

*Selección de partículas suspendidas por el mejillón *Mytella strigata* en un prototipo de filtro integrado a un efluente acuícola experimental.*

*Selection of particles suspended by the mussel *Mytella strigata* in a prototype filter integrated into an experimental aquaculture effluent.*

¹Isiordia-Pérez Elifonso*, ¹López- Sánchez José A, ¹Bautista-Covarrubias Juan C, ¹Peraza-Gómez Viridiana, ¹Arvizu María Daniela.

¹Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera-Universidad Autónoma de Nayarit,

Recibido: 01 de marzo de 2019

Aceptado: 17 de junio de 2019

Palabras clave: *Bivalvos, retención, partículas, filtro, tasas de flujo.*

Resumen

Se evaluó la eficiencia de retención de partículas (ER) de un lote de 150 bivalvos de la especie *Mytella strigata* colocadas en dispositivos de filtros con flujómetro integrado en efluentes acuícolas experimentales. Se diseñaron cinco efluentes por triplicado con diferentes tasas de flujo (24, 48, 72, 96 y 120 L·h⁻¹), en donde se comparó cantidad y talla de partículas retenidas. La medición se realizó con un contador analítico SPECTREX 2000. Los resultados muestran una mayor eficiencia de retención de partículas en tallas de 0-5 y 5-15 µm aplicando una tasa de flujo de 24 L·h⁻¹. Sin embargo, la ER disminuye en un 300% a partir de aplicar tasas mayores o iguales a 48 L·h⁻¹. Independientemente de la talla de la partícula, se observa una tendencia inversa entre la ER y las tasas de flujo comparadas en el presente estudio.

Abstract

The particle retention efficiency (ER) of a batch of 150 bivalves of the species *Mytella strigata* placed in filter devices with an integrated flowmeter in experimental aquaculture effluents was evaluated. Five effluents were designed by triplicate with different flow rates (24, 48, 72, 96 and 120 L·h⁻¹), in which the amount and size of retained particles was compared. The measurement was made with

an analytical counter SPECTREX 2000. The results show a greater efficiency of retention of particles in sizes of 0-5 and 5-15 µm applying a flow rate of 24 L·h⁻¹. However, the ER decreases by 300% from applying rates greater than or equal to 48 L·h⁻¹. Regardless of the particle size, an inverse trend is observed between the ER and the flow rates compared in the present study.

Key words: Bivalves, retention, particles, filter, flow rates.

Introducción

Según la FAO (2007), los moluscos bivalvos son actualmente el tercer grupo más importante de los organismos marinos en términos de la producción por acuicultura. Los bivalvos que se alimentan por filtración de partículas suspendidas del medio acuático. Son organismos filtradores eficientes, capaces de disminuir el fitoplancton en la columna de agua. Las capacidades selectivas de alimentación de estos animales pueden tener una gran influencia en las comunidades de fitoplancton y en el flujo de nutrientes al bentos. La selección de partículas, incluidos los tipos de partículas elegidas para la ingestión y los posibles mecanismos que regulan la selección, se ha estudiado ampliamente y se ha publicado en la literatura (María-Rosa *et al.* 2018). La alimentación en bivalvos ha sido estudiada en un amplio rango de condiciones naturales y de laboratorio, las microalgas juegan un papel importante en la nutrición de los bivalvos, son partículas con composiciones químicas las cuales cumplen con las propiedades nutricionales para ser utilizadas como alimento en acuicultura (Gouda *et al.* 2006), así se ha evaluado la capacidad de los moluscos para ingerir partículas suspendidas (María-Rosa *et al.* 2017). Otros autores han considerado a los bivalvos como organismos invasivos que modifican la población fitoplanctónica de los sistemas (Yuan *et al.* 2016). Los primeros estudios sobre la selección de partículas en bivalvos se centraron en especies comercialmente importantes, como la ostra oriental *Crassostrea virginica* (Gmelin 1791), así mismo, otras investigaciones se basan en sus preferencias alimentarias (Davenport *et al.* 2000; Rouillon y Navarro, 2003).

El mecanismo de alimentación de los bivalvos es un proceso de clasificación activa mediante el cual se ingieren partículas de diferentes tamaños (Beecham 2008). El presente estudio se basa en determinar la selección por tamaño de partículas suspendidas a diferentes tasas de flujo de agua por el mejillón *Mytella strigata* en un prototipo de filtro integrado a un efluente acuícola experimental.

Metodología

El sistema experimental del presente estudio se construyó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR) Mazatlán, Sinaloa, México. El sistema consistió de dos biofiltros con organismos de la especie *Mytella strigata* conectados a un efluente acuícola experimental con diseño triplicado, y evaluados a diferentes tasas de flujo.

Sistema de filtro

Cada filtro se construyó usando un tubo de PVC hidráulico de un metro de longitud y 3" de diámetro. En la parte inferior del tubo, fue conectado un flujómetro blue White modelo: 40050LN-6 de 0.2 a 2 l/m de capacidad y en la parte superior se integró una llave "Y" plástica de dos salidas; una salida drenaba hacia el tanque (recirculación) y la otra a un colector de muestra de agua para la toma de

variables de temperatura, oxígeno y pH. La entrada del agua particulada al filtro fue regulada por llaves de bola de 1" de PVC y por el flujómetro. Los filtros fueron colocados en forma vertical y sujetos en una estructura de madera. 150 mejillones de la especie *Mytella strigata* fueron colectados del estero el Yugo Mazatlán Sinaloa, lavados, separados por igualdad de tallas y colocados en una malla plástica extruida de 1/4" de diámetro de abertura. En el otro filtro (control) se colocaron 150 valvas de la misma especie, las valvas fueron sujetadas por una liga para evitar la separación entre ellas. 24 horas después de colocados los mejillones y las valvas en los tubos fue realizado el experimento.

Tasas de flujo

En interior del tanque con el efluente acuícola experimental se colocó una bomba sumergible de 1/4 hp de capacidad para impulsar el agua hacia el módulo de los filtros. Tasas de flujo de agua particulada de 24, 48, 72, 96 y 120 L h⁻¹ fueron estudiados por triplicado para determinar la retención de partículas por tamaño por *Mytella strigata*. Por lo tanto, para cada flujo fue necesario formar 3 efluentes experimentales.

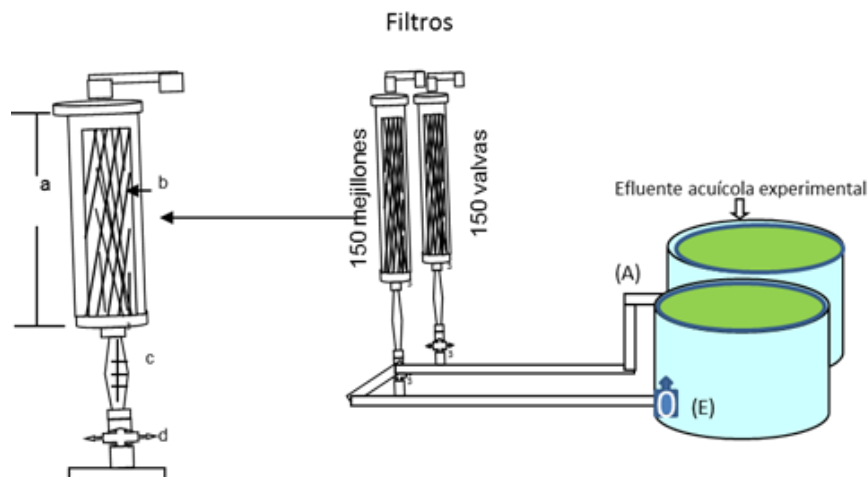


Fig. 1.- Prototipo de filtros integrados a un efluente acuícola experimental: A).- Tanques 6.3 m³, E).- Bomba sumergible ¼ HP, a).- Tubo PVC 3" b).- Malla plástica extruida ¼" de diámetro de luz malla, c).- Flujómetro acrílico blue white modelo: 40050LN-6 de 0.2 a 2 L m⁻¹, d).-Llave de bola PVC 1"

Selección de partículas suspendidas por el mejillón

Preparación del Material particulado (Mp)

Para cada efluente se preparó de una mezcla de 5.8 m³ de agua de mar sin filtrar, 92.8 litros de efluente de peces, 92.8 litros de inóculo de microalgas de las especies de *Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana* y *tetraselmis sp.* y finalmente se agregó 1.45 kg de Nutrilake. Después de 48 horas, el agua particulada (efluente acuícola experimental) fue impulsado al sistema de filtros con una bomba sumergible.

Eficiencia de retención de partículas (ER) por intervalo de talla.

Se obtuvieron muestras para determinar el número de partículas (cantidad de partículas ml⁻¹) en la salida del filtro control y filtro experimental. En total nueve muestras por flujo fueron tomadas en la entrada (tanque) y a la salida de cada filtro. El número de partículas de la muestra fue determinado a través de un contador láser de partículas Spectrex, (Modelo PC-2000) previamente calibrado. El software Spectrex arroja los resultados en número y tamaño de partículas por ml de muestra.

Para determinar ER fue necesario evaluar el número total de partícula retenidas por intervalo de tamaño usando la siguiente ecuación:

$$Pt = (Pe - Pfm) - (Pe - Pfc)$$

Dónde:

Pt = Partículas totales retenidas por intervalo de tamaño (No. partículas. ml⁻¹)

Pe = Partículas en el efluente experimental

Pfm = Partículas en la salida del filtro con mejillones

Pfc = Partículas en la salida del filtro control (sólo valvas)

Posteriormente la retención de partículas dada en porcentaje fue evaluada bajo la siguiente ecuación.

$$ER = \frac{Pt}{Pe} * 100$$

Dónde:

ER = Eficiencia de retención (%)

Pt = Partículas totales retenidas por intervalo de tamaño (No. partículas. ml⁻¹)

Pe = Partículas en el efluente experimental (No. partículas. ml⁻¹)

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se usó el software Statistica 8, se realizó un análisis de varianza ANOVA y para aislar las diferencias se utilizó la prueba estadística de Tukey mediante la comparación de promedios de ER de los diferentes tratamientos a un nivel $\alpha=0.05$.

Resultados

Tabla 1. Condiciones físicas y químicas del efluente experimental (media \pm desviación estándar) para pH, oxígeno disuelto (OD) and Temperatura (T°C).

Variable	Tasa de flujo L h ⁻¹				
	24	48	72	96	120
pH	9.12 \pm 0.04	9.02 \pm 0.1	8.98 \pm 0.1	8.73 \pm 0.1	8.46 \pm 0.1
<u>DO (mg L⁻¹)</u>	5.67 \pm 0.3	5.63 \pm 0.4	5.6 \pm 0.4	5.99 \pm 1.0	5.66 \pm 0.4
T (°C)	33.56 \pm 0.4	33.93 \pm 0.4	34.03 \pm 0.8	34.72 \pm 0.6	33.65 \pm 0.5

Tabla 2.- Número de partículas por mililitro de los efluentes acuícolas experimentales por intervalo de tamaño. No hubo diferencia significativa ANOVA $P>0.05$ entre intervalos de tamos por cada flujo de estudio.

Tasa de flujo L h ⁻¹	Tamaño de partículas (μm)			Total
	0 - 5	5 - 15	15 - 30	
24	90,018±5,242	22,274±7,096	5,251±1,291	117,543
48	89,953±3,534	27,277±6,322	4,458±1,590	121,688
72	91,040±5,193	21,965±4,298	4,649±966	117,654
96	84,143±7,037	23,230±6,472	4,600±372	111,973
120	83,889±7,023	22,802±9,198	4,145±586	110,836

Existe un coeficiente de variación (CV) de 3.9% del número de partículas entre cada efluente experimental formado en este estudio.

La tabla 1, muestra las características físicas y químicas del efluente experimental. El pH osciló ente 8.46 hasta 9.12, el oxígeno disuelto se mantuvo en niveles de 5.6 en la mayoría de los experimentos, mientras que la temperatura mínima registrada fue de 33.56°C y una máxima de 34.72°C representando una diferencia entre ambos de 1.16°C. Con

respecto a la cantidad de partículas (tabla 2), se observa que la mayor concentración fue en el intervalo de tamaño de 0 a 5 μm, con valores entre 80,000 y 90,000 partículas ml⁻¹, valores de 20,000 partículas · ml⁻¹ fueron registrados en intervalos de tamaño de 5-15 μm, mientras que en los intervalos de tamaño de partículas de 15 -30 μm se registraron valores promedios de 4,000 a 5,000 partículas ml⁻¹. El número de partículas totales del efluente acuícola experimental por tasa de flujo presentó un coeficiente de variación de 3.9%.

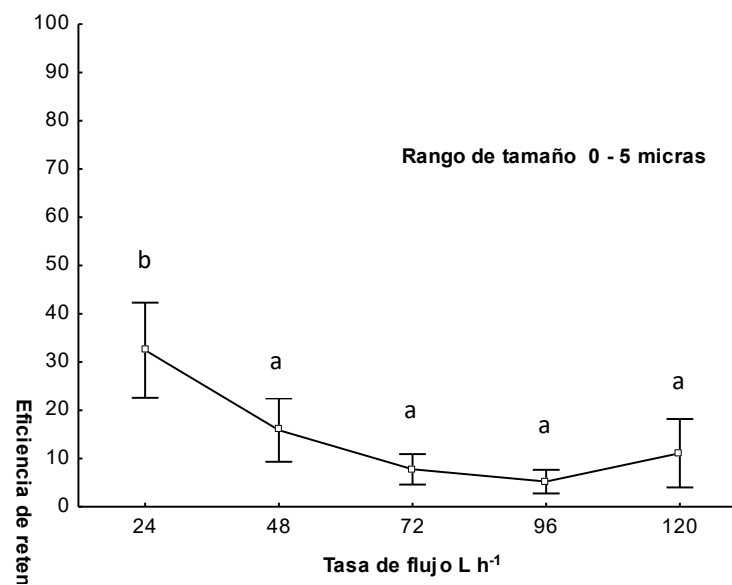


Fig. 2.- Eficiencia de retención de partículas para el intervalo de tamaño 0-5 μ, aplicando 5 tasas de flujo a un filtro biológico con *Mytella strigata*.

Selección de partículas suspendidas por el mejillón

De acuerdo a la figura 2, la mayor eficiencia de retención de partículas (ER) en el intervalo de tamaño de 0-5 μm se registró en una tasa de flujo de 24 L h^{-1} con un valor promedio de $32.44 \pm 12.82\%$, mientras que el valor mínimo se registró en una tasa de flujo de 96 L h^{-1} con eficiencia de $5.22 \pm 3.19\%$. El máximo valor de ER registrado en la tasa de flujo de 24 L h^{-1} difiere estadísticamente a los valores registrados al resto de las tasas de flujos de agua evaluadas ($p < 0.05$). Mientras que los valores medios de ER registrados en las tasas de flujo de 48, 72, 96 y 120 estadísticamente no presentan diferencias significativas (ANOVA, $P > 0.05$).

El mismo fenómeno se registró en el intervalo de tamaño de partículas de 5-15 μm (Fig. 3) donde el valor máximo en ER se alcanzó a tasa de flujo de 24 L h^{-1} con valor medio de $52.44 \pm 16.81\%$, mientras que a partir de 48 L h^{-1} se observa una drástica caída en la eficiencia de retención reduciendo la eficiencia en 300%

con respecto al valor máximo. Los valores en ER a partir de 48 y hasta 120 L h^{-1} se mantienen en niveles medios del 10%. De acuerdo a la prueba Tukey, el valor máximo registrado presentó diferencias significativas al resto de las ER registradas en las tasas de flujo de agua. Mientras que los valores medios de ER registrados estadísticamente no son diferentes a partir de las tasas de flujo de agua de 48 y hasta 120 L h^{-1} (ANOVA, $P = 0.61$). La retención total de partículas por bivalvos con intervalo de talla de 15-30 μm (fig. 3) fue mayor aplicando una tasa de flujo de 48 L h^{-1} , con un promedio de 53.20% de eficiencia de retención, sin embargo este valor máximo estadísticamente no difiere al registrado en 24 y 120 L h^{-1} (ANOVA, $P > 0.05$). Así mismo se observa nula tendencia de incrementar o disminuir la eficiencia al aplicar las 5 tasas de flujo, lo que permite describir de forma general que independientemente de la tasa de flujo aplicado la eficiencia de retención de partículas de los bivalvos es la misma.

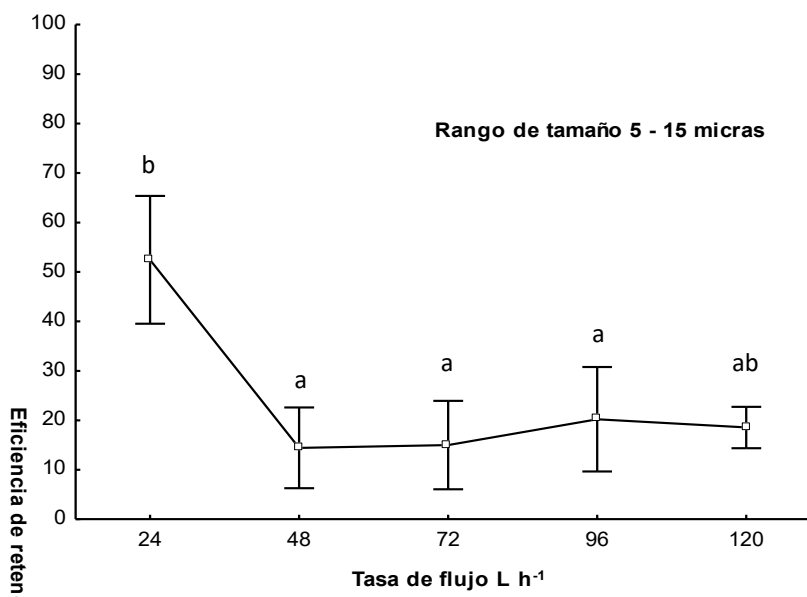


Fig. 3.- Eficiencia de retención de partículas para el intervalo de tamaño 5-15 μm , aplicando 5 tasas de flujo a un filtro biológico con *Mytella strigata*.

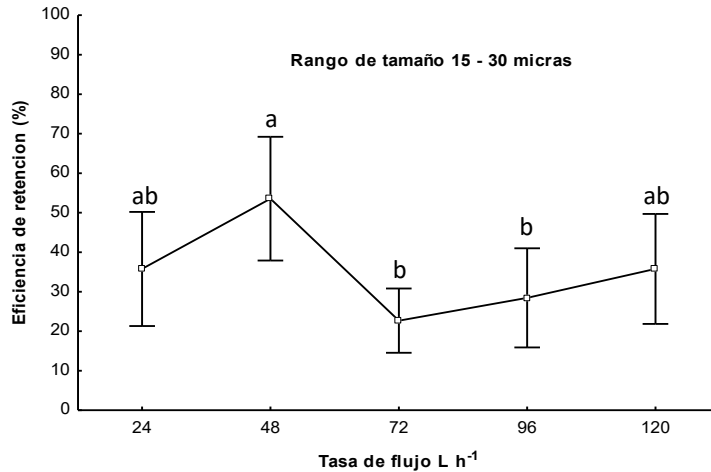


Fig. 4.- Eficiencia de retención de partículas de intervalo de tamaño 15-30 μm , aplicando 5 tasas de flujo de agua a un filtro con *Mytella strigata*.

Discusión

A menor flujo la eficiencia incrementa, especialmente cuando el tamaño de partículas es de 1 a 15 μm . La materia del efluente estuvo compuesta por partículas diminutas con intervalo que fueron desde 0.1 a 30 μm , incluyendo en su mayoría por microalgas. Abalde y Herrero (2004), describen las microalgas como organismos unicelulares, que por su tamaño reducido y variado (5-50 μm en promedio) son de fácil captura y digestión por multitud de organismos que se alimentan en forma directa del fitoplancton. Rosa (2018) describe a los bivalvos como organismos preferentemente consumidores de microalgas, zooplancton y detritus, en este sentido, resalta las investigaciones realizadas por Haven y Morales-Alamo; Jorgensen, 1975b; Mohlenberg y Riisgard, 1978; Palmer y Williams, 1980 donde reportan una eficiencia del 100% de ingestión cuando las partículas suspendidas son de un tamaño $\geq 4 \mu\text{m}$ y un 50% de eficiencia cuando el tamaño de la partícula es de 1 μm . Es posible, que los resultados más significativos de eficiencia sean debido al tamaño de partículas con intervalo de talla de 5-15 μm , compuesto principalmente de microalgas presentes en el efluente experimental. No existe una tendencia marcada de retención de partículas cuando el tamaño de partícula es de 15 a 30 μm . Aunque existe una máxima retención registrada en una tasa de flujo de 48 L h⁻¹ no se observa una

tendencia significativa que permita determinar el efecto del flujo sobre la retención de partículas. En el presente estudio y en base a los resultados se puede definir una preferencia del bivalvo *M. strigata* a tamaños de partículas de 1 a 15 μm mientras que se debe considerar la estructura mecánica del filtro que pudiera evaluarse en otros estudios.

Conclusión

La eficiencia de retención de partículas por el bivalvo *Mytella strigata* incrementa cuando se articulan dos factores: (1) cuando el tamaño de sólidos suspendidos en el cuerpo de agua están en un intervalo de tamaño de 5-15 μm y (2) cuando la tasa de flujo es menor a 48 L h⁻¹ y mayor o igual a 24 L h⁻¹. Aunque varían los tamaños de las microalgas (2-200 μm), el efluente experimental formado en este estudio fue en su mayoría compuesto por partículas de microalgas (células) de tamaños que van desde 4 a 9 μm , es probable que ésta condición favoreció la ingestión por los bivalvos, por lo tanto, es factible el uso de bivalvos en un dispositivo de filtro para la remediación de efluentes acuícolas. Se requiere de más investigaciones enfocadas a medir el efecto mecánico del dispositivo, así mismo someter este diseño a diferentes efluentes con concentraciones variadas de partículas suspendidas

Bibliografía

- Abalde J. y Herrero C. 2004. Microalgas en acuicultura: calidad nutricional. *Algas*. Vol. 40:16-18.
- Beecham J. 2008. Literature review on particle assimilation by molluscs and crustaceans. *Cefas Environment Report RL 10/08*: 1-18.
- Davenport J, Smith R.J.J.W. y Packer M. 2000. Mussels *Mytilus edulis*: Significant consumers and destroyers of mesozooplankton. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 198:13-17
- FAO, 2007. Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*, Roma, Italia. 359 P.
- Gouda R., Kenchington E., Hatcher B. y Vercaemer B. 2006. Effects of locally-isolated micro-phytoplankton diets on growth and survival of sea scallop (*Placopecten magellanicus*) larvae. *Aquaculture*, Vol. 259: 169-180.
- Haven D.S. y Morales-Alamo R. 1970. Filtration of particles from suspension by the American oyster *Crassostrea virginica*. *Biol. Bull. (Woods Hole, Muss.)* Vol. 139: 248-264
- Jorgensen C.B. 1975. On gill function in the mussel *Mytilus edulis* L. *Ophelia*, Vol. 13: 187-232.
- María-Rosa, Ward J.E. y Shumway S.E. 2018. Selective capture and ingestion of particles by suspension-Feeding bivalve molluscs: A review. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 37, No. 4, 727-746.
- Maria-Rosa, Ward J.E., Frink A. y Shumway S.E. 2017. Effects of surface properties on particle capture by two species of suspension-feeding bivalve molluscs. *Amer. Malac. Bull.* Vol. 35 No. 2, 181-188.
- Mohlenberg F. y Riisgard M.V. 1978. Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves. *Ophelia*, Vol. 17: 239-246.
- Palmer R. y Williams L. 1980. Effect of particle concentration on filtration efficiency by the bay scallop *Argopecten irradians* and the oyster *Crassostrea virginica*. *Ophelia*, Vol. 19: 163-174.
- Rouillon G. y Navarro E. 2003. Differential utilization of species of phytoplankton by the mussel *Mytilus edulis*. *Acta Oceanologica*. Vol. 24: 299-305.
- Yuan W.S., Hoffman E.A., Walters L.J. 2016a. Effects of nonnative invertebrates on two life stages of the native eastern oyster *Crassostrea virginica*. *Biol Invasions* Vol. 18: 689-701.

