mys, Art	Agosto	215
	-	28	Mys, Art	Septiembre	603
	-	28	Mys, Art	Septiembre	451
	-	28	Mys, Art	Septiembre	601
	Promedio anual de alevines				626
	-	28	Mys, Art	Agosto	215
2014	18	20	Mys, Gup, Art	Febrero	320
	18	20	Mys, Gup, Art	Marzo	412
	18	20	Mys, Gup, Art	Mayo	354
	Promedio anual de alevines				428
2015	24	21	Mys, Gup, Art	Octubre	1200
	24	21	Mys, Gup, Art	Octubre	550
	20	21	Mys, Gup, Art	Noviembre	606
	Promedio anual de alevines				696
2016	20	20	Mys, Gup, Art	Enero	301
	20	20	Mys, Gup, Art	Febrero	380
	Promedio anual de alevines				459
Promedio total de alevines				565	

Mys=*Mysis* spp., Art=*Artemia franciscana*, Gup=Guppy

Respecto al efecto del enriquecimiento del alimento vivo suministrado entre los días tres al siete de vida, en el caso del experimento 2016-2 se observó una mortalidad del 100% al cuarto día de nacidos, por lo que no se incluyeron en el análisis. De los 16 nacimientos restantes solo en 3 se obtuvieron supervivencias superiores al 70%, siendo el tratamiento tres el que presentó la mayor supervivencia, mientras que en el resto en ninguna camada y en ningún tratamiento se obtuvieron supervivencias superiores al 50% (Fig. 1)

De los tratamientos suministrados entre el día 8 al 60 de vida de los hipocampos, se observó una mayor supervivencia en el tratamiento número dos, en la mayoría de las camadas evaluadas, siendo un 77% de supervivencia la mayor que se observó en la camada 2014-2, mientras que en la camada 2014-1 y 2013-6, las supervivencias fueron menores al 10 % en todos los tratamientos (Fig. 2).

La mayor supervivencia observada para los juveniles entre los días 61 al 95 de vida se obtuvo la mayor supervivencia con el tratamiento uno, correspondiente a 10 g de Epicore® con un 40%, sin embargo, esto no se observó en todas las camadas evaluadas (Fig. 3).

DISCUSIÓN

Los apareamientos satisfactorios de hipocampos en cautiverio, aquellos con alevines sanos, aún son difíciles de lograr, y más aún el obtener un porcentaje de supervivencia elevado. En cuanto al logro de reproducirlos en condiciones semicontroladas, en el presente estudio conseguimos 17 naci-

mientos exitosos, aunque en algunos de ellos se observó un 100% de mortalidad de los alevines antes de una semana de vida. En este sentido, en trabajos previos se ha reportado un alto porcentaje de mortalidad entre los caballitos de mar, principalmente en las primeras semanas de vida, llegando incluso al 100% (Reyes-Bustamante & Ortega-Salas, 1999; Encomendero *et al.*, 2001; Bisso-Bustamante, 2006; Ortega-Salas & Reyes-Bustamante, 2006). Sin embargo, las causas aún no se identifican completamente, atribuyéndose entre otras al tipo de tanque y a la circulación dentro del mismo (Segade-Botella, 2009; Blanco, 2014); los tanques empleados en el desarrollo del presente estudio no fueron los idóneos ya que su forma no permitió una correcta circulación del agua. Otro aspecto considerado como un factor en la supervivencia de los alevines es la adecuada alimentación tanto de éstos como de los reproductores (Quintas *et al.*, 2007; 2010; Planas *et al.*, 2009; 2012; Cabrera, 2010; Amaral-Ruiz, 2013; Melo-Valencia *et al.*, 2013), lo que se pudo observar en el desarrollo del experimento.

Durante el desarrollo del presente trabajo y, dados los resultados observados, consideramos que es un conjunto de factores, como tipo de tanque, circulación del agua dentro del mismo, alimentación y enriquecimiento de reproductores y alevines, lo que causa las altas mortalidades en los primeros meses de vida de los hipocampos. El buscar una fuente de enriquecimiento alternativo a las microalgas para las presas vivas puede funcionar como ya se ha observado en otras especies del mismo género, al disminuir la tasa de mortalidad e incrementar el tiempo de supervivencia como en *H. guttulatus* (Blanco,

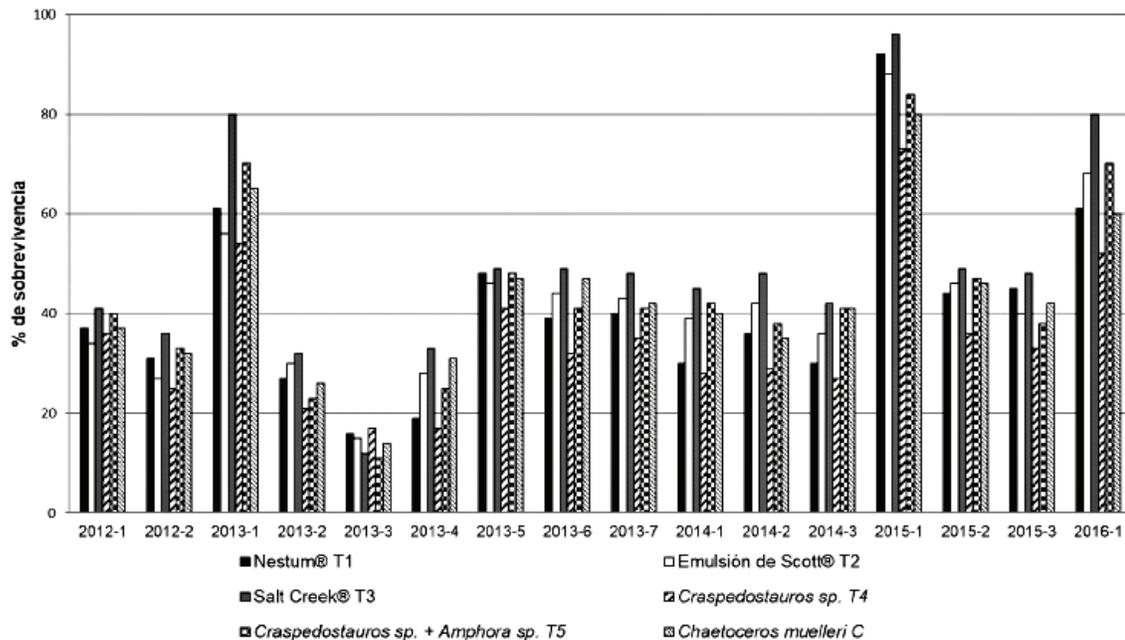


Figura 1.- Porcentaje de supervivencia de alevines de *Hippocampus ingens* de tres a siete días de nacidos.

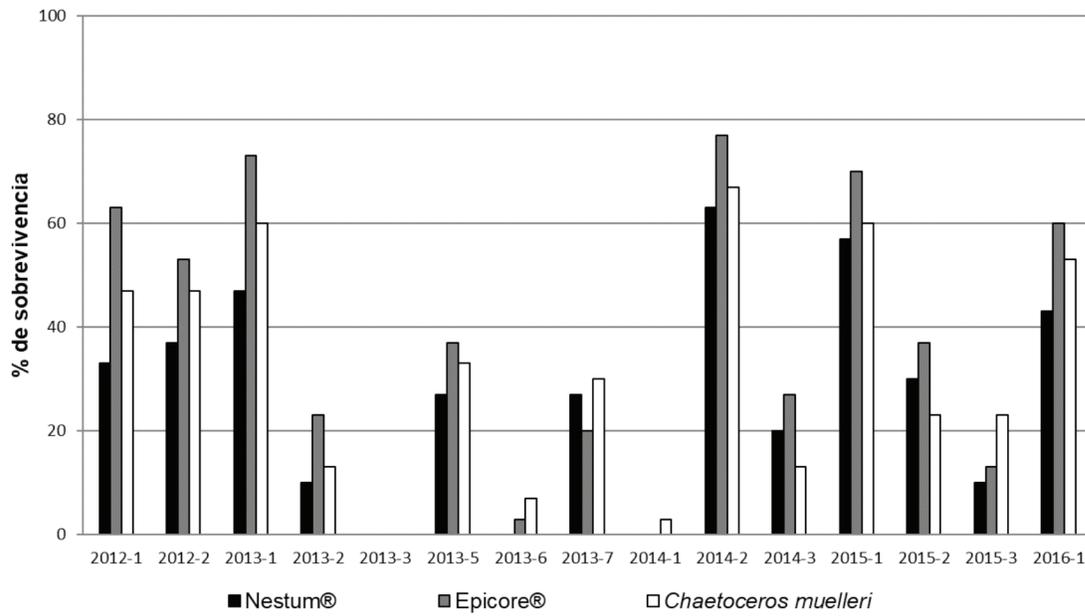


Figura 2. Porcentaje de supervivencia de alevines de *Hippocampus ingens* de los ocho a los 60 días de nacidos.

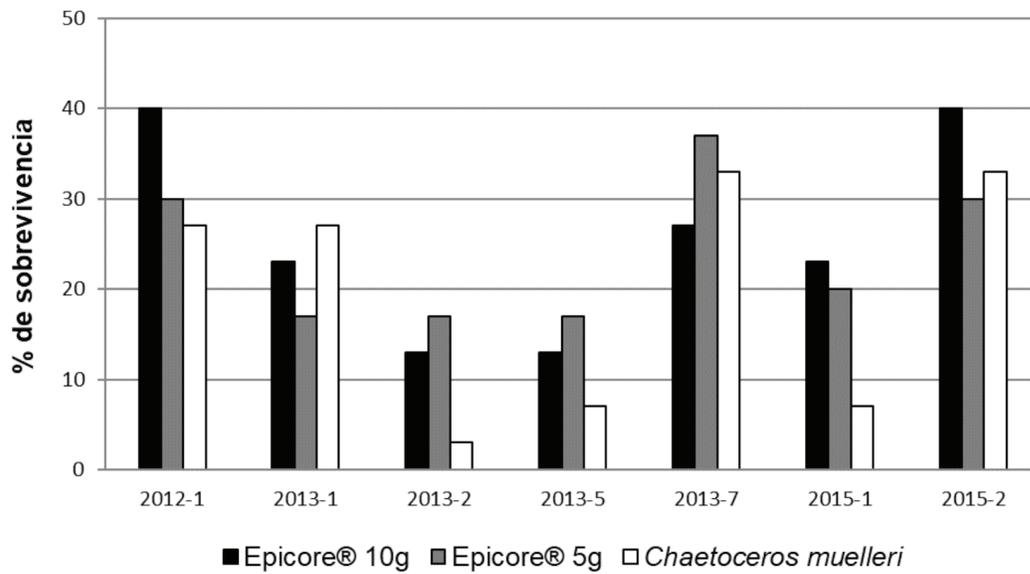


Figura 3.- Porcentaje de supervivencia de alevines de *Hippocampus ingens* de los ocho a los 60 días de nacidos.

2014), sin embargo la inversión de tiempo y esfuerzo en el mantenimiento del alimento vivo se incrementa, y un manejo no adecuado de los enriquecedores pueden favorecer la aparición de bacterias y otros microorganismos potencialmente patógenos para los alevines, por lo que esto es un factor que se debe considerar al momento de proponer el protocolo para la crianza de los hipocampos. El uso de probióticos y biofloc podrían emplearse para controlar la microbiota dentro del sistema de cultivo.

Reiterando, una adecuada alimentación para los reproductores puede ser un factor decisivo en la viabilidad de los alevines (Sandoval-Muy, 2006; Sandoval-Muy & Barón, 2007; Planas *et al.*, 2008; Planas *et al.*, 2009; Saavedra *et al.*, 2014), y aun cuando en el presente trabajo no se buscó el enriquecimiento de las presas suministradas a los adultos, se proporcionaron fuentes alternativas a los alimentos tradicionales, consistentes en juveniles de guppys y misidáceos, presentándose una buena aceptación por parte de los hipocampos, y buenos resultados al obtener un gran número de apareamientos exitosos con una cantidad adecuada de alevines por nacimiento.

REFERENCIAS

- Amaral-Ruiz, M.J. 2013. *Tolerancia térmica en los caballitos juveniles de Hippocampus erectus y su efecto sobre el crecimiento*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara, México. 73 p.
- Baum, J.K. & A.C.J. Vincent. 2005. Magnitude and inferred impacts of the sea horse trade in Latin America. *Environmental Conservation*, 32 (4): 305.
- Baum, J.K., J.J. Meeuwig & A.C.J. Vicent. 2003. By catch of lined seahorses (*Hippocampus erectus*) in a Gulf of Mexico shrimp trawl fishery. *Fisheries Bulletin*, 101: 721-731.
- Bisso-Bustamante, F.L. 2006. *Reproducción de Hippocampus ingens Girard, 1859 en cautiverio*. Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Federico Villarreal. 72 p.
- Blanco, A. 2014. *Rearing of the seahorse Hippocampus guttulatus: Key factors involved in growth and survival*. Tesis de Doctorado, Universitat de les Illes Balears. 289 p.
- Cabrera, A. 2010. *Reproducción y levante del caballito de mar. Expediitio.*, 2: 19-24.
- Encomendero, E., J. Merino, A. Vásquez & F. del R. Azareño. 2011. Fecundidad, supervivencia y crecimiento del caballito de mar *Hippocampus ingens* (Pisces: Syngnathidae), en condiciones de laboratorio. *Pueblo continente*, 22: 159-166.
- FAO. 1990. *Brief introduction to mariculture of five selected species in China*. FAO.39 p.
- FAO. 2009. *Cultured Aquatic Species Information Programme; Hippocampus comes* (Cantor, 1849). FAO. 7 p.
- García, L.M.B., G.V. Hilomen-García, F.T. Celino, T.T. Gonzales & R.J. Maliao. 2012. Diet composition and feeding periodicity of the seahorse *Hippocampus barbourirared* in illuminated sea cages. *Aquaculture*, 358-359: 1-5.
- IFAW. 2002. *Caballo de Mar (Genero Hippocampus)*. IFAW. 2 p.
- Martínez-Cárdenas, L. 2011. Cultivo de caballo marino *Hippocampus abdominalis*, un caso de estudio (Parte 1). *Revista Fuente*, 2: 24-30.
- Melo-Valencia, A.F., G.H. Ospina-Salazar, J. Gómez-León & F.A. Cortés-Pineda. 2013. Efecto de la salinidad en la supervivencia y crecimiento de crías de caballito de mar *Hippocampus reidi* Ginsburg en cautiverio. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 42: 193-201.
- Olivotto, I., M. Planas, N. Simoes, G.J. Holt, M.A. Aavella & R. Calado. 2011. Advances in breeding and rearing marine ornamentals. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 135-166.
- Ortega-Salas, A.A. & H. Reyes-Bustamante. 2006. Fecundity, survival, and growth of the seahorse *Hippocampus ingens* (Pisces: Syngnathidae) under semi-controlled conditions. *Revista de Biología Tropical*, 54: 1099-1102.
- Otero, F., Molina L., Socorro J., Herrera R., Villares P., Monroy M., Fernández-Palacios, H. & M. Izquierdo. 2007. *Efecto de la primera alimentación en la supervivencia y el crecimiento de crías de caballito de mar; Hippocampus hippocampus (Linnaeus, 1758)*. XI Congreso Nacional de Acuicultura, Vigo, España.
- Planas, M., A. Chamorro, P. Quintas & A. Vilar. 2008. Establishment and maintenance of threatened long-snouted seahorse, *Hippocampus guttulatus*, broodstock in captivity. *Aquaculture*, 283: 18-28.
- Planas, M., Quintas P. & A. Chamorro. 2009. *Growth of adult seahorses Hippocampus guttulatus fed exclusively on enriched adult Artemia (Project Hippocampus)*. World Aquaculture Society, World Aquaculture 2009, Veracruz, México
- Planas, M., A. Blanco, A. Chamorro, S. Valladares & J. Pintado. 2012. Temperature-induced changes of growth and survival in the early development of the seahorse *Hippocampus guttulatus*.

- Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 438: 154-162.
- Planas, M. 2012. Proyecto Hippocampus: un puente entre la acuicultura y la conservación de la biodiversidad marina, En: Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal. Rey-Méndez M., C. Lodeiros, J. Fernández-Casal & A. Guerra (Eds.). 13: 81-92 p.
- Quintas, P., A. Chamorro, S. Piñeiro, I. Medina & M. Planas. 2007. Producción de Artemia para la alimentación de caballito de mar *Hippocampus guttulatus* Cuvier 1829 en cautividad. XI Congreso Nacional de Acuicultura. Vigo, España.
- Quintas, P., Planas M. & J. Purser. 2010. The effect of *Artemia* enrichment on the rearing of the pot-bellied seahorse *Hippocampus abdominalis*. European Aquaculture Society, Aquaculture Europe, Porto, Portugal
- Reyes-Bustamante H. & A.A. Ortega-Salas. 1999. Cultivo del caballito de mar, *Hippocampus ingens* (Pisces: Syngnathidae) en condiciones artificiales. *Revista de Biología Tropical*, 47: 1045-1049.
- Sanders, J.G., J.E. Cribbs, H.G. Fienberg, G.C. Hurlburt, L.S. Katz & S.R. Palumbi. 2008. The tip of the tail: molecular identification of seahorses for sale in apothecary shops and curio stores in California. *Conservation Genetics*, 9: 65-71.
- Sandoval-Muy, M.I. 2006. *Efecto de la dieta congelada sobre la reproducción y calidad de los juveniles del caballito de mar del Pacífico Hippocampus ingens (Girard, 1859) en México*. Tesis de Doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México. 146 p.
- Sandoval-Muy, M.I. & B.S. Barón. 2007. The effect of two frozen natural foods on the routine metabolism and ammonia excretion of the Pacific sea-horse *Hippocampus ingens*. *Journal of Fisheries International*, 2: 91-98.
- Saavedra, M., M. Masdeu, P. Hale, C.M. Sibbons & W.V. Holt. 2014. Dietary fatty acid enrichment increases egg size and quality of yellow seahorse *Hippocampus kuda*. *Animal Reproduction Science*, 145: 54-61.
- Segade-Botella, A. 2009. Efecto del color del sustrato en el comportamiento de fijación del caballito de mar de hocico corto (*Hippocampus hippocampus*). *Anales Universitarios de Etología*, 3: 1-6.
- Woods, C.M.C. 2003a. Effects of varying *Artemia* enrichment on growth and survival of juvenile seahorses, *Hippocampus abdominalis*. *Aquaculture*, 220: 537-548.
- Woods, C.M.C. 2003b. Effect of stocking density and gender segregation in the seahorse *Hippocampus abdominalis*. *Aquaculture*, 218: 167-176.
- Woods, C.M.C. 2003c. Growth and survival of juvenile seahorse *Hippocampus abdominalis* reared on live, frozen and artificial foods. *Aquaculture*, 220: 287-298.