

NOTA:

EFFECTO DE LA SALINIDAD EN LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE CRÍAS DE CABALLITO DE MAR *HIPPOCAMPUS REIDI* GINSBURG EN CAUTIVERIO*

*Andrés Felipe Melo-Valencia, Gloria Helena Ospina-Salazar, Javier Gómez-León
y Fabián Andrés Cortés-Pineda*

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Playa Salguero, El Rodadero, Santa Marta, Colombia. afmelova@unal.edu.co, gloria.ospina@invemar.org.co, javier.gomez@invemar.org.co, fabian.cortes@invemar.org.co

ABSTRACT

Effect of salinity on the survival and growth of seahorse fry *Hippocampus reidi* Ginsburg in captivity. This study was conducted to determine the optimal salinity for the culture of *H. reidi* fry during the first month of life, evaluating the effect of different salinities (27, 30, 33, and 36) on its growth and survival. The fry were distributed at three ind.L⁻¹ density in 12 L incubators, animals were fed *ad libitum* throughout the experiment, survival was monitored daily, and height and weight were measured both at the beginning and end of the experiment. The salinity did not show significant differences between treatments, the highest survival rate was obtained at 27 with $17.59 \pm 6.99\%$.

KEYWORDS: Salinity, growth, survival, *Hippocampus reidi*, fry.

Hippocampus reidi Ginsburg es una especie neotropical y su distribución en el Atlántico Occidental va desde Carolina del Norte (EE. UU.), Bermuda y las Bahamas, hasta Santa Catarina (Brasil) (Froese y Pauly, 2011). Se encuentra incluida en la lista roja de especies amenazadas en la categoría vulnerable (IUCN, 2008), en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, conocida por sus siglas en inglés como Cites (Cites, 2008), y en Colombia en el libro rojo de especies amenazadas como vulnerable (Acero *et al.*, 2002). Habita entre 15 y 55 m de profundidad y ha sido encontrada en raíces de manglar, pastos marinos, estuarios, corales duros y blandos, macroalgas, cnidarios, tunicados, esponjas y estructuras artificiales (Lourie *et al.*, 1999; Arcos-Pulido, 2008).

* Contribución No. 1124 del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar).

Aunque se reconoce la dificultad de levante en cautiverio (Olivotto *et al.*, 2008), en años recientes se han adelantado algunos estudios con miras a implementar los protocolos necesarios para su cultivo (Felício *et al.*, 2006; Olivotto *et al.*, 2008; Hora y Joyeux, 2009). Aunque muchos autores han registrado la influencia de la salinidad en el desarrollo de los peces y se ha determinado que es un factor importante que le permite al animal incrementar o disminuir la tasa de crecimiento (Boeuf y Payan, 2001), muy pocos han sido los trabajos en el tema realizados en caballitos de mar. Hilomen-García *et al.* (2003) determinaron que *H. kuda* puede tolerar salinidades entre 15 y 50, con altas tasas de supervivencia entre 15 y 30; Murugan *et al.* (2009), basados en una supervivencia del 100%, encontraron que juveniles y adultos de *H. trimaculatus* pueden tolerar salinidades entre 17 y 26. Este es el primer estudio sobre los efectos de la salinidad en el crecimiento y supervivencia de crías de *H. reidi* y con este se pretende generar información que ayude a optimizar su cultivo en cautiverio.

Durante cuatro semanas se evaluó por triplicado el efecto de cuatro salinidades: 27, 30, 33 y 36 ± 0.5 en sistemas de recirculación independientes, cada uno compuesto por tres acuarios rectangulares de 25 L con una estructura interna cilíndrica de 12 L en donde se alojaron los individuos y un reservorio de 25 L desde donde recirculaba el agua. A partir de un nacimiento de 500 crías de caballitos de una pareja de reproductores mantenidos en el Laboratorio de Bioprospección Marina del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar) en Santa Marta (Colombia), fueron sembradas un total de 36 crías por incubadora, obteniendo una densidad inicial de 3 ind.L⁻¹, las cuales tuvieron un período de cuatro días de aclimatación a cada salinidad evaluada. Diariamente se registró en un acuario, por tratamiento escogido al azar, pH, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y mortalidad; una vez al día se retiró el material de desecho y el alimento sobrante en cada incubadora, realizando además un recambio del 100% del agua a la respectiva salinidad en cada sistema. Las crías de *H. reidi* fueron alimentadas *ad libitum* de acuerdo con las especificaciones mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Protocolo de alimentación para crías de *Hippocampus reidi* durante el primer mes de vida.

Días	Alimento	Tamaño de tamiz (µm)	Ración/día	Densidad
1-5	Rotíferos enriquecidos +	200	2 (rotíferos)	200 rot.mL ⁻¹
	Nauplios <i>Artemia</i>		5 (nauplios)	2-5 ind.mL ⁻¹
6-15	Nauplios de <i>Artemia</i>	200	5	2-5 ind.mL ⁻¹
16-30	<i>Artemia</i> enriquecida	>200	5	2-5 ind.mL ⁻¹

Para registrar el peso húmedo inicial y final de las crías se usó una balanza analítica de 0.0001 g de precisión (Sartorius). Al iniciar el experimento fueron pesados 20 individuos para obtener un promedio del peso, al final del ensayo cada una de las crías fue anestesiada sumergiéndola por un minuto en una solución con benzocaína a una concentración de 0.16 g.L⁻¹, pesada y medida, tomando registros fotográficos sobre una cuadrícula milimetrada, para obtener la longitud estándar, la cual corresponde a la suma de la longitud de la cola, longitud del tronco y longitud de la cabeza (Lourie *et al.*, 1999); se utilizó el software Arcgis 9.3 para realizar las mediciones. Con los datos obtenidos de peso y longitud se realizaron los siguientes cálculos (Caicyt, 1987; Jobling, 1994; Houlinhan *et al.*, 2000):

$$PG (\%) = 100 * [(pf - pi) / pi]$$

donde *PG* es igual al peso ganado, *pf* es el peso final y *pi* el peso inicial.

$$TEC = 100 * [(ln pf - ln pi) / \# \text{ días}]$$

donde *TEC* es igual la tasa específica de crecimiento.

$$GPI (\text{mg/día}) = (pf - pi) / \# \text{ días}$$

donde *GPI* es igual a la ganancia de peso individual medida en mg/día.

$$K = pf / lf^3$$

donde *K* es igual al factor de condición de Fulton y *lf* es la longitud final.

Se realizaron análisis de varianza a una vía (Anova), evaluando los prerrequisitos de normalidad y homogeneidad de varianzas en los datos (Guisande *et al.*, 2006), para determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos en términos del peso final, peso ganado y ganancia de peso individual. Cuando el análisis arrojó diferencias significativas, se realizó una prueba de rangos múltiples (Marques, 1998); donde no se cumplió el supuesto de normalidad aun después de transformados los datos, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para determinar las diferencias entre tratamientos para la longitud estándar

final (LS), el factor de condición de Fulton (K), la tasa específica de crecimiento (TEC) y supervivencia. Para todas las pruebas se utilizó un nivel de significancia de 0.05. Se examinó la relación entre la supervivencia y las variables de peso y talla mediante una regresión polinómica de segundo grado, definiendo en los casos en los que se presentó el punto de inflexión.

Luego de 30 días la mayor supervivencia se observó en el tratamiento con una salinidad de 27 ($17.59 \pm 2.52\%$), mientras que la menor fue a 36 ($7.41 \pm 2.31\%$) con tan solo ocho individuos (Tabla 2), sin presentarse diferencias significativas entre los tratamientos ($F_{3,8} = 1.23$; $p > 0.05$), sin embargo se encontró una relación alta entre la supervivencia y las salinidades evaluadas ($r^2 = 0.86$). La salinidad con el mejor resultado de supervivencia en el presente estudio (27), es baja comparada con lo registrado por Olivotto *et al.* (2008) para la misma especie, quien realizó sus experimentos cultivándolos a una salinidad de 30, pero se encuentra dentro del intervalo trabajado por Hora y Joyeux (2009), entre 26.5 y 29.0. Hilomen-García *et al.* (2003) encontraron que *H. kuda* puede soportar salinidades entre 15 y 50, con altas tasas de supervivencia entre 15 y 30; por su parte, Murugan *et al.* (2009) encontraron que *H. trimaculatus* tolera salinidades dentro del ámbito 17 a 26, argumentando que el pequeño intervalo con respecto a *H. kuda* puede deberse a la gran variedad de nichos que esta especie ocupa en comparación con *H. trimaculatus*. De esta manera, las crías de *H. reidi* toleran salinidades más altas que *H. trimaculatus* y, aunque su ámbito de salinidad es más restringido que el de *H. kuda*, se han encontrado en Brasil en salinidades de 45 (Vincent y Sadler, 1995; Vincent, 1996; Lourie *et al.*, 1999; Rosa *et al.*, 2002; Lin *et al.*, 2006). Estas semejanzas en la tolerancia a diferentes salinidades puede deberse a que, si bien es cierto que la mayoría de las especies de caballitos de mar con distribución tropical

Tabla 2. Parámetros de crecimiento y supervivencia en crías de *Hippocampus reidi* cultivadas a diferentes salinidades. Los valores son expresados en promedio \pm desviación estándar de tres réplicas. LS: Longitud estándar final; PG: Peso ganado; GPI: Ganancia de peso individual; TEC: Tasa específica de crecimiento; K: Factor de condición de Fulton. *Los Anova a una vía realizados no arrojaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los cálculos realizados.

Cálculos*	Salinidad			
	27	30	33	36
Peso inicial (mg)	2.11 \pm 0.86	2.11 \pm 0.86	2.11 \pm 0.86	2.11 \pm 0.86
Peso final (mg)	51.21 \pm 6.53	49.19 \pm 13.80	49.89 \pm 11.65	54.21 \pm 22.26
LS (mm)	32.70 \pm 1.86	31.03 \pm 1.63	30.97 \pm 2.66	31.90 \pm 4.59
PG (%)	2326.94 \pm 309.56	2231.16 \pm 653.90	2264.57 \pm 552.08	2469.31 \pm 1054.80
GPI (mg.día ⁻¹)	1.69 \pm 0.23	1.62 \pm 0.48	1.65 \pm 0.40	1.80 \pm 0.77
TEC	10.70 \pm 0.76	10.63 \pm 1.03	10.46 \pm 0.94	10.90 \pm 1.45
K	0.14 \pm 0.01	0.16 \pm 0.02	0.16 \pm 0.00	0.16 \pm 0.00
Supervivencia (%)	17.59 \pm 2.52	14.81 \pm 3.06	15.74 \pm 2.08	7.41 \pm 2.31

se encuentran asociadas a hábitats con arrecifes coralinos, las especies tropicales *H. kuda* y *H. reidi* toleran aguas estuarinas y por ende pueden tolerar fluctuaciones drásticas en la salinidad siendo posible que experimenten altas tasas de mortalidad durante estos cambios (Foster y Vincent, 2004).

En este estudio se observó que del tercer al sexto día de vida se presenta entre 60 y 70% de mortalidad de las crías en todos los tratamientos, pero disminuye o se estabiliza durante los siguientes (Figura 1); esta misma conducta ha sido registrada por Hora y Joyeux (2009), en donde más de un tercio de la mortalidad total se presentó en el mismo período de tiempo. Es probable que durante esta etapa las crías no hayan desarrollado la destreza suficiente para cazar exitosamente el alimento, originándose las altas mortalidades (Payne y Rippingale, 2000; Sheng *et al.*, 2006, 2007; Lin *et al.*, 2008; Hora y Joyeux, 2009). Adicionalmente, la dieta suministrada durante los primeros días puede influir (tipo, tamaño y densidad del alimento), ya que el tamaño de las crías de *H. reidi* y su forma de vida pelágica durante esta etapa hacen de la alimentación inicial un punto clave en su cultivo (Olivotto *et al.*, 2008; Hora y Joyeux, 2009); así, es posible que gran cantidad de crías recién nacidas no logren sobrevivir después de haber superado un período de dos a tres días de inanición (punto de no retorno), como ocurre con *H. kuda* e *H. trimaculatus*, para los que este factor se determinó en 115.6 y 116.7 horas respectivamente (Sheng *et al.*, 2007).

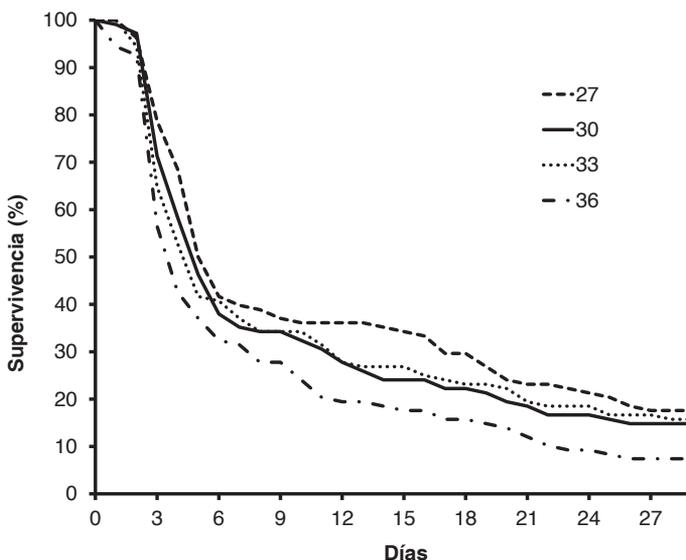


Figura 1. Comportamiento de la supervivencia (%) durante los primeros 30 días de vida, en crías de *Hippocampus reidi* cultivadas a diferentes salinidades.

Los caballitos de mar cultivados no presentaron diferencias significativas en las variables de crecimiento y peso estudiadas, sin embargo los más grandes se obtuvieron a 27 y los más pequeños a 33 (Tabla 2); adicionalmente se encontró una alta relación ($r^2 = 0.98$) entre la longitud y el peso de los animales y las salinidades evaluadas. Los valores promedio de talla y peso presentados (30-32 mm y 49-54 mg respectivamente) concuerdan con los encontrados por Hora y Joyeux (2009) en crías de la misma edad (20-33 mm) y los registrados por Olivotto *et al.* (2008), quienes obtuvieron crías de 21 días con tallas de 15 a 25 mm y pesos entre 20 y 43 mg. Es importante resaltar que en el presente estudio se observó un aumento de la desviación estándar en la talla y peso de los caballitos conforme la salinidad se incrementaba, encontrándose a la mayor salinidad (36) variaciones de 54.21 ± 22.26 mg en peso y 31.90 ± 4.59 mm en talla; Lin *et al.* (2009b) encontraron diferencias en el crecimiento de subadultos de *H. erectus* cultivados a diferentes salinidades (27, 29, 31, 33 y 35), indicando que la demanda energética utilizada en la osmorregulación se incrementa, pudiendo ser perjudicial a salinidades muy altas o muy bajas. Aunque en general para peces marinos se observa una mejor tasa de crecimiento a salinidades intermedias, lo que a menudo está relacionado con una baja tasa metabólica estándar; muchas evidencias sugieren que un mejor crecimiento en salinidades intermedias dependerá de la toma controlada de alimento, ya que numerosas especies adaptan la ingestión del mismo a la salinidad del agua (Boeuf y Payan, 2001).

La ganancia en peso porcentual (PG) mostró que los individuos de todos los tratamientos aumentaron entre 22 y 24 veces su peso inicial después de los 30 días (Tabla 2); este gran incremento corresponde a una ganancia de peso entre 2200 y 2400% y, aunque hasta el momento no existía esta información para *H. reidi*, es mucho mayor comparado a lo encontrado en juveniles de *H. erectus*, con valores entre 15 y 122% en individuos de 42 a 70 días de nacidos y 245 y 602% en organismos de 70 a 90 días (Lin *et al.*, 2009a, 2009b). Aunque no se encontraron registros de GPI para el género, durante este ensayo se observó que las crías ganaron diariamente más del 50% de su peso inicial. La tasa específica de crecimiento (TEC) tuvo valores mayores a 10 en todos los tratamientos (Tabla 2), esto quiere decir que en general todos los individuos presentaron una ganancia de peso diaria mayor al 10% de su peso; este valor es bastante alto comparado con algunos estudios realizados para *H. erectus* y *H. guttulatus* donde la TEC se mantuvo entre 0 y 5 (Palma *et al.*, 2008; Lin *et al.*, 2009a, 2009b), mientras que Lin *et al.* (2008) observaron en crías de *H. erectus* TEC de hasta 19 durante los primeros siete días, pero esta fue disminuyendo con el tiempo. El factor de condición de Fulton (K) en el caso de *H. reidi* es el primer registro realizado, encontrando que en la mayoría de los tratamientos se obtuvo un K de 0.16 y solamente en el tratamiento de menor salinidad fue de 0.14 (Tabla 2); en investigaciones realizadas con juveniles

y adultos de *H. erectus* e *H. guttulatus*, los valores obtenidos oscilan entre 0.15 y 0.36 (Lin *et al.*, 2008, 2009a, 2009b; Palma *et al.*, 2008).

En conclusión, se encontró un gran ámbito de tolerancia a la salinidad en crías de *H. reidi*; sin embargo, se presentaron altos porcentajes de mortalidad para todos los tratamientos a partir del tercer día de vida y hasta la primera semana, posiblemente debido a la dificultad que tiene las crías durante este período de atrapar el alimento. De esta manera, aunque *H. reidi* puede tolerar salinidades entre 27 a 36, se recomienda su cultivo a 27, por presentar los mejores porcentajes de supervivencia y pesos más homogéneos. Se observó una relación directamente proporcional entre la salinidad y la variabilidad de las tallas y los pesos de las crías dentro de los ámbitos estudiados; en consecuencia, aunque los mejores pesos se den a la mayor salinidad (36), esta no es recomendable para el cultivo de la especie, no solo por presentar una supervivencia muy baja, sino también porque la variabilidad de pesos dentro de la misma población origina un lote muy disperejo en el cual los animales más pequeños probablemente no sobrevivan.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, al Inveemar, a Langostinos del Llano Ltda., al Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder) y a la Fundación Museo del Mar por la financiación y ejecución del proyecto: “Iniciación al proceso de reproducción de dos especies de peces marinos ornamentales de interés comercial, *Gramma loreto* e *Hippocampus reidi*, en condiciones de laboratorio” contrato 037-2007U1182-421-07, en cuyo marco se desarrolló este trabajo. También al equipo del Laboratorio de Bioprospección Marina del Inveemar y a la Línea de Bioprospección Marina del Programa de Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos en el que se llevó a cabo el presente proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero P., A., L. S. Mejía y M. Santos-Acevedo. 2002. *Hippocampus reidi*. 81-83. En: Mejía, L. S. y A. Acero P. (Eds.). Libro rojo de peces marinos de Colombia. Inveemar, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia, Bogotá. 174 p.
- Arcos-Pulido, M. P. 2008. Caballitos de mar (*Hippocampus* spp.) de Colombia: situación actual, instrumentos de gestión y acciones prioritarias de conservación. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá. 119 p.
- Boeuf, G. y P. Payan. 2001. How should salinity influence fish growth? Comp. Biochem. Phys. Part C, 130: 411-423.



- Caicyt. 1987. Nutrición en acuicultura. En: Espinosa de los Monteros J. y U. Labarta (Eds). Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Vol. II. Industrias Gráficas España, Madrid. 318 p.
- Cites. 2008. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. <http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml>. 09/11/2009.
- Felício, A. K. C., I. L. Rosa, A. Souto y R. H. A. Freitas. 2006. Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. *J. Ethol.*, 24: 219-225.
- Foster, S. J. y A. C. J. Vincent. 2004. Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *J. Fish Biol.*, 65:1-61.
- Froese, R. y D. Pauly. 2011. FishB World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org>. 01/12/2012.
- Guisande, C., A. I. Barreiro, I. Maneiro, A. Riveiro. A. Vergara y A. Vaamonde. 2006. Tratamiento de datos. Universidad de Vigo, Vigo, España. 357 p.
- Hilomen-García, G. V., R. D. Reyes y C. M. H. García. 2003. Tolerance of seahorse *Hippocampus kuda* (Bleeker) juveniles to various salinities. *J. Appl. Ichthyol.*, 19: 94-98.
- Hora, M. S. C. y J. C. Joyeux. 2009. Closing the reproductive cycle: growth of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei, Syngnathidae) from birth to adulthood under experimental conditions. *Aquaculture*, 292: 37-41.
- Houlihan, D., T. Boujard y M. Jobling. 2000. Food intake in fish. Blackwell Science, Oxford. 418 p.
- IUCN. 2008. Red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org>. 09/11/2009.
- Jobling, M. 1994. Fish bioenergetics. Chapman y Hall, Londres. 309 p.
- Lin, Q., J. Y. Lu y Y. L. Gao. 2006. The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, 254: 701-713.
- Lin, Q., J. D. Lin y D. Zhang. 2008. Breeding and juvenile culture of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Perry, 1810). *Aquaculture*, 277: 287-292.
- Lin, Q., J. Lin y L. Huang. 2009a. Effects of substrate color, light intensity and temperature on survival and skin color change of juvenile seahorses, *Hippocampus erectus* (Perry, 1810). *Aquaculture*, 298: 157-161.
- Lin, Q., D. Zhang y J. Lin. 2009b. Effects of light intensity, stocking density, feeding frequency and salinity on the growth of sub-adult seahorses *Hippocampus erectus* (Perry 1810) *Aquaculture*, 292: 111-116.
- Lourie, S. A., A. C. J. Vincent y H. J. Hall. 1999. Seahorse: An identification guide to the world's species and their conservation. Project Seahorse, Londres. 214 p.
- Marques, M. J. 1998. Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas. Editorial Mc Graw-Hill, México. 657 p.
- Murugan, A., S. Dhanya, R. A. Sreepada, S. Rajagopal y T. Balasubramanian. 2009. Breeding and mass-scale rearing of three spotted seahorse, *Hippocampus trimaculatus* Leach under captive conditions. *Aquaculture*, 290: 87-96.
- Olivotto, I., A. M. Avella, G. Sampaolesi, C. C. Piccinetti, P. Ruiz Navarro y O. Carnevali. 2008. Breeding and rearing the longsnout seahorse *Hippocampus reidi*: rearing and feeding studies. *Aquaculture*, 283: 92-96.

- Palma, J., J. Stockdale, M. Correia y J. P. Andrade. 2008. Growth and survival of adult long snout seahorse (*Hippocampus guttulatus*) using frozen diets. *Aquaculture*, 278: 55-59.
- Payne, M. F. y R. J. Rippingale. 2000. Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched *Artemia*. *Aquaculture*, 188: 353-361.
- Rosa, I. L., T. L. Dias y J. K. Baum. 2002. Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1993 (Syngnathidae). *Environ. Biol. Fishes*, 64: 378 p.
- Sheng, J., Q. Lin, Q. Chen, Y. Gao, L. Shen y J. Lu. 2006. Effects of food, temperature and light intensity on the feeding behavior of three-spot juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach. *Aquaculture*, 256: 596-607.
- Sheng, J., L. Qiang, C. Qingxiang, L. Shen y J. Lu. 2007. Effect of starvation on the initiation of feeding, growth and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach and *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, 271: 469-478.
- Vincent, A. C. J. 1996. The international trade in seahorses. Traffic International, Cambridge. 163 p.
- Vincent, A. C. J. y L. M. Sadler. 1995. Faithful pair bonds in wild seahorses, *Hippocampus whitei*. *Anim. Behav.*, 50: 1557-1569.

FECHA DE RECEPCIÓN: 22/02/2011

FECHA DE ACEPTACIÓN: 26/02/2013

