



## Artículos de Divulgación

# Cultivo de caballo marino *Hippocampus abdominalis*, un caso de estudio. (Parte 2)

Leonardo Martínez Cárdenas

En esta segunda entrega se presenta un reporte detallado de los avances en la investigación referente a diversos aspectos de cultivo de etapas tempranas del caballito de mar *H. abdominalis*.

### Color de los tanques

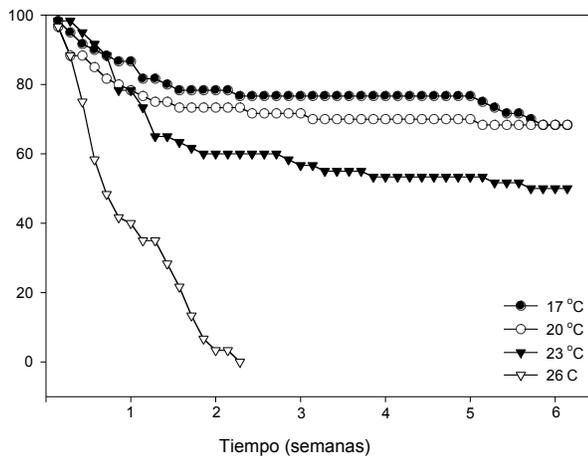
El primer aspecto que se investigó fue el efecto del color de contraste de los tanques sobre la tasa de ingestión de nauplios de *Artemia*. De manera preliminar se colorearon grupos de tanques de 3 litros por triplicado con los colores primarios rojo, azul y amarillo además de los colores blanco y negro. Tres tanques adicionales permanecieron transparentes como tratamiento control. Se colocó un caballito en cada tanque con agua de mar y después se colocaron exactamente 100 nauplios de *Artemia*. Se realizaron observaciones en un periodo de 10 minutos para verificar cuantas veces cada caballito exhibía el movimiento de alimentación. Al final del periodo de observaciones se contaron los nauplios sobrevivientes en el tanque para contrastar el número con el número de movimientos alimentarios de cada pez. Se repitió este protocolo durante tres días consecutivos y se analizaron los resultados. No se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa en la ingesta de *Artemia* entre los colores utilizados. En función de estos resultados se diseñó un protocolo experimental para exponer a los caballitos a los colores experimentales por un periodo más prolongado mediante su cultivo en los tanques coloreados, esta vez interconectados a un sistema de recirculación, durante seis semanas. Al final de este periodo se realizaron biometrías para comparar el crecimiento de los organismos entre los colores utilizados.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Finalmente los caballitos de cada tanque se colocaron en un tubo de acrílico al cual fue cubierto con el rango de colores utilizados de manera que a lo largo del tubo se ofrecieron secciones de cada color en el cual los caballitos fueron cultivados para observar si estos presentaban algún condicionamiento. Todos los caballitos sin importar el color donde fueron cultivados prefirieron la sección del tubo de color transparente. Se

concluyó que la especie puede ser cultivada en cualquier color aunque desde el punto de vista operativo el color negro presenta mayor dificultad para observar a los caballitos que también son de color oscuro en etapas tempranas.

### Temperatura

El segundo aspecto que se investigó fue la temperatura del agua. El caballito de mar *H. abdominalis* es un pez de aguas templadas al cual se le cultiva comúnmente en 18 °C. Esta característica limita la comercialización de esta especie en el mercado de acuario tropical que es el de mayor distribución a nivel mundial. Para evaluar si esta especie podría ser cultivada en temperaturas superiores a los 18 °C se cultivaron grupos de 15 caballitos de mar en 16 tanques de 3 litros interconectados a cuatro sistemas de recirculación (cuatro tanques por tratamiento). Cada sistema de recirculación contó con un sistema integrado de filtración en el cual se instaló un calentador con termostato para establecer la temperatura a experimentar. Se propusieron tres niveles de temperatura 20, 23 y 26 además de un tratamiento control con 17 °C. Se cultivaron los caballitos por seis semanas después de las cuales se registró que los caballitos en los tanques a 26 °C murieron en menos de una semana (Figura 1). En los tratamientos restantes 20 y 23 °C se presentó un mayor crecimiento comparado con el control, aunque en este último se registró la mejor sobrevivencia. Surgió una interrogante referente al origen del crecimiento debido a la tasa de alimentación general y por ello se repitió el experimento utilizando un lote diferente de organismos. A estos se les cultivó en los mismos niveles de temperatura, les fue ajustada la tasa de alimentación y fueron aclimatados a las temperaturas experimentales en un periodo de 48 horas en lugar de 24 horas como en el experimento anterior. Al término del experimento el tratamiento a 20 °C presentó el mejor crecimiento, seguido de 23 °C y 17° respectivamente. Los organismos en 26 °C perecieron en menos de una semana tal y como sucedió en el primer experimento. Se concluyó que esta especie no puede ser introducida en el mercado de acuario tropical ya que no soporta temperaturas mayores a 26 °C, cuando este nivel es más bajo que el considerado óptimo para peces tropicales que es 28 °C.



**Figura 1.** Experimento temperatura 2. Tasa de sobrevivencia de juveniles tempranos de caballito de mar *H. abdominalis* cultivados durante seis semanas en cuatro temperaturas.

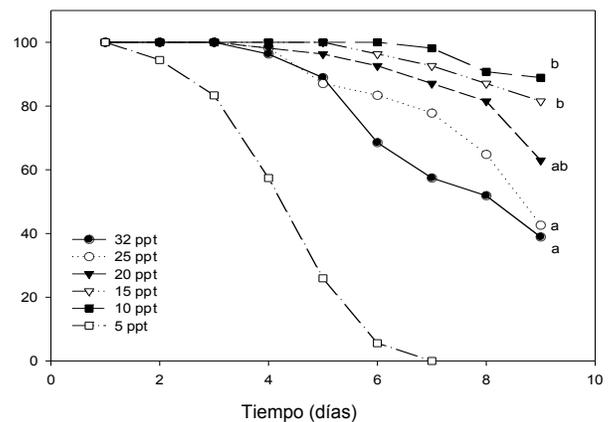
### Densidad de cultivo

En experimentos anteriores surgió una interrogante en referencia al efecto de la densidad de cultivo al presentarse mortalidad en los tanques. Por lo tanto se propusieron cuatro densidades de cultivo que fueron 5, 15, 30 y 45 caballitos de mar por cada tres litros que es la capacidad de los tanques de cultivo. Se cultivaron durante seis semanas al término de las cuales no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La tasa porcentual de mortalidad se comportó de manera similar. Se repitió el experimento para tratar de superar la etapa crítica de mortalidad que se presentó en la primera semana, mediante el uso de organismos de más edad. Al término de las seis semanas no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto se concluyó que esta especie puede ser cultivada en densidades más altas que las consideradas óptimas actualmente en las granjas que es de ocho organismos por litro.

### Salinidad

*H. abdominalis* es una de las cuatro especies de caballito de mar consideradas estuarinas, aunque pese a esta característica, no ha sido investigado el efecto de la salinidad sobre el crecimiento y sobrevivencia de etapas tempranas. Los resultados de una prueba preliminar en la cual se transfirieron abruptamente caballitos a salinidades de 32, 25, 20, 15, 10 y 4 indicaron una mejor sobrevivencia en salinidades menores a la salinidad del mar la cual fue registrada para este estudio en 32 partes por mil (ppt) (Figura 2). En base a esta prueba se propuso transferir abruptamente los organismos a tres salinidades (5, 10, 15)

además de un control a 32 ppt. Se cultivaron 15 caballitos por cada uno de los 16 tanques de 3 litros interconectados a un sistema de recirculación de agua (cuatro tanques por tratamiento) durante seis semanas al término de las cuales no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 10, 15 y 32. Los organismos cultivados en 5 ppt perecieron en menos de una semana. Se repitió el experimento con la diferencia de que la transferencia fue gradual. Al término de las seis semanas si se registraron diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad de humedad en muestras de caballitos cultivados en 10 ppt. Estos contenían una mayor cantidad de humedad lo cual es un indicador de problemas osmorregulatorios al retener líquido. Por esto se concluyó que la especie puede ser cultivada sin comprometer crecimiento y sobrevivencia hasta una salinidad de 15 ppt.

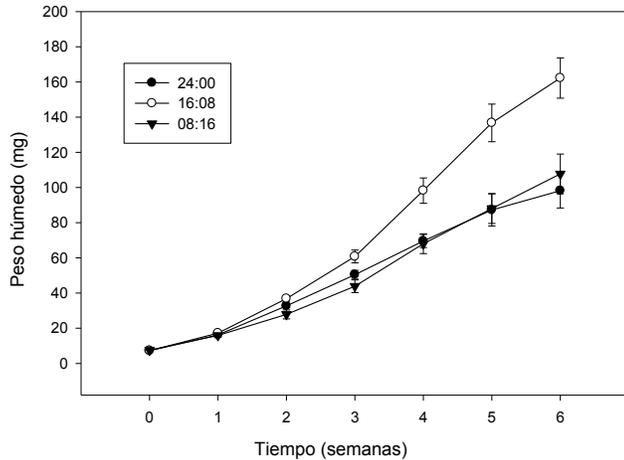


**Figura 2.** Tasa de sobrevivencia de juveniles de caballito de mar *H. abdominalis* transferidos abruptamente a seis salinidades y cultivados por 10 días. Diferentes superíndices indican diferencias estadísticamente significativas.

### Fotoperiodo

La manipulación de los periodos de luz en acuicultura ha surtido efecto para modificar tasas de maduración y otros procesos en algunas especies tales como el salmón. En el presente estudio se propusieron tres fotoperiodos 08:16, 16:08 y 24:00 (Luz: Oscuridad). Se cultivaron 15 caballitos en cada uno de los 15 tanques (cinco tanques por tratamiento) interconectados a un sistema de recirculación de agua por un periodo de seis semanas. Al término de las cuales fueron registradas diferencias estadísticamente significativas entre los caballitos cultivados en luz continua que presentaron un menor crecimiento comparado con los que fueron cultivados en 08:16, 16:08. Surgió una interrogante referente a la cantidad y la calidad del alimento (*Artemia*) en los tanques después de un periodo de tiempo. Por los tanto se repitió el experimento adicionando otra ración de

alimento ocho horas después de la primera alimentación. Al término de las seis semanas de cultivo fueron registradas diferencias estadísticamente significativas entre los organismos cultivados en 16:08 los cuales tuvieron un mayor crecimiento comparados con el resto de los tratamientos (Figura 3). A partir de esto se concluyó que un fotoperiodo extendido afectó positivamente el crecimiento de caballitos de mar siempre y cuando la cantidad y la calidad del alimento no fueran limitantes.



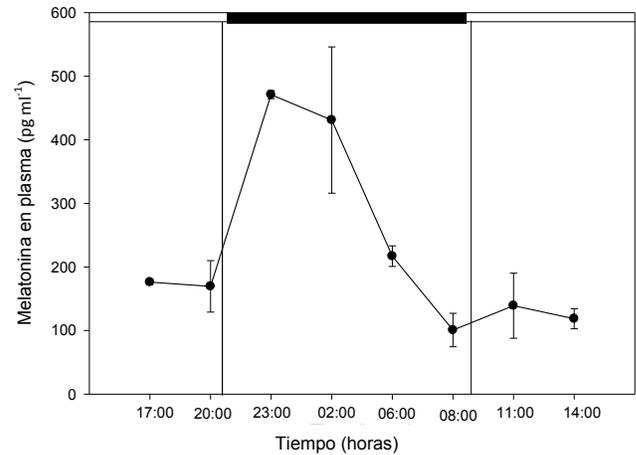
**Figura 3.** Tasa de crecimiento promedio ( $\pm 1$  S.E) de juveniles de caballito de mar *H. abdominalis* cultivados por seis semanas en tres fotoperiodos.

## Melatonina

A partir de los resultados de la experimentación con fotoperiodo surgió una interrogante en referencia al comportamiento del caballito de mar durante periodos de oscuridad. A este respecto se propuso analizar la posibilidad que esta especie produjera la hormona melatonina la cual está asociada con periodos de reposo en vertebrados. Debido a los pequeños volúmenes de sangre en los organismos empleados en la experimentación con fotoperiodo se optó por realizar el análisis en juveniles tardíos. A un lote de más de 100 caballitos de mar adultos se les extrajo sangre en ocho puntos a lo largo de un periodo de 24 horas. Se separó el plasma el cual fue contrastado con un control proveniente de melatonina de salmón para determinar mediante un análisis radioactivo si se presentaba la hormona melatonina. El análisis arrojó un resultado positivo para melatonina.

Los ocho puntos revelaron que *H. abdominalis* produce altos niveles de melatonina a partir del inicio del periodo de oscuridad y regresa a niveles mínimos justo antes de iniciar la fase luminosa. A partir de estos resultados se concluyó que es muy probable que los resultados de la experimentación en fotoperiodo pudieran ser explicados por la

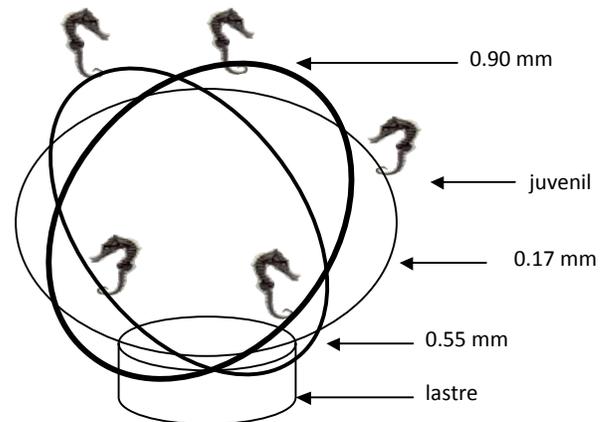
baja o nula ingesta de *Artemia* de los caballitos en la fase oscura debido a que entran en reposo.



**Figura 4.** Perfil de producción de melatonina ( $\pm 1$  S.E) de adultos de caballito de mar *H. abdominalis* tomado en un periodo de 24:00 hr.

## Sustrato de fijación

El último aspecto que se investigó en el presente estudio fue la preferencia de los caballitos por sustratos de fijación de varias densidades y grosores. En un ensayo preliminar se ataron las opciones de grosor en la forma de monofilamento de nylon de 0.17 mm, 0.55 mm and 0.90 mm a un marco. Se presentó un problema de diseño ya que los organismos preferían el marco y no las opciones de grosor de monofilamento. Por tanto se diseñó un artilugio con el cual se garantizó que los caballitos eligieran alguna de las tres opciones sin interferencia de alguna otra estructura (Figura 5).



**Figura 5.** Dispositivo experimental para determinación de la preferencia del caballito de mar *H. abdominalis* hacia tres opciones de grosor de sustrato de fijación (monofilamento de nylon).

---

De manera similar se experimentó con una malla plástica para evaluar la preferencia por la densidad del sustrato en forma de malla. Las opciones fueron 5 mm, 10 mm y 24 mm de apertura de malla. En ambos experimentos los caballitos optaron por las opciones tanto más gruesas y menos densas. Por lo tanto se concluyó que en etapas tempranas los organismos prefieren los sustratos más gruesos y dispersos.

### Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en este estudio revelan que los caballitos pueden ser cultivados en cualquier color y densidad de cultivo sin afectar su crecimiento y sobrevivencia. No se recomienda el uso de agua a más de 23 °C

de temperatura y una salinidad menor a 10 °C ya que partir de estos niveles se presentan problemas fisiológicos. No se recomienda el cultivo de caballitos en luz continua aunque un fotoperiodo extendido de hasta 16 horas de luz incrementa el crecimiento siempre y cuando no haya limitaciones nutricionales. Tampoco se recomienda su cultivo en oscuridad continua ya que esta especie entra en periodos de reposo tal como lo sugieren el perfil de producción de melatonina. Se recomienda explorar un rango más amplio de opciones de sustrato de fijación ya que de las tres opciones experimentadas los peces optaron por la más gruesa y dispersa. El presente trabajo presenta información científica original y específica para las etapas tempranas de esta especie la cual puede ser utilizada por el sector productivo como base para protocolos de operación. 

### Datos del autor:

Dr. Leonardo Martínez Cárdenas  
Profesor - Investigador  
Universidad Autónoma de Nayarit, México  
Programa de retenciones del  
CONACyT 2010 - 2011  
E - mail: [leonarm2@yahoo.com.mx](mailto:leonarm2@yahoo.com.mx)

