

Efecto de la densidad de siembra sobre el cultivo inicial en suspensión de *Magallana gigas* en la costa central de Manabí, Ecuador

Effect of stocking density on the initial suspended culture of *Magallana gigas* on the central coast of Manabí, Ecuador

Carlos Suárez Morillo¹ , Gavrik Larrea Ycaza² , José Javier Alió^{3,4} 

¹Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador

²Consultor independiente. Ciudadela Universitaria, Calle U6 y Av. Universidad 4, No. 04, Manta, Manabí, Ecuador

³Grupo de Investigación en Pesca y Acuicultura, Programa de Maestría en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador

⁴Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

Correspondencia: José Javier Alió **E-mail:** javier.alio@uleam.edu.ec

Original article | Artículo original

Palabras clave

Crecimiento
supervivencia
cultivo en palangre
longitud dorso-ventral
comunidades
incrustantes

RESUMEN | La ostra del Pacífico, *Magallana gigas*, se cultiva comercialmente en la costa ecuatoriana desde 2014, pero se conoce poco sobre su cultivo en los diferentes ambientes apropiados en la provincia de Manabí. En este estudio se evalúan el crecimiento y la supervivencia de la especie a diferentes densidades de siembra durante las etapas iniciales del cultivo, utilizando un sistema suspendido en palangre. El estudio se realizó en el muelle pesquero de San Mateo, cantón Manta, Ecuador, entre septiembre y diciembre 2023. Se sembraron las ostras en tres densidades, 100 (DOMIN), 200 (DOMED) y 300 (DOMAX) con tres réplicas. Se colocaron dentro de recipientes de PE con diámetro 26 cm y altura 9 cm, con poros de 2 mm², dispuestos aleatoriamente en linternas chinas de 3 niveles de 40 cm de diámetro. Se registró semanalmente la temperatura, salinidad, pH y turbidez (Secchi) del agua en la zona de cultivo. La longitud dorso-ventral (LDV) inicial fue 0,86±0,24 cm y el peso 0,23±0,22 g. La temperatura varió entre 28,9°C y 27,3 °C; la salinidad entre 34 y 35 ppm; el pH entre 7,6 y 7,83 y la profundidad de Secchi entre 1,7 y 2,1 m. A los 63 días de cultivo, las LDV y pesos totales promedio fueron 2,13±0,89 cm y 1,33±1,29 g (DOMIN), 1,81±0,79 cm y 0,95±0,94 g (DOMED) y 1,73±0,73 cm y 0,82±0,83 g (DOMAX), difiriendo solo los valores de DOMIN de las otras dos densidades. Las tasas de supervivencia observadas fueron 75% (DOMIN), 69% (DOMED) y 65% (DOMAX), sin diferencia significativa entre densidades. Las bandejas rígidas fueron colonizadas externamente por comunidades incrustantes, pero no así las ostras contenidas en ellas que se mantuvieron limpias. Se recomienda que el cultivo de *M. gigas*, se efectúe a una densidad de 100 ostras por contenedor de 26 cm de diámetro, para obtener la mayor tasa de crecimiento.

Keywords

Growth
survival
long-line culture
system
dorso-ventral length
encrusting
communities

ABSTRACT | The Pacific oyster, *Magallana gigas*, has been commercially cultivated on the Ecuadorian coast since 2014, but little is known about its cultivation in the various suitable environments in the province of Manabí. This study evaluates the growth and survival of the species at different stocking densities during the early stages of cultivation, using a suspended longline system. The study was conducted at the San Mateo fishing pier, Manta Municipality, Ecuador, between September and December 2023. Oysters were stocked at three densities: 100 (DOMIN), 200 (DOMED), and 300 (DOMAX), with three replicates. They were placed in PE containers with a diameter of 26 cm and a height of 9 cm, with 2 mm² pores, randomly arranged in three-tier Chinese lanterns, 40 cm in diameter. The temperature, salinity, pH, and turbidity (Secchi) of the water in the cultivation area were recorded weekly. The initial dorso-ventral length (DVL) was 0.86±0.24 cm and the weight 0.23±0.22 g. The temperature ranged from 28.9°C to 27.3°C; the salinity from 34 to 35 ppm; the pH from 7.6 to 7.83; and the Secchi depth from 1.7 to 2.1 m. After 63 days of culture, the average DVL and total weights were 2.13±0.89 cm and 1.33±1.29 g (DOMIN), 1.81±0.79 cm and 0.95±0.94 g (DOMED), and 1.73±0.73 cm and 0.82±0.83 g (DOMAX), with only the DOMIN values differing from the other two densities. The observed survival rates were 75% (DOMIN), 69% (DOMED), and 65% (DOMAX), with no significant difference among densities. The rigid trays were externally colonized by encrusting communities, but the oysters inside remained clean. It is recommended that *M. gigas* be cultured at a density of 100 oysters per 26 cm diameter container to obtain the highest growth rate.

INTRODUCCIÓN

La ostra del Pacífico o japonesa, *Magallana gigas* (Thunberg 1793), es uno de los moluscos más importantes de la acuicultura mundial con una productividad aproximada de 530,648 t en 2022 (FAO 2024). Es una de las especies de moluscos bivalvos más cultivada, luego de ser introducida en países de todos los continentes (Lodeiros *et al.* 2020, Abarca *et al.* 2025). La gran facilidad de *M. gigas* para adaptarse a factores físicos y químicos (temperatura, salinidad, entre otros), ha incidido en la contribución a la producción de moluscos cultivados (Gagnaire *et al.* 2006, Abarca *et al.* 2025).

Magallana gigas, tiene su origen en la costa del océano Pacífico occidental cerca de Japón, y fue introducida en el año 1990 en Ecuador (Lodeiros *et al.* 2018), donde actualmente es una especie legalizada para el cultivo (MAGAP 2015). Su cultivo se desarrolló en el país con base en semillas producidas en condiciones controladas de laboratorio y la tasa de crecimiento bajo cultivo suspendido en la zona costera ecuatoriana continental ha sido satisfactoria (Lodeiros *et al.* 2018). Desde 2014, el gobierno ecuatoriano ha impulsado, a través de la Subsecretaría de Acuicultura, cultivos artesanales de esta especie en comunidades costeras (Basurto-Aguirre 2017). Estos cultivos se han efectuado principalmente en las caletas pesqueras de las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí, donde muestran una factibilidad biológica alta para su funcionamiento (Lodeiros *et al.* 2018).

La densidad de las poblaciones en los cultivos de ostra juega un papel importante que puede reflejarse en el crecimiento de esta especie (Runetto *et al.* 2020). Las densidades más altas pueden provocar deficiencia en los procesos de alimentación y por ende afecta el crecimiento de las ostras (Honkoop y Bayne 2002, Gosling 2015), mientras que las siembras en densidades bajas pueden ser menos eficientes, causando pérdida de espacio y generando desgastes económicos, al considerar experiencias en países de América Latina (Chile, Brasil, Perú) (Liu *et al.* 2019).

Además, otro problema que se ha observado en el inicio de los cultivos de *M. gigas* en las costas marinas de Manabí es el proceso invasivo de epibiontes en las conchas de las ostras de forma estacional (P. Lombeida, Subsecretaría de Acuicultura, Ecuador, com. pers.). La cobertura de epibiontes de las ostras requiere ser limpiada antes de su comercialización, y lo intensivo de esta labor ha llegado a provocar el abandono de las actividades acuícolas por parte de algunas comunidades de pescadores (Primitivo Delgado, Cooperativa de Pescadores Isla de Plata, Puerto Cayo Manabí, com. pers.). Los epibiontes pueden obstruir el flujo de agua y afectar el cierre de las valvas, reduciendo la cantidad de alimento y el oxígeno que llega a los bivalvos, afectando su tasa de respiración, alimentación y crecimiento (Lodeiros y Himmelman 1996), aunque la posición del epibionte sobre la ostra y su masa afectan el nivel de influencia sobre el crecimiento de la ostra (Lodeiros *et al.* 2007). También se ha observado que la interacción epibionte-bivalvo de sustrato puede ser neutra o inclusive positiva en cuanto al proceso alimentario de captación de partículas específicas (Lacoste y Gaertner-Mazouni 2014). Para disminuir la adherencia de fauna incrustante en la superficie de las ostras en Ecuador, Rivera 2023) ha propuesto el uso de recipientes de plástico rígido con paredes horadadas, en los cuales colocar las ostras, en lugar de hacerlo directamente en las linternas chinas.

A pesar de que las densidades de siembra en los cultivos de ostras sea un factor importante, en la actualidad se desconoce información científica relacionada con este tema en los sistemas de cultivos de *M. gigas* a lo largo de la costa del Ecuador. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo evaluar los efectos de las diferentes densidades de cultivo sobre el crecimiento en longitud y peso, así como en la supervivencia de *M. gigas* cultivadas en un sistema de cultivo suspendido, usando materiales de plástico rígido (PE), como una medida preventiva para reducir la colonización por fauna incrustante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de cultivo

El estudio se realizó en el puerto pesquero de San Mateo (0° 57' 18" S, 80° 48' 24" W), cantón Manta de la provincia de Manabí, Ecuador (Fig. 1). Tuvo una duración de 63 días, entre el 24 de enero hasta el 4 abril del 2023. La zona se caracteriza por tener condiciones ambientales adecuadas para cultivos suspendidos por su oleaje de baja intensidad al estar controlado por el malecón que protege al puerto pesquero.

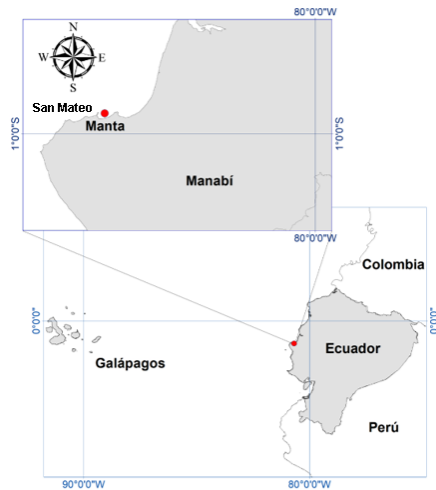


Figura 1. Localización del sitio de estudio (círculo rojo) para el cultivo de *Magallana gigas* en el muelle pesquero de San Mateo, Cantón Manta, Manabí, Ecuador.

Figure 2. Study site location (red circle) of *Magallana gigas* cultivation at the San Mateo pier, Manta Municipality, Manabí, Ecuador.

Obtención de semillas

Se obtuvieron 2 mil semillas de *M. gigas* del laboratorio del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIME-ESPOL), ubicado en la provincia de Santa Elena. Las semillas fueron envueltas en papel periódico humedecido con agua de mar, empacado en un recipiente isotérmico y posteriormente transportadas al sitio donde se realizó el trabajo de investigación. Al momento de la siembra, la longitud dorso-ventral (desde el umbo al extremo de la concha) promedio fue $0,86 \pm 0,25$ cm LDV (0,25 – 1,75 cm). El 82% tenían tallas comprendidas entre 0,6 y 1,2 cm.

Diseño experimental

Las ostras fueron colocadas en recipientes cóncavos de polietileno (PE) rígido con un diámetro de 26 cm (superficie de 531 cm^2), 9 cm de altura y orificios de $2 \times 2 \text{ mm}$ de diámetro en los lados y fondo (Fig. 2). Los recipientes se cubrieron con malla de PE con luz de 1 mm^2 , cosida a los recipientes con cuerda de PE. Los recipientes se colocaron dentro de linternas de 3 niveles, y 40 cm de diámetro, elaboradas con varilla de hierro de 6 mm de diámetro, cubierta con una malla de poliamida (Nylon), con luz de 2 cm (Fig. 3A). Las linternas fueron suspendidas de una cuerda amarrada a dos pilares de concreto del muelle, formando una línea recta tipo palangre de 5 m de longitud en posición horizontal (Fig. 3B y 4). La profundidad del lugar fue de 8 m en alta marea y 5 m en baja marea y las linternas se colocaron a 4 m del fondo, de manera que se mantuvieron a una distancia mínima aproximada de 1 m de la superficie en baja mar. Se consideró que la mayor proximidad a la superficie de la columna de agua resulta ser más conveniente para el crecimiento de las ostras (Ngo *et al.* 2006, Rivera 2023).

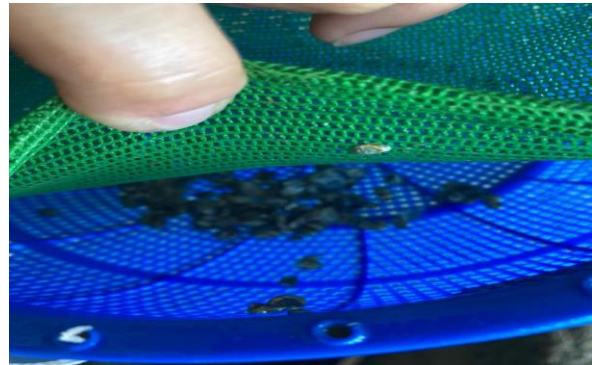


Figura 3. A. Recipiente plástico para contener las ostras. **B.** Cobertura del recipiente para ostras con malla mosquitero (1 mm^2 de luz de malla).

Figure 4. A. Plastic container for oysters. **B.** Mosquito mesh (1 mm^2 mesh size) used to cover the container.

Las ostras se distribuyeron en 3 densidades de siembra, 300 ostras bandeja⁻¹ (DOMAX), 200 ostras bandeja⁻¹ (DOMED) y 100 ostras bandeja⁻¹ (DOMIN), con 3 réplicas de cada tratamiento. Cada linterna contenía bandejas con las tres densidades, distribuidas aleatoriamente entre los niveles (Fig. 4).

Se realizaron muestreos semanales durante el primer mes de cultivo, seguidos de muestreo quincenales durante el segundo mes y a los 63 días se retiró el cultivo. Durante cada muestreo se hizo un recuento de las ostras para estimar la mortalidad, medir la longitud dorso-ventral y pesarlas. Con cada muestreo se le dio mantenimiento de limpieza a las bandejas y linternas. Las ostras medidas fueron regresadas nuevamente a los contenedores de donde provenían.

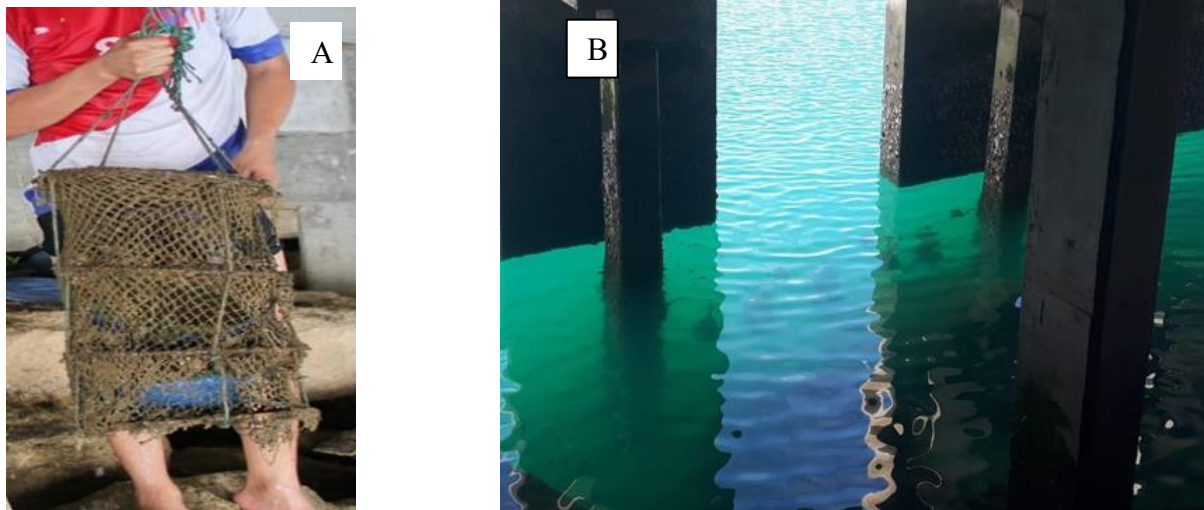


Figura 5. A. Linterna china de tres niveles (diámetro de 40 cm). B. Ambiente de cultivo para *Magallana gigas* en el muelle de San Mateo.
Figure 3. A. Three-tier Chinese lantern (40 cm diameter). B. Culture environment at the San Mateo pier for *Magallana gigas*.

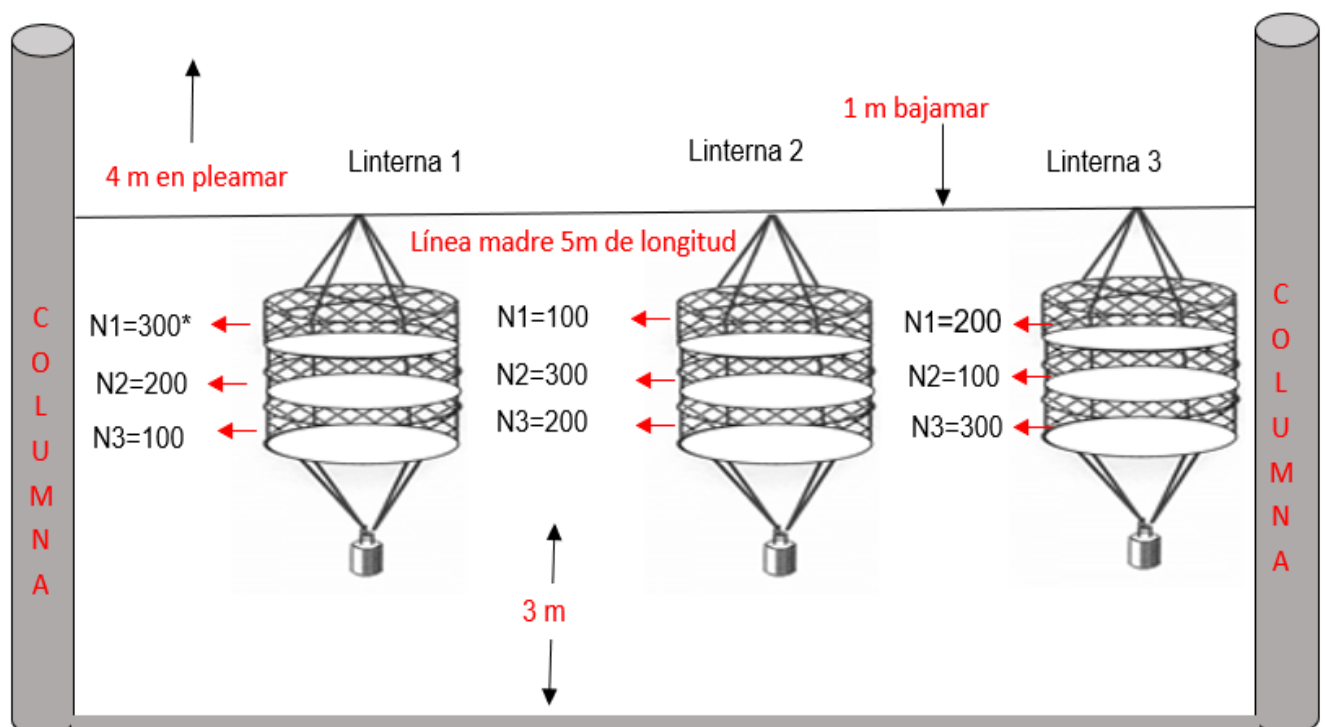


Figura 6. Distribución de las unidades de cultivo, densidad de siembra de *Magallana gigas* en cada nivel de las linternas chinas y profundidad de la línea madre con respecto a las mareas.

Figure 7. Distribution of culture baskets, stocking density of *Magallana gigas* in each tier of the Chinese lanterns, and mainline depth in relation to tidal level.

Crecimiento y supervivencia

Para medir el crecimiento y el peso de las ostras se tomaron 30 muestras de todas las réplicas de los tratamientos. Durante el primer muestreo, la longitud dorso-ventral de las ostras se midió con un vernier de precisión de 0,1 mm. En los siguientes muestreos, cada ejemplar se colocó encima de una hoja que sirvió de base para la fotografía con una regla de 30 cm y precisión 1 mm como referencia. Las fotografías se tomaron con la cámara de un teléfono celular marca Samsung J2. Posteriormente, con el software ImageJ, se hicieron las respectivas mediciones de la longitud dorso-ventral. Para estimar el peso húmedo total de los ejemplares se trabajó con una balanza marca CAMRY con precisión 0,1 g. Se evaluó la supervivencia por medio de conteo de especímenes vivos en cada muestreo. La detección de ejemplares muertos se realizó verificando que, estando las valvas de un ejemplar abiertas, estas no se cerraban al ser perturbadas con el dedo.

Las tasas de crecimiento al finalizar el ensayo se estimaron de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$T_j = \frac{(LDV_f - LDV_i)}{t} \quad (1)$$

Donde T_j es la tasa de crecimiento (mm/día) de la densidad j ; LDV_f y LDV_i son las longitudes dorso-ventrales promedio al final e inicio del ensayo, y t es el tiempo del ensayo en días.

El error estándar de las tasas de crecimiento se estimó de acuerdo con la propagación de errores:

$$EE_j = \frac{\sqrt{EE_f^2 + EE_i^2}}{t} \quad (2)$$

Donde EE_j es el error estándar de la talla de crecimiento (mm/día) de la densidad j ; EE_f y EE_i son los errores estándar de las LDV final e inicial, respectivamente, y t como en (1).

Monitoreo de parámetros ambientales

En cada muestreo y con la ayuda de una botella que se abría a la profundidad deseada, se tomaron muestra de agua en la zona contigua al cultivo, la cual podía estar a 4 m de la superficie en marea alta o 1 m en marea baja. Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos se hicieron con un equipo de campo multiparámetro de marca Apera modelo PC60, y se determinó el pH, la temperatura, sólidos totales disueltos, además se estimó la turbidez con un disco Secchi. Para estimar la salinidad se utilizó un refractómetro marca ATC con precisión 1 ppm.

Análisis estadístico

La comparación de las tallas iniciales y finales entre los tratamientos se realizó mediante análisis de varianza de una vía y pruebas *a posteriori* de Tuckey. Previamente, se verificó que los datos cumplieran con una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk y que las varianzas fueran homogéneas mediante una prueba de Bartlett. Si los datos no cumplían con los requisitos de normalidad y homocedasticidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la prueba *ad hoc* de Dunn. El nivel de significación fue 5% en todas las pruebas. Los análisis de datos se realizaron con el software SigmaPlot 12.

RESULTADOS

La salinidad del agua alrededor del cultivo varió entre 33 ppm al comienzo, y 35 ppm desde la mitad hasta el final del ensayo (Figura 8A). La temperatura alcanzó un valor 28,9 °C al inicio del cultivo, disminuyendo seguidamente y manteniéndose alrededor de 27,6 °C el resto del ensayo (Figura 8B). La profundidad de Secchi mostró un aumento progresivo en el tiempo, pasando desde 1,70 m a 1,9 m durante el primer mes de cultivo, aumentado a 2,10 m al final de este mismo (Figura 8C). El pH varió poco (3%) a lo largo de cultivo, manteniéndose entre 7,60 y 7,83 (Figura 8D).

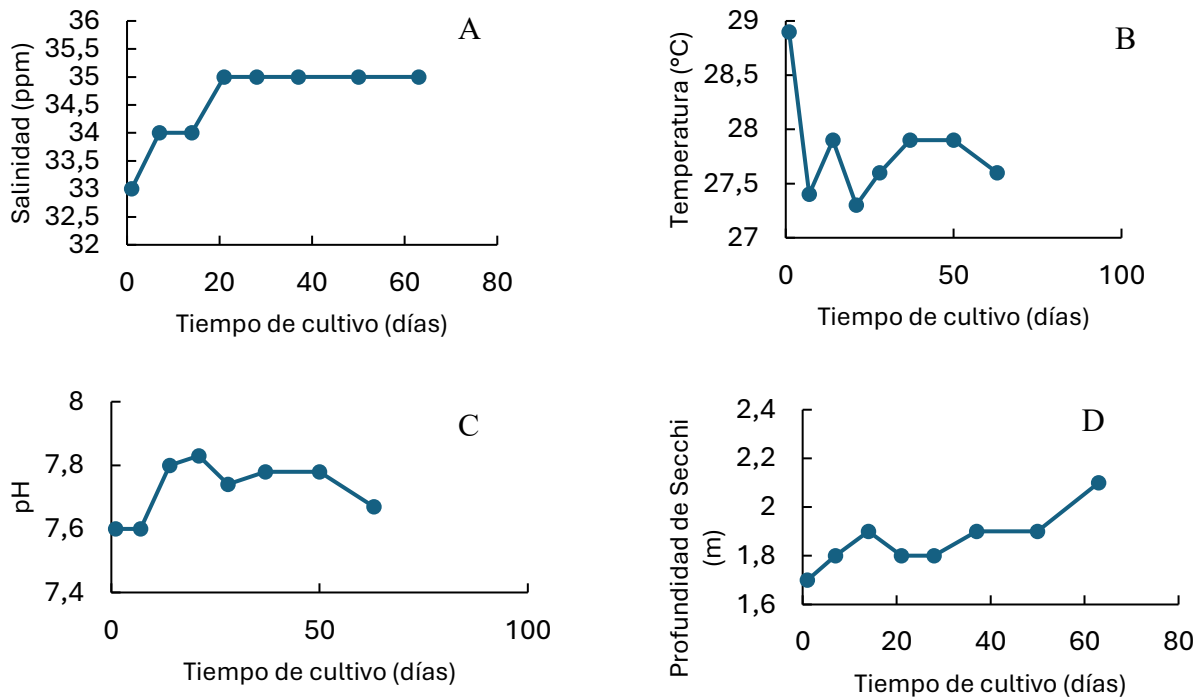


Figura 8. Variación de la salinidad (A), temperatura superficial del mar (B), pH (C) y profundidad del disco de Secchi (D) en las inmediaciones del cultivo de *Magallana gigas* en el muelle pesquero de San Mateo, Cantón Manta, Manabí, Ecuador.

Figure 9. Variation in salinity (A), sea surface temperature (B), pH (C), and Secchi disk depth (D) near the *Magallana gigas* culture site at the San Mateo pier, Manta Municipality, Manabí, Ecuador.

Respecto al crecimiento de *Magallana gigas* en las diferentes densidades evaluadas, se inició con ejemplares de talla promedio $0,86 \pm 0,24$ cm LDV y superficie $0,6 \pm 0,12$ cm², sin diferencia significativa entre los tratamientos (K-W, $P > 0,05$) (Fig. 6). La superficie ocupada inicialmente por las ostras en las bandejas representó 11,2, 22,5 y 33,7 % para los tratamientos DOMIN, DOMED y DOMAX, respectivamente.

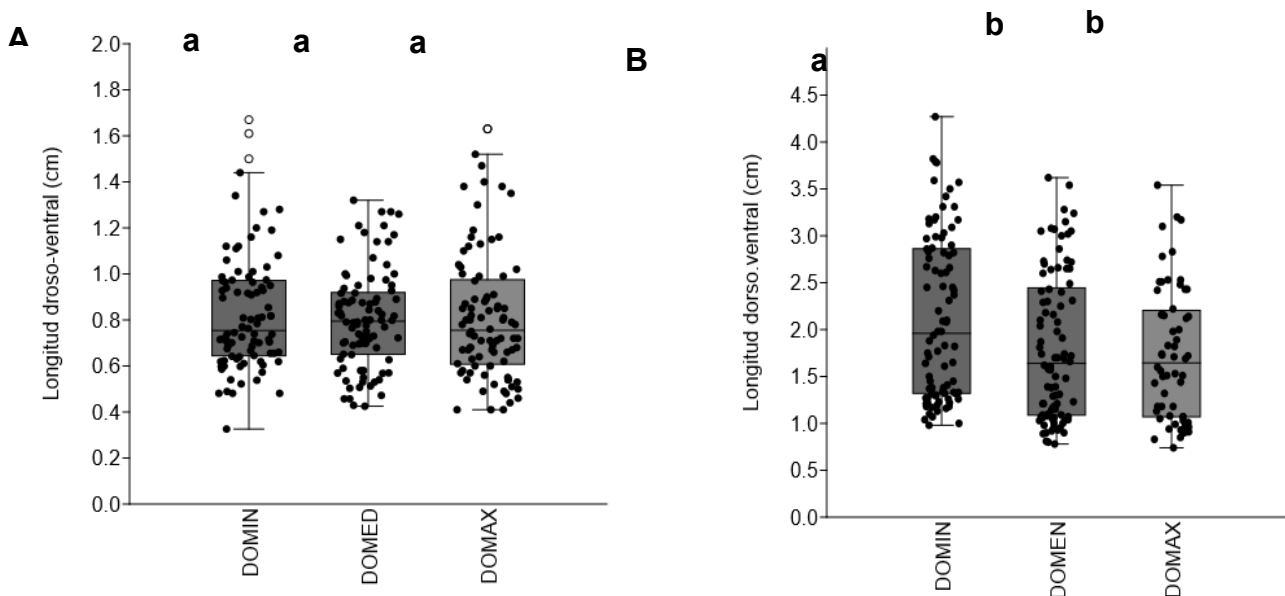


Figura 6. Dispersión de las tallas de 90 ejemplares de *Magallana gigas* en los ensayos de cultivo a tres densidades, (DOMIN, 100 ostras bandeja⁻¹; DOMED, 200 ostras bandeja⁻¹ y DOMAX, 300 ostras bandeja⁻¹) al comienzo del ensayo (A) y a los 63 días de cultivo (B). Letras distintas indican diferencias significativas entre los grupos.

Figure 6. Dispersion of shell size in 90 individuals of *Magallana gigas* under three stocking densities (DOMIN, 100 oysters tray⁻¹; DOMED, 200 oysters tray⁻¹; DOMAX, 300 oysters tray⁻¹) at the beginning of the experiment (A) and after 63 days of cultivation (B). Different letters indicate significant differences among groups.

Al final del cultivo, a los 63 días de iniciado, se observó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos (K-W H=9,5; P=0,009), con mayor crecimiento en la densidad DOMIN en la cual los ejemplares alcanzaron un promedio de $2,13 \pm 0,89$ cm (1,0 - 4,3 cm) LDV (Fig. 6). Las tallas en los tratamientos DOMED y DOMAX no difirieron entre sí, alcanzando en ellos una talla de $1,81 \pm 0,79$ y $1,73 \pm 0,73$ cm LDV, respectivamente, con un promedio entre estas dos últimas densidades de $1,77 \pm 0,82$ cm (0,7 - 3,6 cm) LDV. Las tasas de crecimiento alcanzadas fueron $0,2 \pm 0,03$ mm/día en DOMIN y $0,144 \pm 0,023$ mm/día en DMED y DOMAX (Fig. 7). La superficie promedio de las ostras y la superficie de la bandeja ocupada en los tratamientos fue $2,6 \pm 0,18$ cm² y 36,1%; $1,9 \pm 0,26$ cm² y 49,5%; $1,6 \pm 0,14$ cm² y 60,4%, para los tratamientos DOMIN, DOMED y DOMAX, respectivamente.

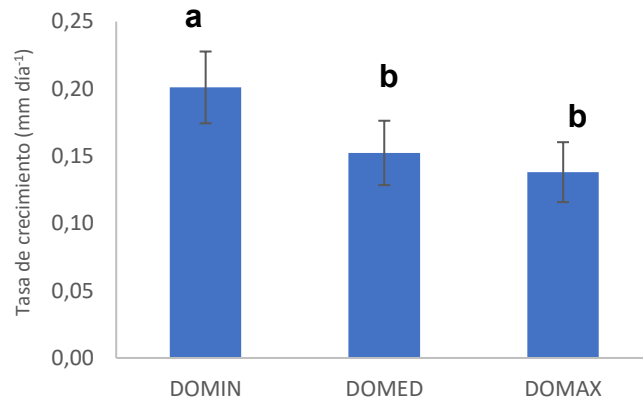


Figura 7. Tasas promedio (\pm EE) de crecimiento de *Magallana gigas* (mm día⁻¹) en los ensayos de cultivo a tres densidades (DOMIN, 100 ostras bandeja⁻¹; DOMED, 200 ostras bandeja⁻¹ y DOMAX, 300 ostras bandeja⁻¹) al cabo de 63 días de cultivo. Diferentes letras indican diferencias significativas entre los grupos ($\alpha = 0.05$).

Figure 7. Mean growth rates (\pm SE) of *Magallana gigas* (mm day⁻¹) under three stocking densities (DOMIN, 100 oysters tray⁻¹; DOMED, 200 oysters tray⁻¹; DOMAX, 300 oysters tray⁻¹) after 63 days of cultivation. Different letters indicate significant differences among treatments ($\alpha = 0.05$).

Debe destacarse la alta variabilidad observada en el crecimiento de los ejemplares. Al comienzo del cultivo, aun siendo ejemplares de la misma edad, mostraban tallas entre 0,4 y 1,7 cm LDV (CV 31%). Al final del cultivo se observaron ejemplares con tallas entre 0,7 y 4,5 cm LDV (CV 43%) y pesos totales entre 0,05 y 6,7 g (CV 101%).

Se pudo observar que la trayectoria del crecimiento de los ejemplares de *M. gigas* en las tres densidades fue de carácter lineal entre el inicio del ensayo y 63 días después, con una diferenciación progresiva de las tallas entre las densidades, en orden de magnitud, DOMIN con una tasa más elevada, intermedia en DOMED y más baja en DOMAX (Fig. 8). A partir del día 37 de cultivo, se observó una fuerte disminución en la tasa de crecimiento de las ostras, que condujo a una reducción en la talla promedio de los tres tratamientos.

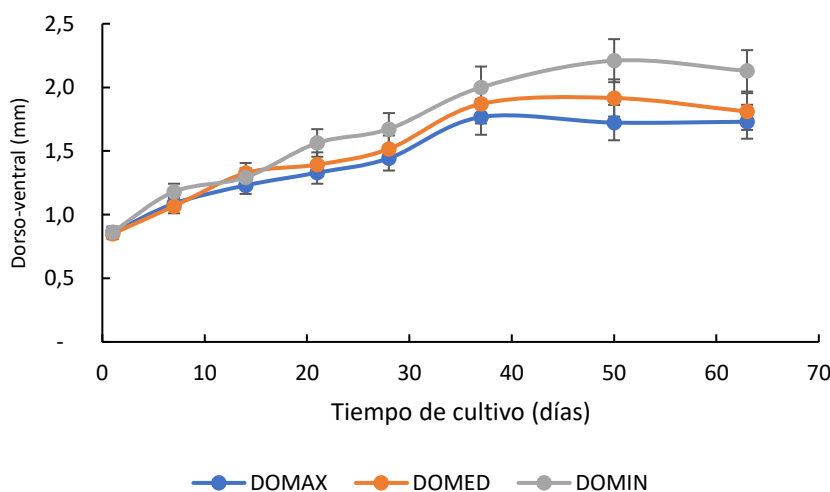


Figura 8. Variación en la longitud dorsoventral (promedio \pm EE; n=90 ejemplares) de ejemplares de *Magallana gigas*, cultivados en tres densidades durante el ensayo en San Mateo, Manabí, Ecuador.

Figure 8. Variation in dorso-ventral length (mean \pm SE; n = 90 individuals) of *Magallana gigas* cultured at three stocking densities during the trial in San Mateo, Manabí, Ecuador.

Considerando las variaciones en el peso de las ostras durante el ensayo, el comportamiento fue parecido al de las tallas, sin diferencia significativa al comienzo del ensayo, con un peso promedio de las semillas de $0,22 \pm 1,2$ g (Fig. 9). Los pesos al final del ensayo resultaron ser significativamente diferentes entre las tres densidades (K-W $H=9,48$, $P=0,008$), con un valor promedio en DOMIN $1,3 \pm 1,29$ g, mientras que las tallas en los tratamientos DOMED y DOMAX no difirieron entre sí, $0,95 \pm 0,93$ g en DOMED y $0,82 \pm 0,80$ g en DOMAX, siendo el promedio entre estas dos últimas densidades de $0,9 \pm 0,88$ g.

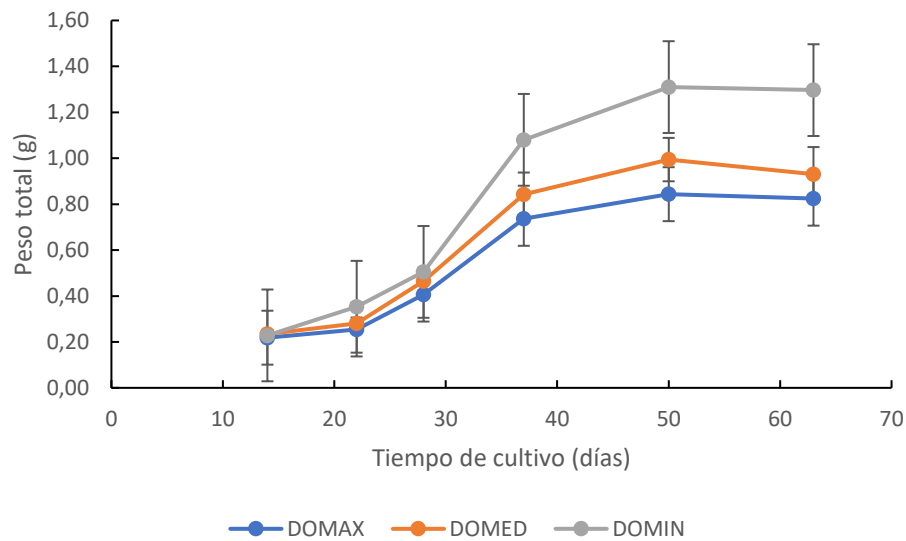


Figura 9. Variación en peso total (promedio \pm EE; $n=90$ ejemplares) de ejemplares de *Magallana gigas*, cultivados en tres densidades durante el ensayo en San Mateo, Manabí, Ecuador.

Figure 9. Variation in total weight (mean \pm SE; $n = 90$ individuals) of *Magallana gigas* cultured at three stocking densities during the trial in San Mateo, Manabí, Ecuador.

La tasa de supervivencia fue progresiva y de carácter lineal negativa a lo largo del ensayo en las tres densidades, con un aumento en la tendencia en el último período del ensayo (Fig. 10). Al final del ensayo, se alcanzaron valores de supervivencia de 75% DOMIN, 70% DOMED y 69% DOMAX, que muestran una tendencia a aumentar con la densidad, pero sin diferencias significativas entre ellas (Prueba de Kruskal-Wallis, $H=2,0$; $P=0,43$).

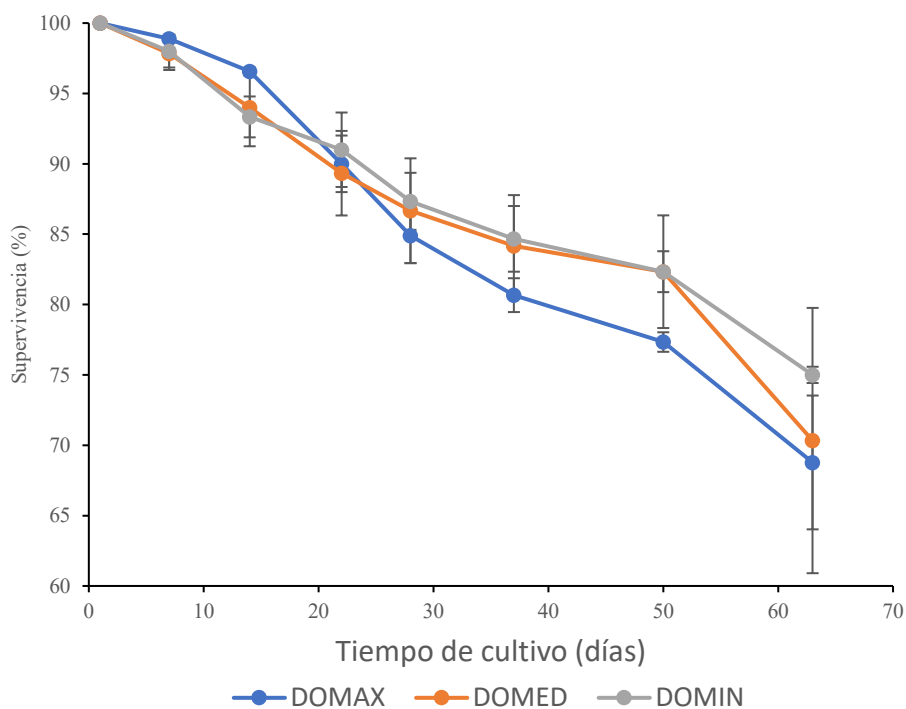


Figura 10. Tasa de Supervivencia (% promedio \pm EE) de *Magallana gigas* durante el ensayo de cultivo en tres densidades.

Figure 10. Survival rate (mean % \pm SE) of *Magallana gigas* throughout the culture trial under three stocking densities.

DISCUSIÓN

Al finalizar el ensayo de cultivo de la ostra del Pacífico *M. gigas*, se observó que la densidad de siembra afectó significativamente las tallas alcanzadas por las ostras. Partiendo de organismos con 0,86 cm de LDV y peso 0,22 g, a los 63 días se observaron ejemplares con tallas promedio de 2,13 cm LDV y peso 1,13 g en la densidad más baja (DOMIN, 100 ejemplares bandeja⁻¹ de 531 cm²), mientras que en las densidades intermedia y máxima (DOMED y DOMAX, 200 y 300 ejemplares bandeja⁻¹, respectivamente) los ejemplares alcanzaron tallas promedio de 1,81 cm y peso 0,9 g, sin diferencia significativa entre estas últimas. La superficie de la linterna ocupada por las ostras solo alcanzó 60,4% en la densidad máxima (DOMAX), mientras que no superó el 50% en las otras densidades, quedando amplio espacio si ocupar en la superficie de la linterna. Por ello, el efecto negativo de la densidad sobre el crecimiento de las ostras pudiera estar asociado a competencia intraespecífica por recursos (como el alimento en suspensión) más que debido al autorraleo por inhibición mecánica del crecimiento (Petraitis 1995). Peterson y Beal (1989) indican que el agotamiento real de partículas de alimento en las inmediaciones de densas zonas de organismos filtradores bentónicos sugiere que el agotamiento local, más que el regional, es el mecanismo por el cual se produce la limitación de recursos. Por su parte, Pouvreau et al. (2006) consideran que las tasas de crecimiento reflejan la disponibilidad de alimento durante el periodo que fueron estimadas.

Las tasas de crecimiento registradas para *Magallana gigas* en el presente estudio efectuado dentro del muelle pesquero de San Mateo, fueron 0,2 y 0,14 mm/día, con densidad de 100 y 200-300, respectivamente. Las condiciones que imperan en aguas tranquilas y más claras dentro del muelle de San Mateo pudieran estar asociadas a la menor tasa de crecimiento por una disponibilidad de alimento más baja, en comparación con zonas de mar abierto influenciadas por las corrientes costeras. Al respecto, Rodríguez-Quiroz et al. (2016) observaron en la costa de Sinaloa, México, una tasa de crecimiento de 0,25 mm/día, mientras que Rodríguez Ponce (2015) registro 0,32 mm/día para *M. gigas* en una zona costera abierta al mar en Santa Elena, siendo menor a la reportada por Rivera (2023) en mar abierto en Jaramijó, con variaciones significativas entre la superficie y el fondo en una zona costera con profundidad máxima de 7 m (0,52 mm/día a 4 m del fondo y 0,45 mm/día a 2 m del fondo). Este autor esgrime que estas diferencias en las tasas de crecimiento pudieran ser debidas a una mayor disponibilidad de alimento en suspensión en la franja superficial, similar a lo reportado por Ngo et al. (2006), y a una mayor concentración de fango en el fondo de la columna de agua, a pesar de la escasa diferencia de profundidad entre las franjas donde estaban localizadas las linternas.

En regiones costeras, las concentraciones de clorofila *a* y la disponibilidad de alimento en suspensión pueden ser estacionalmente elevadas debido a las descargas de los ríos y a procesos de surgencia, en contraste con ambientes estuarinos donde esta disponibilidad de alimento puede ser más estable por los nutrientes de origen terrígeno y aguas servidas descargados por los ríos (Jhonson 1978; Picardo et al. 2013). En el ambiente estuarino del río Chone, Manabí, Ecuador, Treviño et al (2019) reportaron una tasa de crecimiento de 0,47 mm/día para *M. gigas* en linternas con 80 ostras por nivel, cuyo cultivo debe restringirse a los meses con salinidad superior a 10 ppm (abril a diciembre). En la misma localidad, Vélez-Falcones et al. (2024) reportaron cambios importantes en las tasas de crecimiento con la densidad del cultivo, desde 0,44 mm/día con 60 ejemplares por bandeja, 0,33 mm/día con 80 ejemplares y 0,27 mm/día con 100 ejemplares.

Se observaron las tasas de crecimiento más altas entre el mes de febrero y marzo posiblemente debidas a una mayor temperatura de 27,3 a 27,9 °C y mayor cercanía al intervalo térmico óptimo de esta especie 22 - 27 °C (Mann et al. 1991; Vasquez et al. 2007). Abarca et al. (2025) indican que *M. gigas* presenta alta adaptabilidad al mostrar resistencia a cambios de temperatura, salinidad y pH. Según Lodeiros et al. (2018), la temperatura ejerce una acción positiva en el crecimiento de *M. gigas* en la costa del mar ecuatoriano, mientras se mantenga en intervalos adecuados para la especie, pues no desova a menos de 21 °C (Abarca et al. 2025) y por encima de 29 °C experimenta un alto estrés fisiológico y un riesgo severo de alta mortalidad por desbalances en su sistema inmune (Loján-Avellán et al. 2021), así como debido al aumento en sus necesidades metabólicas que agotan las reservas si el alimento es escaso (Vásquez et al. 2007), lo cual se exagera por la reducción en la tasa de ingestión de alimento a elevadas temperaturas (Barraza-Guardado et al. 2009).

Se destaca que en todos los tratamientos hubo una alta variabilidad en las tallas, lo cual también fue observado por Treviño et al. (2020), quienes desde el inicio del cultivo detectaron este fenómeno. Según Chávez-Villalba (2010), en la alta variabilidad de crecimiento que se observa en los cultivos en *M. gigas* influye tanto la calidad de las semillas como la sensibilidad de la especie a las condiciones ambientales cambiantes. Al respecto, Banghurst y Mitchell (2002) encontraron asimetrías asociadas al sexo de la ostra *M. gigas* en longitud y peso, las cuales aumentaron en magnitud durante el estudio

de 7 meses. La tasa de crecimiento de hembras fue mayor a la de los machos, lo cual pudo estar asociado al uso más eficiente del alimento.

La supervivencia registrada en este estudio estuvo entre 75% y 68%, sin diferencia significativa entre densidades. Este resultado fue similar al encontrado por Treviño *et al.* (2019) y Velez-Falcones *et al.* (2024) (75%) en cultivos estuarinos, pero contrasta con la supervivencia de 95% observada por Rodríguez-Quiroz *et al.* (2016) y por Rivera (2023) en un cultivo de *M. gigas* en mar abierto, con una densidad de 100 ejemplares por bandeja plástica e igualmente sostenidas en linternas chinas.

El hecho de que en el presente estudio se observa una disminución en la supervivencia hacia el final del ensayo, cuando la turbidez del agua fue menor (profundidad de Secchi 2,7 m), sugiere que el fenómeno puede estar asociado a deficiencias en disponibilidad de alimento. Lee *et al.* (2018) validaron la correlación negativa entre la profundidad de Sechi (Z_{SD}) y la concentración de Clorofila *a* en el agua de mar de diversas áreas geográficas. Así mismo, la severa reducción en la tasa de crecimiento de las ostras en las tres densidades hacia el final del estudio puede estar asociada a esta deficiencia de alimento natural en el agua, que en ciertos momentos del año este fenómeno puede causar mortandades masivas de las ostras (Chavez-Villalba *et al.* 2010).

Por lo general, el cultivo de ostras se hace en mesas en zonas intermareales, en linternas chinas, bolsas o cajas en sistemas flotantes mar afuera, o directamente sobre el fondo del mar en zonas inter o submareales (Mercer *et al.* 2024). Si las ostras quedan expuestas al aire durante la baja marea, se reduce la influencia de comunidades incrustantes sobre ellas, así como el efecto de depredadores (Núñez *et al.* 2010; Mercer *et al.* 2024). Cuando las ostras permanecen sumergidas permanentemente, el reclutamiento de organismos incrustantes (*fouling*) puede llegar a ser muy elevado, particularmente si existen ambientes rocosos en las cercanías del cultivo desde donde deriven larvas organismos incrustantes. Dependiendo de la intensidad del *fouling*, las ostras pueden ser cubiertas en parte o totalmente, y esto afectar su crecimiento por competencia por el alimento, o afectar el cierre de las valvas y su supervivencia (Miyazaki 1938; Sakamaki *et al.* 2025). Por ello, es necesario que los cultivadores cepillen con frecuencia las ostras mayores a cierta talla, por ejemplo 3 cm LDV, para eliminar el *fouling*, lo cual constituye una labor intensiva de mano de obra. El empleo de bandejas plásticas para el cultivo de *M. gigas*, presenta ventajas y desventajas. Un aspecto positivo es que, por ser estructuras rígidas, facilitan la fijación de larvas de organismos incrustantes (cirrípedos, tunicados, poliquetos, entre otros) en el exterior de la bandeja, reduciendo casi en su totalidad la fijación de *fouling* sobre las ostras dentro de las bandejas. En contraparte, las comunidades incrustantes adheridas a las paredes de las bandejas provocan también obstrucción de los orificios de 2 mm, reduciendo el flujo de agua dentro de las bandejas y el ingreso de alimento para las ostras, pudiendo ocasionar aumento de la mortalidad y retardo en el crecimiento. Por ello, se recomienda la realización de estudios que evalúen el efecto del cultivo de ostras contenidas en bandejas en contraste con el sistema tradicional de mantenerlas con acceso libre al ambiente.

CONCLUSIÓN

Se observó mayor promedio de crecimiento en longitud dorso-ventral de *Magallana gigas*, y una tendencia a mayor supervivencia (75%) en la densidad de 100 ostras por bandeja (DOMIN) desde la tercera semana de cultivo. Las tasas de crecimiento registradas por tratamiento fueron 0,2 y 0,14 mm/día para las densidades de 100, 200-300 ostras por bandeja, respectivamente. Al finalizar el cultivo, se registró una alta variabilidad en el crecimiento de las ostras, con CV 43% LDV y 101% en peso.

RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener una densidad de 100 ejemplares de *Magallana gigas* por bandeja, para obtener un mejor rendimiento del cultivo.

Cuando se utilicen bandejas plásticas para contener las ostras bajo cultivo, es conveniente trabajar con 50 o 60% de espacio libre y dar mantenimiento de limpieza a las bandejas semanalmente, para evitar la obstrucción de los orificios de las bandejas e incrementar el rendimiento (crecimiento/supervivencia).

Declaración de conflicto de interés de los autores.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Declaración de buenas prácticas en el uso de animales

Los autores declaran haber seguido todas las pautas internacionales, nacionales o institucionales aplicables para el cuidado y uso de animales vivos, en particular, se siguió la normativa ética de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM 2016).

Financiamiento

Los autores condujeron la investigación con sus propios recursos y la colaboración de instituciones públicas.

Declaración de contribución de autoría.

Carlos Suárez Morrillo: Conceptualización, diseño y desarrollo de la investigación, análisis de datos, preparación y edición del manuscrito. *Gavrik Larrea Ycaza*: Conceptualización, desarrollo de la investigación, análisis de datos, redacción y edición de textos, supervisión. *José Javier Alió*: Conceptualización, análisis de datos, escritura y edición del manuscrito final.

Agradecimiento

Se agradece la colaboración de la Secretaría Técnica de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, Ecuador, por permitir la realización del presente estudio en las instalaciones del Muelle Pesquero de San Mateo.

REFERENCIAS

- Baghurst B., Mitchell J. G. (2002). Sex-specific growth and condition of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture Research* 33(15):1253 – 1263. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00788.x>
- Barraza-Guardado R. H., Chavez-Villalba J., Atilano-Silva H., Hoyos-Chairez F. (2009). Seasonal variation in the condition index of Pacific oyster postlarvae (*Crassostrea gigas*) in a land-based nursery in Sonora, Mexico. *Aquaculture Research* 40:118-128. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02076.x>
- Basurto-Aguirre A. (2017). Estudio de pre-factibilidad para implementar un cultivo de ostras (*Crassostrea gigas*) en fase de engorde. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Escuela de Ingeniería en Acuicultura y Pesquerías.
- Chávez-Villalba J., Alfredo Arreola-Lizárraga A., Burrola-Sánchez S., Hoyos-Chairez F. (2010). Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture* 300(1-4):128-136. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.012>
- FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. La transformación azul en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>.
- FAO. (2020). Estadísticas de Pesca y Acuicultura. Producción global 1950-2018 (Paneles de consulta en línea). Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, Roma.
- Gagnaire B., Frouin H., Moreau K., Thomas-Guyon H., Renault T. (2006). Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Fish and Shellfish Immunology* 20(4):536-47. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.07.003>.
- Honkoop P., Bayne B. (2002). Stocking density and growth of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and the Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*) in Port Stephens, Australia *Aquaculture* 213:171-186. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00030-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00030-3)

- Johnson R. W. (1978). Mapping of chlorophyll *a* distributions in coastal zones. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 44. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19780052739>
- Liu H., Ye T., Soon T. K., Zhang H., Cheng D., Li S., ... Zheng H. (2019). Effects of stocking density on the growth performance, bacterial load and antioxidant response systems of noble scallop *Chlamys nobilis*. *Fish and Shellfish Immunology* 92:40-44. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.05.053>
- Lacoste E., Gaertner-Mazouni N. (2014). Biofouling impact on production and ecosystem functioning: a review for bivalve aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 7(3):187-196. <https://doi.org/10.1111/raq.12063>
- Lodeiros C., Galindo L., Buitrago E., Himmelman J. (2007). Effects of mass and position of artificial fouling added to the upper valve of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* on its growth and survival. *Aquaculture* 262(1):168-171. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.002>
- Lodeiros C., Himmelman J. (1996). Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquaculture Research* 27(10):749-756.
- Lodeiros C., Rodríguez-Pesantes D., Márquez A., Revilla J., Chávez Villalba J. Sonnenholzner S. (2018). Suspended culture of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the tropical eastern Pacific. *Aquaculture International* 26:337–347. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0217-z>
- Lodeiros, C., Valentich-Scott, P., Chávez-Villalba, J., Mazón-Suástegui, J. M., & Grijalva-Chon, J. M. (2020). Tropical and subtropical Ostreidae of the American Pacific: taxonomy, biology, ecology, and genetics. *Journal of Shellfish Research* 39(2), 181-206. <https://doi.org/10.2983/035.039.0202>
- Loján-Avellán M., Zapata-Vívenes E., Treviño L. M., Lodeiros C. (2021). Biomarcadores celulares e inmunológicos en la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). *La Técnica. Edición especial*:52-68. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.3065
- Mann R., Bureson E. M., Baker P. K. (1991). The decline of the Virginia oyster fishery in Chesapeake Bay: Considerations for introduction of a non-endemic species, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). *Journal of Shellfish Research* 10(2): 379-388.
- Mercer M., Gennari L., Lovatelli A. (2024). Pacific oyster farming – A practical manual. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers*, No. 696. FAO, Rome. <https://doi.org/10.4060/cc9396en>
- Miyazaki I. (1938). On fouling organisms in the oyster farm. *Nippon Suisan Gakkaishi* 6(5):223-232. <https://doi.org/10.2331/suisan.6.223>
- Ngo T., Kang S-G, Kang D-H, Sorgeloos P., Choi K-S (2006). Effect of culture depth on the proximate composition and reproduction of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* from Gosung Bay, Korea. *Aquaculture* 253:712–720. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.09.009>
- Núñez M. P., Lodeiros C., Ramirez E., Narváez N., Graziani C. (2010). Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo condición de cultivo intermareal y submareal. *Zootecnia Trop.* 28(2): 239-254.
- Peterson C.H., Beal B. F. (1989). Bivalve Growth and Higher Order Interactions: Importance of Density, Site, and Time. *Ecology* 70(5):1390-1404. <http://www.jstor.org/stable/1938198> .
- Petraitis P. S. (1995). The role of growth in maintaining spatial dominance by mussels (*Mytilus edulis*). *Ecology* 76(4):1337-1346. <http://www.jstor.org/stable/1940940>
- Picardo A., Álvarez I., Vaz N., Diaz J. M. (2013). Chlorophyll concentration along the northwestern coast of the Iberian Peninsula vs. atmosphere-ocean-land conditions. *J. of Coastal Research* 65(2):2047-2052. <https://doi.org/10.2112/SI65-346.1>

- Pouvreau S., Bourles Y., Lefebvre S., Gangnery A., Alunno-Bruscia M. (2006). Application of a dynamic energy budget model to the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, reared under various environmental conditions. *J. Sea. Res.* 56(2):156–167. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2006.03.007>
- Rivera Mendoza M.A. (2023). Cultivo de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) a distintas profundidades en Jaramijó, Manabí, Ecuador. Tesis de pregrado. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.
- Rodríguez Ponce H. M. (2015). Evaluación del crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), bajo condiciones de cultivo suspendido en mar abierto, en la comuna Palmar, Santa Elena – Ecuador. Tesis de pregrado. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2181>
- Rodríguez-Quiroz G., García-Ulloa M., Domínguez-Orozco A. L., Valenzuela-Hernández T. N., Nava-Pérez E., Góngora-Gómez A. M. (2016). Relación del crecimiento, condición y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* y las variables ambientales, cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 51(3): 541-551. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000300006>
- Runetto L.J., Gomes C., Araujo de Miranda Gomes C., de Oliveira Ramos C., da Silva F.C., Ramos Ferreira J., Cleusa G., Rodríguez C. (2020). The effect of density on the cultivation of the native mangrove oyster *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819). *Latin American Journal of Aquatic Research* 48(5):855-868. <https://doi.org/10.3856/vol48-issue5-fulltext-2446>
- Sakamaki T., Hatakeyama Y., Saito H., Fujibayashi M., Hayashi S., Filgueira R. (2025). Benefits from removing fouling mussels in suspension oyster aquaculture: An evaluation using farm-scale carbon budget and bivalve growth models. *Aquaculture* 605:742531. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742531>
- Treviño L., Lodeiros C., Vélez-Falcones J., Chávez-Alcivar C., Isea-León F., Bermúdez-Medranda A., Vélez-Chica J. C., Cruz-Quintana Y., Leal D., Santana-Piñeros A.M., Rodríguez-Pesantes D. (2020). Suspended culture evaluation of Pacific oyster *Crassostrea gigas* in a tropical estuary. *Aquaculture Research* 51(5):2052-2061. <https://doi.org/10.1111/are.14556>
- ULEAM (2016). Normativa de ética en procesos de investigación científica. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador. <https://www.uleam.edu.ec/wp-content/uploads/2016/10/Normativa-Institucional-de-etica.pdf>
- Vásquez H. E., Pérez Rosales R. J., Pacheco Reyes S. P., Kani K. (2007). Guía para el cultivo de Ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*). JICA, CENDEPESCA, El Salvador. https://www.jica.go.jp/Resource/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/2007_04.pdf
- Velez Falcones J. E., Treviño Zambrano L. M., Vélez Chica J. C., Lodeiros C. (2024). Stocking density of *Magallana gigas* under suspended culture conditions in a tropical estuary. *J App Aquac* 37(4):344-357. <https://doi.org/10.1080/10454438.2024.2430971>

