

## EFFECTO DE LA CAL EN EL CONTROL DE GUSANOS BARRENADORES (POLYCHAETE: SPIONIDAE) EN UN CULTIVO EXPERIMENTAL DE OSTIÓN, VARIANDO EL TIEMPO DE INMERSIÓN Y LA FRECUENCIA DE APLICACIÓN

Effect of lime on the control of boring worms (Polychaete: Spionidae) in an experimental oyster culture, with varying immersion time and frequency of application

M García-Ulloa ✉, MC Gallo-García, JT Ponce-Palafox, JL Arredondo-Figueroa

(MGU) (MCGG) Laboratorio de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Guadalajara. Miguel López de Legazpi 235. Barra de Navidad 48987 Jalisco, México. turbotuag@hotmail.com

(JTPP) Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos

(JLAF) Planta Experimental de Producción Acuícola, UAM Iztapalapa

Artículo recibido: 6 de junio de 2006, aceptado: 20 de mayo de 2008

**RESUMEN.** Se estudió el efecto combinado de diferentes tiempos de inmersión (30, 60, 300 y 600 segundos) y frecuencias de aplicación (7, 14, 21 y 28 días) de una solución de cal al 0.2% en el control de gusanos barrenadores en un cultivo experimental de ostión. El experimento se desarrolló durante 20 semanas en la laguna de Barra de Navidad (Jalisco, México) como sitio de cultivo. El valor más bajo de ampollas de lodo ( $1.32 \pm 0.60$  ampollas por ostión) fue obtenido para el tratamiento 7/600, el cual presentó diferencias estadísticas ( $p = 0.0029$ ;  $F = 3.07$ ) con el grupo control ( $2.33 \pm 0.35$  ampollas por ostión). Para el tiempo de inmersión sobre el número promedio de ampollas en la concha de los ostiones, el tratamiento de 600 segundos fue significativamente diferente a los demás tiempos ( $p = 0.0003$ ;  $F = 8.18$ ). No se observó un efecto significativo de la frecuencia de aplicación en el número promedio de ampollas ( $p = 0.083$ ;  $F = 2.43$ ), ni interacción entre los factores tiempo y frecuencia ( $p = 0.1156$ ;  $F = 1.76$ ). El crecimiento diario fluctuó desde  $4.20 \pm 0.76\%$  para el grupo 7/600 hasta  $5.77 \pm 0.15\%$  para el tratamiento 14/600. La supervivencia promedió  $15.72\%$  para todos los tratamientos. Los resultados indicaron que a fin de controlar la población de gusanos, los ostiones deben ser tratados con cal a la concentración estudiada durante 600 segundos al menos una vez al mes durante el ciclo de cultivo.

**Palabras clave:** Cal, control de poliquetos, cultivo de ostión, tiempo de inmersión, frecuencia de aplicación.

**ABSTRACT.** The combined effect of different immersion times (30, 60, 300 and 600 seconds) and application frequencies (7, 14, 21 and 28 days) of a 0.2% lime solution on the control of boring worms in an experimental oyster culture was studied. The experiment was carried out during 20 weeks in Barra de Navidad Lagoon (Jalisco, Mexico) as the culture site. The lowest number of mud blisters ( $1.32 \pm 0.60$  blisters per oyster) was obtained for treatment 7/600, which presented significant differences ( $F = 3.07$ ;  $p = 0.0029$ ) in relation to the control group ( $2.33 \pm 0.35$  blisters per oyster). With respect to the immersion time on the mean number of blisters on the oyster shells, the 600 seconds treatment was significantly different from the other immersion times ( $F = 8.18$ ;  $p = 0.0003$ ). No significant effect was observed for the application frequency on the mean number of blisters ( $F = 2.43$ ;  $p = 0.083$ ), and there was no interaction between the factors time and frequency ( $F = 1.76$ ;  $p = 0.1156$ ). Daily growth fluctuated from  $4.20 \pm 0.76\%$  for the 7/600 group to  $5.77 \pm 0.15\%$  for the 14/600 treatment. Survival averaged  $15.72\%$  in all treatments. Results indicate that, in order to control the worm population, the oysters must be treated with lime at the concentration tested, at least once a month for 600 seconds throughout the culture cycle.

**Key words:** Lime, polychaete control, oyster culture, immersion time, application frequency.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo del ostión es la actividad acuícola

más importante en México después del de camarón y el de la tilapia. La producción registrada en 2003 se aproximó a las 30 mil toneladas métricas

(Anónimo 2006). Como se ha observado en muchos países (Hone & Tonkin 1993; Burreson *et al.* 1994; Moreno *et al.* 2006; Nel *et al.* 1996) y para otras especies de moluscos comercialmente importantes (Baxter 1984; Boscolo & Giovanardi 2002; Lleonart *et al.* 2003; Mazurie *et al.* 1985; Mortesen *et al.* 1999; Mortensen *et al.* 2000), la presencia de poliquetos barrenadores (Familia Spionidae) ha sido señalada como uno de los problemas de cultivo más comunes asociado con la mortalidad de ostiones en granjas mexicanas (Cáceres-Martínez *et al.* 1998; Gallo-García *et al.* 2001; Chávez-Zazueta 2003). La infestación de gusanos espiónidos se manifiesta con la presencia de ampollas de lodo en la superficie interna de la concha, o en la base del músculo abductor como lo menciona Bardach *et al.* (1986), lo cual provoca que el ostión sea más susceptible a los depredadores. Además, Wargo & Ford (1993) sugirieron que la presencia de poliquetos perforadores en las conchas del ostión pudiera reducir su índice de condición al disminuir su habilidad de acumular reservas nutrimentales.

Para reducir el impacto de gusanos barrenadores en los cultivos de ostión se han propuesto varias técnicas para su control, entre estas están: el sistema de cultivo intermareal, que expone a los animales al sol y al aire por periodos de tiempo prolongados (Quayle & Newkirk 1989; Cáceres-Martínez *et al.* 1998; Hooper & Kirby-Smith 2001; Lleonart 2001), el uso de productos químicos tales como soluciones de cloro ( $25 \text{ g ml}^{-1}$ ) o formol al 2% (Robles-Mungaray & Salinas-Ordaz 1993), dipterenos marinos obtenidos de extractos de algas (Takikawa *et al.* 1998) y la aplicación de sulfato de cobre (Quayle & Newkirk 1989). Aunque el uso de estos compuestos puede ser eficiente en el control de gusanos perforadores, algunos de ellos son caros, tóxicos y requieren de un cuidadoso manejo. Algunas técnicas alternativas se refieren a la inmersión de los ostiones en soluciones hipo o hipersalinas, tales como agua dulce (Velayudhan 1983; Hooper & Kirby-Smith 2001; Gallo-García *et al.* 2004), agua caliente (Nel *et al.* 1996), e hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , conocido comercialmente como cal hidratada y que se aplica en baños de inmersión cortos (Robles-Mungaray & Salinas-Ordaz 1993).

En experimentos *in vitro*, García-Ulloa *et al.* (2003) demostraron la efectividad de la cal para matar a los gusanos y Gallo-García *et al.* (2004) comprobaron la efectividad de una solución de  $\text{Ca(OH)}_2$  al 0.2% para controlar los poliquetos barrenadores en un vivero experimental de producción de *C. gigas*, localizado en la costa media del Pacífico Mexicano. Debido al creciente interés de establecer cultivos comerciales de ostión en la costa sur del estado de Jalisco (García-Ulloa 2000) se estudiaron diferentes tiempos de exposición y frecuencia en la aplicación de cal para controlar los gusanos barrenadores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Formación de grupos y manejo

La semilla de ostión ( $n = 20\ 000$ ) de aproximadamente  $3.2 \pm 0.3 \text{ mm}$  fue obtenida del Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora, México, y transportada vía aérea a Barra de Navidad, Jalisco, México ( $19^\circ 1' 2'' 50'$  y  $19^\circ 12' 15'' \text{ N}$ ;  $104^\circ 39' 10'$  y  $104^\circ 41' 07'' \text{ O}$ ), en donde se ubica el Laboratorio de Ciencias Marinas. Según Phleger (1969) la geomorfología de la laguna de Barra de Navidad es característica de una laguna costera típica, cuyo clima está clasificado dentro de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano (García 1981). Los sustratos presentes en la laguna son predominantemente blandos a duros, distribuidos de menor a mayor tamaño en grano desde la zona posterior a la laguna hacia la boca en comunicación con el mar (Sandoval 1985). El sitio de cultivo, hacia la parte media de la laguna, presenta una profundidad promedio de 2.5 metros en marea alta, y el sustrato es una mezcla de partículas limo-arcillosas.

Las semillas fueron aclimatadas a la temperatura natural del agua de la laguna, como sugirieron Gallo-García *et al.* (2001). Posteriormente, los ostiones fueron distribuidos aleatoriamente ( $n = 400$  ostiones) en bolsas de malla mosquitera (3 mm de luz de malla). Tres bolsas ( $n = 3$  repeticiones por tratamiento) fueron colocadas en cada canasta ostrícola (50 cm de largo  $\times$  50 cm de ancho  $\times$  10 cm de alto). Las bolsas fueron etiquetadas de acuerdo al número de repetición y tratamiento. Hasta cinco canastas con los sobres en su interior fueron ensam-

**Tabla 1.** Identificación de los tratamientos experimentales (n = 400 por repetición, tres repeticiones por tratamiento). Una solución de cal al 0.2% se usó para todos los tratamientos (\*S. T. = sin tratamiento).

**Table 1.** Identification of experimental treatments (n = 400 per replicate, three replicates per treatment). A 0.2% lime solution was used for all treatments (\*S. T. = no treatment).

	Frecuencia de aplicación (días)	Tiempo de inmersión (segundos)	Tratamientos
Ca(OH) <sub>2</sub>	7	30, 60, 300, 600	7/30, 7/60, 7/300, 7/600
	14	30, 60, 300, 600	14/30, 14/60, 14/300, 14/600
	21	30, 60, 300, 600	21/30, 21/60, 21/300, 21/600
	28	30, 60, 300, 600	28/30, 28/60, 28/300, 28/600
Control	S. T.*	S. T.*	Control

bladas para formar cuatro módulos experimentales, tres módulos con cinco canastas (una por cada frecuencia de exposición más una canasta extra para una de las tres repeticiones del grupo control) y un módulo con cuatro canastas. Las unidades experimentales fueron suspendidas con cuerdas en un sistema de cultivo flotante ("línea-madre") y mantenidas a una profundidad aproximada de 0.3 m por encima del fondo. Las unidades fueron transportadas cada semana al laboratorio para limpiar las canastas y cuerdas con agua dulce a presión suave, y posteriormente aplicar los tratamientos. Después del manejo, las bolsas fueron colocadas en las canastas, y estas, cambiadas de orden en su respectiva unidad experimental para permitir que los animales en ella fueran suspendidos en diferente posición con relación a la distancia del fondo de la laguna durante el tiempo del cultivo. Semanalmente, la temperatura del agua, salinidad y pH fueron medidas al final del manejo. El experimento tuvo una duración de 20 semanas (enero a mayo).

### Tratamientos experimentales

Para evaluar el efecto de la cal (Cal Perla®, México) en el control de gusanos, los ostiones fueron expuestos a una solución al 0.2% de Ca(OH)<sub>2</sub> a diferentes frecuencias (cada 7, 14, 21 y 28 días), durante 30, 60, 300 y 600 segundos en cada frecuencia (Tabla 1). Los baños de inmersión con la cal fueron preparados en contenedores independientes de plástico y estos fueron aplicados desde la siembra a todos los tratamientos. Las tres repeticiones de cada tratamiento fueron colocadas de nuevo en las canastas después del baño. El grupo control, con tres repeticiones, no fue expuesto a la cal durante

todo el experimento. Todos los animales fueron individualmente contados, medidos (0.01 cm) y pesados (0.01 g) al final del tiempo de cultivo, mientras que el crecimiento diario y las medias finales de la longitud y peso totales por tratamiento, se obtuvieron con una muestra aleatoria de 20 ostiones por bolsa cada semana. El incremento en el crecimiento diario (CD), expresado en el porcentaje de la ganancia en peso por día (g día<sup>-1</sup>) para cada tratamiento, fue calculado como

$$CD = \left[ n^{-1} \sqrt{\left( \frac{\text{peso húmedo final}}{\text{peso húmedo inicial}} \right)} - 1 \right] \times 100$$

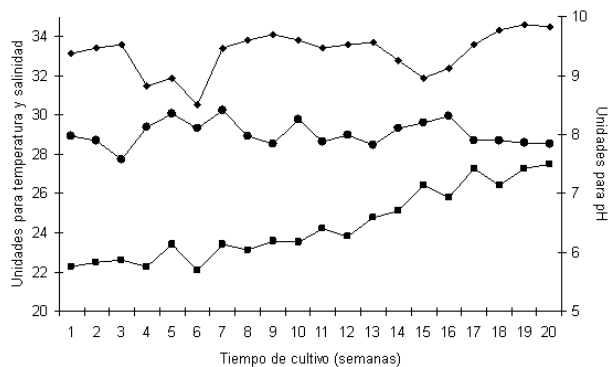
donde  $n$  = días de cultivo (Coutteau *et al.* 1994). Una muestra de 20 animales por repetición de cada tratamiento fue sacrificada al final del cultivo para obtener visualmente, el número de ampollas de lodo por ostión.

### Análisis estadístico

Antes de analizar los datos se verificaron supuestos de normalidad (coeficiente de asimetría y curtosis) y homocedasticidad de varianzas (Prueba de Cochran C;  $p = 0.4602$ ). La detección de diferencias entre las medias del número de ampollas de los tratamientos y el grupo control fueron estimadas con un análisis de varianza (ANDEVA). Posteriormente, se hizo una prueba de Fisher para identificar aquellas medias estadísticamente diferentes (Sokal & Rohlf 2000).

Por otro lado, se realizó un ANDEVA multifactorial para encontrar efectos significativos de los factores tiempo de inmersión (niveles: 30, 60, 300 y 600 seg) y frecuencia de aplicación (niveles: 7, 14, 21 y 28 días) de la cal sobre la variable número de ampollas, así como para detectar la interacción entre

estos dos factores. Posteriormente, las medias estadísticamente diferentes se identificaron mediante un análisis de Fisher. Los resultados de la supervivencia fueron transformados a  $\log_{10}$  para que la varianza fuera independiente a la media (Reyes 1982). Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia de 95 % con el programa computacional Statgraphics Plus versión 5.0 (Anónimo 1990).



**Figura 1.** Promedio semanal de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups) y pH en el sitio de cultivo (■ = temperatura, ◆ = salinidad, ● = pH).

**Figure 1.** Weekly mean temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinity (ups) and pH in the culture site (■ = temperature, ◆ = salinity, ● = pH).

## RESULTADOS

Los parámetros de calidad de agua registrados durante todo el experimento mostraron fluctuaciones desde 23 hasta 28  $^{\circ}\text{C}$  para la temperatura, de 27 a 33 unidades prácticas de salinidad (ups) y 7.5 a 8.3 unidades para el pH (Figura 1).

En promedio, la cantidad de ampollas por ostión fluctuó desde  $1.32 \pm 0.60$  para el grupo 7/600, hasta  $2.92 \pm 0.36$  para el tratamiento 21/60 (Tabla 2). El grupo control ( $2.33 \pm 0.35$ ) presentó diferencias significativas con los tratamientos 7/600 ( $1.32 \pm 0.60$ ) y 21/600 ( $1.51 \pm 0.35$ ), en los cuales se registró el menor número promedio de ampollas ( $p = 0.0029$ ;  $F = 3.07$ ). El tiempo de inmersión sobre el número promedio de ampollas resultó significativo ( $F = 8.18$ ;  $p = 0.0003$ ). Las frecuencias de aplicación no tuvieron un efecto significativo sobre el número de ampollas ( $F = 2.43$ ;  $p = 0.083$ ). El tiempo de inmersión de 600 segundos fue estadísticamente diferente a los demás tiempos (LSD;  $p <$

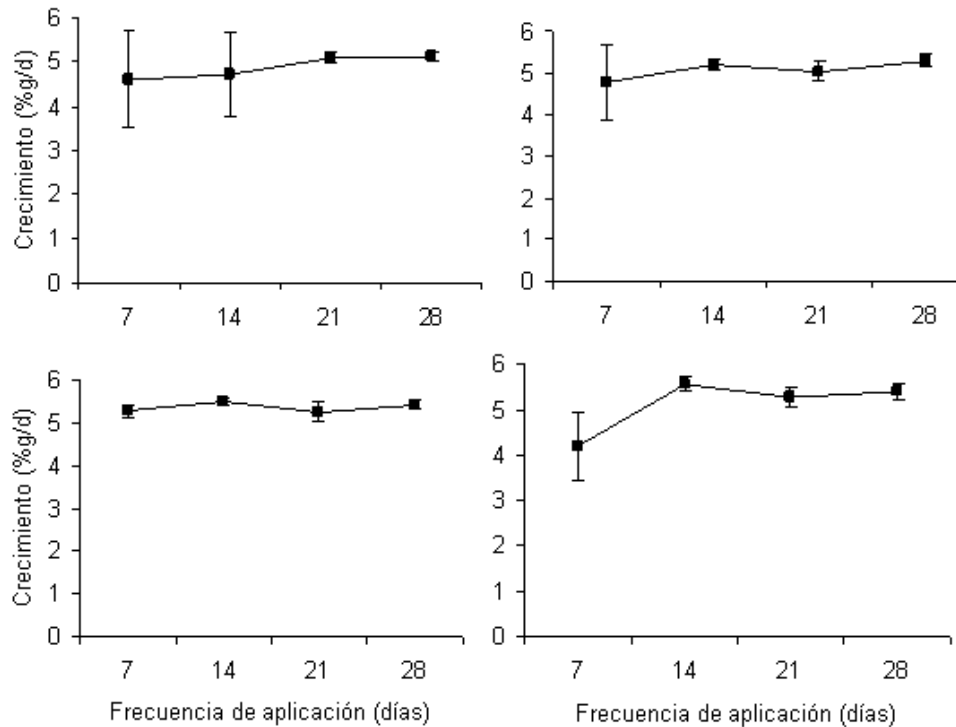
0.05). Entre los factores tiempo y frecuencia no se estimó interacción ( $F = 1.76$ ;  $p = 0.1156$ ).

Los ostiones de todos los tiempos de inmersión a una frecuencia de aplicación de siete días mostraron los valores promedio de CD más bajos (Figura 2). El crecimiento diario promedio más alto fue registrado para el grupo 14/600 ( $5.57 \pm 0.15\%$ ), mientras que el valor más bajo fue obtenido para el tratamiento 7/600 ( $4.20 \pm 0.76\%$ ). El peso húmedo de los ostiones varió desde  $6.07 \pm 1.69\text{ g}$  para el grupo 21/60, hasta  $13.01 \pm 2.74\text{ g}$  para el tratamiento 14/600, mientras que su longitud total fluctuó de  $28.17 \pm 4.40\text{ mm}$  para el grupo 28/600, hasta  $47.97 \pm 4.31\text{ mm}$  para el tratamiento 7/600. En general, los ostiones de todos los tiempos de inmersión con una frecuencia de aplicación de cal de siete días registraron los valores mínimos (Figura 3).

La supervivencia promedio final más baja (9.95 %) fue registrada para el grupo 7/600, mientras que el valor más alto (23.89 %) fue obtenido para el tratamiento 14/300 (Figura 4). El valor promedio de la supervivencia final para todos los tratamientos fue de  $15.72 \pm 3.89\%$ .

## DISCUSIÓN

Gallo-García *et al.* (2001) mencionaron que la presencia de gusanos epibiontes es un problema común en el cultivo de ostión, ya que estos organismos presentan una distribución cosmopolita (Blake 1996; Martin & Britayev 1998). Aunque la aplicación de cal para controlar la población de gusanos en las granjas comerciales de ostión es una práctica común en muchos países del mundo, esta se ha usado de forma empírica, y la información científica con relación a su eficiencia y optimización es escasa. Trabajos previos *in vitro* y en el campo (García-Ulloa *et al.* 2003; Gallo-García *et al.* 2004) han indicado que baños de inmersión en una solución de hidróxido de calcio al 0.2 % [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ], redujeron y controlaron los gusanos barrenadores de concha en el ostión *C. gigas*, pero su aplicación necesita aún ser mejorada para propósitos comerciales. El presente trabajo fue diseñado para optimizar el uso de la cal, con la aplicación de una solución de hidróxido de calcio a la misma concentración, pero variando su frecuencia



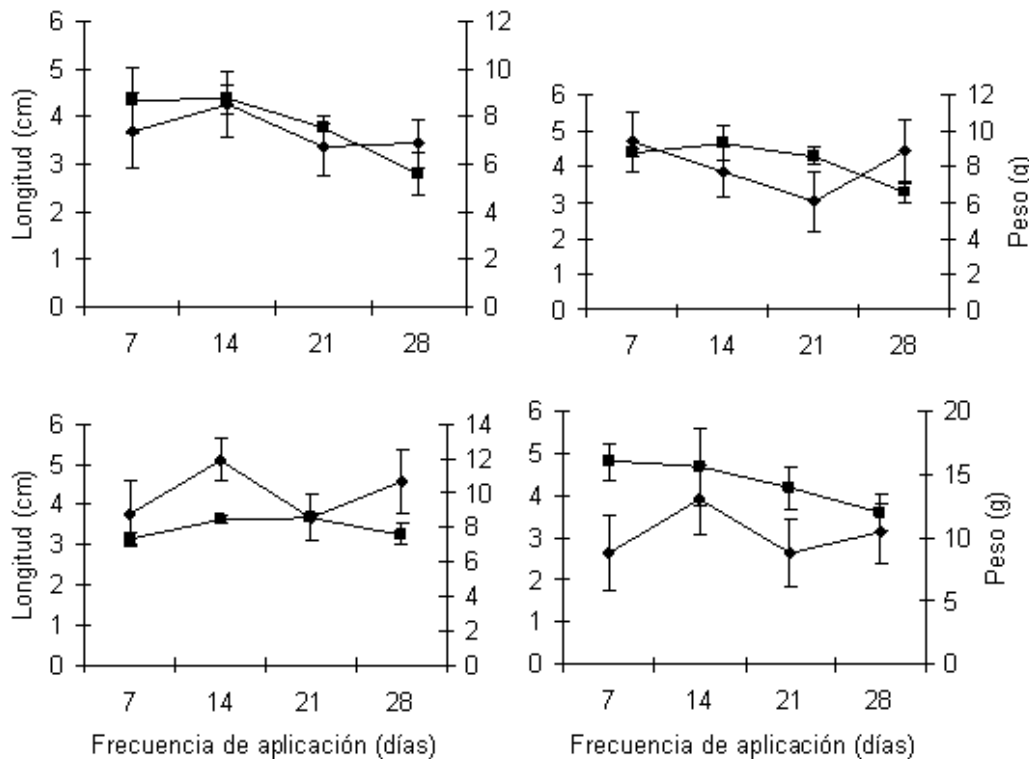
**Figura 2.** Valores finales promedio del crecimiento diario en peso (incremento del porcentaje en gramos por día) de *Crassostrea gigas* cultivado por cinco meses y tratados con una solución de cal al 0.2% en diferentes tratamientos de frecuencia de aplicación (días) y del tiempo de inmersión (A = 30 s; B = 60 s; C = 300 s; D = 600 s) (barras verticales = desviación estándar).

**Figure 2.** Mean final values of daily growth in weight (percentage increase in grams per day) of *Crassostrea gigas* cultured during five months and treated with a 0.2% lime solution at different application frequencies (days) and immersion times (A = 30 s; B = 60 s; C = 300 s; D = 600 s) (vertical bars = standard deviation).

de aplicación y el tiempo de inmersión. Los parámetros medidos en este experimento, temperatura, salinidad y pH, resultaron similares a los obtenidos en estudios previos en el mismo lugar de cultivo de la laguna (Gallo-García *et al.* 2001; Gallo-García *et al.* 2004). Esta similitud sugiere que la presencia de gusanos barrenadores encontrada en el cultivo de ostión no fue aparentemente afectada por la variación de tales parámetros, lo que coincide con las observaciones de Chávez-Zazueta (2003), quien indicó que los poliquetos han sido habitantes permanentes en el cultivo de ostión practicado en esa laguna. De hecho, la temperatura y la salinidad son reconocidas como factores primarios en la determinación de la abundancia de gusanos (Lauckner 1983). Para el caso de la temperatura, los valores mínimos de la prevalencia de poliquetos fueron relacionados con las temperaturas más bajas en cada lugar de culti-

vo (Cáceres-Martínez *et al.* 1998; Gallo-García *et al.* 2004). Mientras que para la salinidad, Almeida *et al.* (2000) y Calvo *et al.* (2000) destacaron la importancia de altas concentraciones de salinidad como un factor que incrementa la actividad de los gusanos habitantes de tubos y que promueve que los ostiones sean infestados. El número promedio de ampollas de lodo encontrado en el grupo control sugiere que la temperatura, salinidad y pH registrados durante todo el tiempo experimental fueron adecuados para promover la presencia de gusanos en el cultivo de ostión.

El número promedio de ampollas de lodo en el control fue bajo, en comparación con otro trabajo realizado en la misma laguna, en el cual se registró un promedio de más de 12 ampollas por ostión en el grupo sin tratamiento (Gallo-García *et al.* 2004). En el presente trabajo, el número de ampollas más ba-



**Figura 3.** Longitud total y peso húmedo promedio finales de *Crassostrea gigas* cultivado por cinco meses y tratado con una solución de cal al 0.2%. El tiempo de inmersión y la frecuencia de aplicación varió en segundos y días, respectivamente. ■ = longitud (cm); ◆ = peso (g).  
**Figure 3.** Mean final total length and wet weight of *Crassostrea gigas* cultured during five months and treated with a 0.2% lime solution. Immersion time and application frequency varied in seconds and days, respectively. ■ = length (cm); ◆ = weight (g).

**Tabla 2.** Número promedio final de ampollas de lodo en valvas de ostiones ( $\pm$  desviación estándar) tratados con una solución de cal al 0.2%. El tiempo de inmersión y la frecuencia de aplicación varió en segundos y días, respectivamente.  
**Table 2.** Mean final number of mud blisters on oyster shells ( $\pm$  standard deviation) treated with a 0.2% lime solution. Immersion time and application frequency varied in seconds and days, respectively.

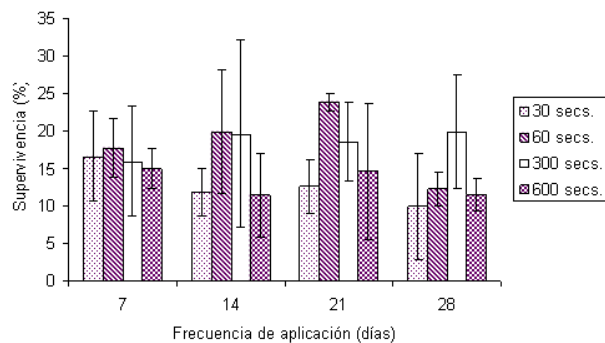
	Tiempo de inmersión		Frecuencia de aplicación		
	7	14	21	28	
30	2.53 $\pm$ 0.35	2.83 $\pm$ 0.15	1.81 $\pm$ 0.45	2.25 $\pm$ 0.28	
60	2.17 $\pm$ 0.33	2.48 $\pm$ 0.45	2.92 $\pm$ 0.36	2.48 $\pm$ 0.16	
300	1.85 $\pm$ 0.85	2.50 $\pm$ 0.13	1.93 $\pm$ 0.53	2.67 $\pm$ 0.32	
600	1.32 $\pm$ 0.6	1.60 $\pm$ 0.49	1.52 $\pm$ 0.35	2.10 $\pm$ 0.85	

jo ( $1.32 \pm 0.60$  ampollas por ostión) para cualquier frecuencia de aplicación fue observado después de 600 segundos de inmersión (Tabla 2). La exposición directa de los ostiones a la solución de cal controló en primera instancia, la presencia de barrenadores epibiontes matándolos en la superficie externa de las valvas, lo que coincide con las observaciones *in vi-*

*tro* realizadas por García-Ulloa et al. (2003). Avault (1996) indicó que los gusanos pueden ser sensitivos a los elementos químicos encontrados en la cal, ya que incrementa el pH (Boyd 1995) y produce un efecto osmótico adverso.

El conocimiento de las estrategias reproductivas de los gusanos de lodo puede ser considerado

como una herramienta útil para evitar y controlar infestaciones en las granjas de ostión (Lleonart 2001). En base a las estrategias reproductivas, los gusanos barrenadores se dividen en dos grupos: lecitotróficos y planctotróficos. Los primeros producen larvas pequeñas protegidas dentro de una cápsula que subsisten de las reservas del vitelo. Las larvas planctotróficas son de mayor talla y eclosionan como plancton (Blake 1996). En general, las larvas de gusanos son pelágicas por tres semanas antes de establecerse como organismos bentónicos (Levin & Bridges 1994). Blake (1996) señala que algunos espiñados se reproducen dentro de la ampolla de lodo, donde se pueden encontrar más de 100 larvas o cordones de huevecillos (Lleonart 2001).



**Figura 4.** Supervivencia final promedio (%) de *Crassostrea gigas* cultivado por cinco meses y tratado con una solución de cal al 0.2%. El tiempo de inmersión y la frecuencia de aplicación varió en segundos y días, respectivamente. Supervivencia del grupo control =  $19.36 \pm 5.21\%$  (barras verticales = desviación estándar).

**Figure 4.** Mean final survival (%) of *Crassostrea gigas* cultured during five months and treated with a 0.2% lime solution. Immersion time and application frequency varied in seconds and days, respectively. Survival of the control group =  $19.36 \pm 5.21\%$  (vertical bars = standard deviation).

Las vías de acceso de las ampollas hacia el exterior pueden limitar la efectividad de cualquier tratamiento. En el estudio de la microestructura de conchas de ostión infestadas con *Polydora* sp. se concluyó que la abertura de los tubos de lodo puede bloquearse parcialmente con material calcáreo y

orgánico limitando el intercambio de agua hacia el interior de la ampolla (Sato-Okoshi & Okoshi 1993). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente trabajo sugirieron que la solución de cal aplicada en un baño de inmersión prolongado (600 segundos), sin importar la frecuencia de aplicación, puede penetrar a través del tubo de lodo con una disminución en la cantidad de los gusanos y el número de ampollas.

Los resultados del crecimiento de los ostiones después de 20 semanas de cultivo fueron similares entre los tratamientos, pero mayores a los registrados por Gallo-García *et al.* (2001), Chávez-Zazueta (2003) y Gallo-García *et al.* (2004), quienes evaluaron diferentes áreas de la laguna (zona de influencia marina, zona de fondo lodoso al extremo posterior de la laguna y zona intermedia de la laguna) para estudiar los sitios con posible potencial de cultivo. Las condiciones de cultivo de cada lugar, los diferentes tiempos de cultivo y la edad de los ostiones al inicio de los experimentos, pudieran parcialmente explicar las diferencias en los resultados. La supervivencia promedio final (15.72% para todos los grupos) no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Este porcentaje de supervivencia resultó bajo comparado con los obtenidos por Gallo-García *et al.* (2001) y Gallo-García *et al.* (2004).

Como en trabajos previos, la utilización de cal fue eficiente en el control de gusanos de lodo en las valvas de *C. gigas*. En base a los resultados obtenidos, se recomienda que los ostiones sean tratados con cal a la concentración examinada, durante 600 segundos al menos una vez al mes en el tiempo de cultivo, para controlar la población de gusanos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el proyecto OSTION/2003, inscrito en la Dirección General de Investigación de la Universidad Autónoma de Guadalajara. Los autores agradecen la colaboración técnica de Oscar Armando González Ochoa.

## LITERATURA CITADA

- Almeida MJ, Machado J, Coimbra J (2000) Growth and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) at three fishfarm earthen ponds. J. Shellfish Res. 16:455-462.
- Anónimo (1990) Statgraphics™ Plus, versión 5.0 Statistical Graphics Corp. <http://www.statgraphics.com>
- Anónimo (2006) Anuario Estadístico de Pesca. SAGARPA. Segunda sección. Capítulo IV. Acuicultura. DF. 128 pp.
- Avault Jr JW (1996) Fundamentals of Aquaculture. A Step by Step Guide to Commercial Aquaculture. AVA Publ. Baton Rouge. 889 pp.
- Bardach JE, Ryther JH, McLarney WO (1986) Aquaculture. The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. Wiley-Interscience. NY. 868 pp.
- Baxter JM (1984) The incidence of *Polydora ciliata* and *Cliona celata* boring the shell of *Patella vulgata* in Orkney. Journal of Marine Biology Association of United Kingdom 64:728-729.
- Blake JA (1996) Family Spionidae Grube, 1850. Including a review of the genera and species from California and a revision of genus *Polydora* Bosc, 1802. En: Blake JA Hilbig B Scitt PH (eds) Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. Vol. 6. The Annelida. Part 3. Polychaeta Orbinnidae to Cossurudae. Goleta California. Kinko's Graphics, San Diego. 417 pp.
- Boscolo R, Giovanardi O (2002) *Polydora ciliata* shell infestation in *Tapes philippinarum* Manila clam held out of the substrate in the Adriatic sea, Italy. J. Invert. Path. 79:197-198
- Boyd CE (1995) Bottom soils, Sediment, and Pond Aquaculture. Chapman & Hall, NY 348 pp.
- Burreson EM, Mann R, Allen Jr SK (1994) Field exposure of triploid *Crassostrea gigas*, to *Haplosporidium nelsoni* (MSX) and *Perkinsus marinus* (Dermo) in the lower Chesapeake Bay. J. Shellfish Res. 13:293-294.
- Cáceres-Martínez JA, Montes-de-Oca-Macías P, Vázquez-Yeomans T (1998) *Polydora* sp. infestation and health of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultured in Baja California, NW Mexico. J. Shellfish Res. 17:259-264.
- Calvo GW, Luckenbach MW, Allen Jr SK, Burreson EM (2000) A comparative field study of *Crassostrea ariakensis* and *Crassostrea virginica* in relation to salinity in Virginia. Special Report in Applied Marine Science and Ocean Engineering No. 360, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point. 25 pp.
- Chávez-Zazueta RA (2003) Crecimiento y sobrevivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas*, en la parte de influencia marina de la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara Jalisco. 71 pp.
- Coutteau P, Curé K, Sorgeloos P (1994) Effect of algal ration on feeding and growth of juvenile manila clam *Tapes philippinarum* (Adam & Reeve). J. Shellfish Res. 13:47-54.
- Gallo-García MC, García-Ulloa GM, Godínez-Siordia DE (2004) Evaluación de dos tratamientos en la intensidad de gusanos poliquetos asociados a las valvas del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873). Ciencias Marinas 30:455-464.
- Gallo-García MC, García-Ulloa GM, Godínez-Siordia DE, Rivera-Gómez K (2001) Estudio preliminar sobre el crecimiento y sobrevivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* cultivado en la laguna de Barra de Navidad, Jalisco. México. Universidad y Ciencia 17:83-91.
- García E (1981) Clima de las costas de Jalisco. Instituto de Geografía UNAM. DF. 188 pp.
- García-Ulloa GM (2000) Entrega del Plan Maestro para el Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura del Estado de Jalisco. Panorama Acuícola Aquanotas 5:58.
- García-Ulloa GM, González-Ochoa OA, Gallo-García MC, Rivera-Gómez K (2003) Uso de hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  como agente de prevención y control de gusanos barrenadores (Spionidae) de la concha del ostión del Pacífico, *Crassostrea gigas*. Ciencia Nicolaita 36:65-72.



- Hone P, Tonkin S (1993) Zapping the mudworm menace. *Southern Fisheries* 1:28-29.
- Hooper M, Kirby-Smith W (2001) Improving quality of farm raised oysters: Three simple treatments to control levels of boring sponge (*Cliona* sp.) and mud blisters (*Polydora* sp.). Final report for NRC. Fishery Resource Grant, Project # 00-AM-02. Smyrna. 5 pp.
- Lauckner G (1983) Disease of Mollusca: Bivalvia. En: Kinne O (ed) *Diseases of Marine Animals*, Vol. II Introduction to Scaphopoda. Biologische Anstalt Helgoland. Hamburg. 1038 pp.
- Levin LA, Bridges TS (1994) Control and consequence of alternative development modes in a poecilogonous polychaete. *American Zoologist* 34:323-332.
- Lleonart M (2001) Australian abalone mudworms: Avoidance and identification. A Farm Manual. Fisheries Research and Development Corporation, Project No. 98/301. <http://www.frdc.com.au/subprograms/aas/download/mudworm.a.farm.manual.pdf>
- Lleonart M, Handler J, Powell M (2003) Spionid mudworm infestation of farmed abalone (*Haliotis* spp.). *Aquaculture* 221:85-96.
- Martin D, Britayev TA (1998) Symbiotic polychaetes: Review of known species. En: Ansell AD, Gibson RN, Barnes M (eds) *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 36:217-340.
- Mazurie J, Bouget JF, Barret J, Bateau D, Le-Chanjour R, Le-Gall J (1985) Mussels and oysters growth in Brest Bay, indicators of water quality and molluscs farming potential. Third International Scientific Meetings: Proceedings, Brest, France:14-46.
- Moreno RA, Neill PE, Rozbaczylo N (2006) Native and non-indigenous boring polychaetes in Chile: a threat to native and commercial mollusc species. *Revista Chilena de Historia Natural* 79:263-278.
- Mortesen S, Torkildsen L, Hernar I, Harkestad L, Fosshagen A, Bergh O (1999) One million scallop, *Pecten maximus*, spat lost due to a bristle worm, *Polydora* sp. infestation. 12<sup>th</sup> International Pectinid Workshop. Bergen: 5-11.
- Mortesen S, van der Meeren T, Fosshagen A, Hernar I, Harkestad L, Torkildsen L, Bergh O (2000) Mortality of scallop spat in cultivation, infested with tube dwelling worms, *Polydora* sp. *Aquaculture International* 8:267-271.
- Nel R, Coetzee PS, van Niekerk G (1996) The evaluation of two treatments to reduce mud worm (*Polydora hoplura* Claparede) infestation in commercially reared oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture* 141:31-39.
- Phleger FB (1969) Some general features of coastal lagoons. En: Ayala-Castañares A. y Phleger FB (eds) *Lagunas Costeras*, un Simposio, Memorias del Simposio Internacional, Lagunas Costeras UNAM-UNESCO, 1969, Noviembre 28-30. D.F. 686 pp.
- Quayle DB, Newkirk GF (1989) *Farming Bivalves Molluscs: Methods for Study and Development*. International Development Research Center. Baton Rouge. 294 pp.
- Reyes CP (1982) *Bioestadística Aplicada*. Trillas, DF. 217 pp.
- Robles-Mungaray J, Salinas-Ordaz D (1993). Producción de larvas. En: López EA, Cáceres MC, Hoyos CF, Rivera ZJ, Valdez PJ, Salinas OD, Robles MM, Serrano GS (eds) *Manual de II Curso de Cultivo Integral de Ostión Japonés (Crassostrea gigas)*, 1993, Mayo 17-23. Bahía Kino. 108 pp.
- Sandoval RLC (1985) Contribución al conocimiento de la productividad primaria fitoplanctónica de la laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara. Zapopan. 83 pp.
- Sato-Okoshi W, Okoshi K (1993) Microstructure of scallop and oyster shells infested with boring *Polydora*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 59: 1243-1247.
- Sokal RR, Rohlf FJ (2000) *Biometry*. W. H. Freeman, New York. 887 pp.
- Takikawa M, Uno K, Ooi T, Kusumi T, Akeru S, Murumatsu M, Mega H, Horita C (1998) Crenulacetal C, a marine dipterene, and its synthetic mimics inhibiting *Polydora websterii*, a harmful lugworm damaging pearl cultivation. *Chem. Pharm. Bull. Tokyo* 46:462-466.

- Velayudhan TS (1983) On the occurrence of shell boring polychaetes and sponges on pearl oyster *Pinctada fucata* and control of boring organisms. Marine Biological Association of India. Proc. Symposium on Coastal Aquaculture. Conchin: 614-618.
- Wargo RN, Ford SE (1993) The effect of shell infestation by *Polydora* sp. and infection by *Haplosporidium nelsoni* (MSX) on the tissue condition of the oysters, *Crassostrea virginica*. Estuaries 16:229-234.