

CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA EN LA ETAPA DE ENGORDE DE *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) OSTRA NATIVA EN SISTEMA DE CULTIVO SUSPENDIDO, TUMBES, PERÚ, FEBRERO 2019 - JULIO 2020

GROWTH AND SURVIVAL IN THE FATTENING STAGE OF *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) NATIVE OYSTER IN A SUSPENDED CULTURE SYSTEM, TUMBES, PERU (FEBRUARY 2019 - JULY 2020)

Johnny Robles¹ Percy Montero¹ Raquel Siccha-Ramírez¹
Mervin Guevara¹ Jesús Ledesma²

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i2.375>

RESUMEN

ROBLES, J., MONTERO, P., SICCHA-RAMÍREZ, R., GUEVARA, M., LEDESMA, J. (2022). Crecimiento y supervivencia en la etapa de engorde de *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) ostra nativa en sistema de cultivo suspendido, Tumbes, Perú, febrero 2019- julio 2020. *Bol Inst Mar Perú*. 37(2): 319-337.- El objetivo de esta investigación fue determinar tasas de crecimiento y supervivencia, así como rendimiento en las etapas de engorde de la ostra *S. prismatica* en sistema de cultivo suspendido en función de los cambios estacionales de algunos parámetros oceanográficos (temperatura, salinidad y clorofila-a). En febrero 2019, se instaló un *long line* en las coordenadas geográficas 3°38'36,7''S y 80°36'53,6''O, frente a Nueva Esperanza (Tumbes). Se inició la investigación con 1.600 semillas producidas en el Laboratorio Costero de Tumbes (IMARPE), cuyas dimensiones de valva fueron: longitud 9,3 ± 0,9 mm, altura 9,1 ± 0,7 mm y espesor 1,8 ± 0,3 mm, distribuidas en 4 linternas de 4 pisos; se empleó densidad de 100 ostras por piso. La fase de cultivo se realizó en 518 días, durante los cuales se realizaron 17 muestreos biométricos. Al final de la fase de cultivo, los promedios en longitud, altura y espesor fueron: 82,6 ± 10,6 mm; 86,2 ± 10,3 mm y 37,9 ± 6,6 mm; con tasas promedio de crecimiento de 4,3 mm.mes⁻¹, 4,5 mm.mes⁻¹ y 2,1 mm.mes⁻¹. La supervivencia fue 56,0%. El análisis de varianza indicó que ambos parámetros no presentaron diferencia significativa (ANOVA, F=1,14; p=0,29). El rendimiento fue de 1: 0,1365 (1.000 kg de peso total rinde 136,5 kg de peso del cuerpo). Las condiciones oceanográficas térmicas y halinas, así como la disponibilidad de alimento (clorofila-a) fueron favorables para su crecimiento durante el experimento.

PALABRAS CLAVE: *Striostrea prismatica*, ostra, cultivo suspendido, semilla, Tumbes, Perú

ABSTRACT

ROBLES, J., MONTERO, P., SICCHA-RAMÍREZ, R., GUEVARA, M., LEDESMA, J. (2022). Growth and survival in the fattening stage of *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) native oyster in a suspended culture system, Tumbes, Peru (February 2019 – July 2020). *Bol Inst Mar Perú*. 37(2): 319-337.- We aimed to determine growth and survival rates, as well as yield in the fattening stages of the oyster *S. prismatica* in a suspended culture system considering the seasonal changes of some oceanographic parameters (temperature, salinity, and chlorophyll-a). In February 2019, we installed a longline at the geographical coordinates 3°38'36.7''S and 80°36'53.6''W, off Nueva Esperanza (Tumbes). A total of 1,600 oyster seeds produced at Imarpe's Coastal Laboratory of Tumbes were used to start the research. The shell dimensions were length 9.3 ± 0.9 mm, height 9.1 ± 0.7 mm, and thickness 1.8 ± 0.3 mm, distributed in four 4-story lanterns, at a density of 100 specimens per story. The culture stage lasted 518 days, during which 17 biometric samplings were carried out; by the end of that stage, the averages in length, height, and thickness of the oysters were: 82.6 ± 10.6 mm; 86.2 ± 10.3 mm, and 37.9 ± 6.6 mm; the average monthly growth rates were 4.3 mm.month⁻¹, 4.5 mm.month⁻¹, and 2.1 mm.month⁻¹. There was a survival rate of 56.0%. The ANOVA applied to the monthly increments showed that no significant difference was found between length and height (ANOVA, F=1.14; p=0.29). The yield was 1: 0.1365 (1,000 kg of total weight yields 136.5 kg of body weight). Thermal and haline oceanographic conditions, as well as food availability (chlorophyll-a), were favorable for oyster growth during the trial.

KEYWORDS: *Striostrea prismatica*, oyster, suspended culture, seed, Tumbes, Peru

1. INTRODUCCIÓN

La ostra, *Striostrea prismatica* (Gray, 1825), antes denominada *Crassostrea iridescens*, es un molusco bivalvo que habita en zonas rocosas pegadas a la línea costera en el área inter y submareal, hasta

1. INTRODUCTION

Striostrea prismatica (Gray, 1825), formerly known as *Crassostrea iridescens*, is a bivalve mollusk inhabiting nearshore rocky areas in the intertidal and subtidal area up to a depth of

1 Instituto del Mar del Perú – Laboratorio Costero de Tumbes, Calle José Olaya s/n, C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Contralmirante Villar, Tumbes. jrobles@imarpe.gob.pe

2 Instituto del Mar del Perú – Laboratorio de Hidroquímica y Productividad Primaria, Chucuito, Callao

aproximadamente 10 metros de profundidad (COAN & VALENTICH, 2012; RAITH *et al.*, 2015). Es un organismo sésil que se alimenta de fitoplancton y materia orgánica suspendida (RÍOS-GONZÁLES *et al.*, 2018). Se distribuye desde la bahía de Magdalena, Baja California Sur y Mazatlán, Sinaloa en México hasta Máncora, Piura, Perú (Fig. 1), según indican KEEN (1971), FAO (1995), MORA (1990), PAREDES *et al.* (2016) y LODEIROS *et al.* (2020). Además, es una especie ecológicamente importante en los ecosistemas marinos, ya que son considerados como bioingenieros, debido a la diversidad de especies que utilizan su concha como hábitat (LODEIROS *et al.*, 2020).

En el Perú, la ostra *S. prismatica* proviene básicamente de la explotación de bancos naturales distribuidos entre Tumbes y Piura. La comercialización en las últimas décadas tuvo mayor demanda por pescadores artesanales para el consumo humano directo, lo que incrementó su esfuerzo extractivo, especialmente desde el 2003 (ORDINOLA *et al.*, 2010). Durante 2007, el desembarque fue de 116,3 t, que representó 96,31% de la captura en el sublitoral rocoso (ORDINOLA *et al.*, 2013).

La acuicultura de moluscos bivalvos en el Perú está sustentada en el cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* (CAVERO y RODRÍGUEZ, 2008), pero existen otras especies de gran valor comercial con potencial de ser cultivables, como la ostra

approximately 10 meters (COAN & VALENTICH, 2012; RAITH *et al.*, 2015). It is a sessile organism that feeds on phytoplankton and suspended organic matter (RÍOS-GONZÁLES *et al.*, 2018) and whose distribution ranges from Magdalena Bay, Baja California Sur, and Mazatlán, Sinaloa, in Mexico to Máncora, Piura, Peru (Fig. 1), as indicated by KEEN (1971), FAO (1995), MORA (1990), PAREDES *et al.* (2016), and LODEIROS *et al.* (2020). In addition, it is an ecologically important species in marine ecosystems, as it is considered a bioengineer, due to the diversity of species that use its shell as a habitat (LODEIROS *et al.*, 2020).

S. prismatica in Peru comes mainly from the exploitation of natural banks distributed between Tumbes and Piura. Over the last few decades, there has been a greater demand by artisanal fishermen for direct human consumption, which has increased their extraction effort, especially since 2003 (ORDINOLA *et al.*, 2010). Landings amounted to 116.3 t in 2007, which represented 96.31% of the catch in the rocky sublittoral (ORDINOLA *et al.*, 2013).

In Peru, bivalve mollusk aquaculture is based on the culture of *Argopecten purpuratus* (CAVERO & RODRÍGUEZ, 2008). Nevertheless, there are other species of great commercial value with the potential to be cultured, such as *S. prismatica*



Figura 1.- Distribución de *S. prismatica*. Fuente: Mora, 1990; Paredes *et al.*, 2016

Figure 1. Distribution of *S. prismatica*. Source: Mora, 1990; Paredes *et al.*, 2016

S. prismatica (ORDINOLA *et al.*, 2010; MARÍN, 2011; LOOR, 2012; ARGUELLO-GUEVARA *et al.*, 2013; ORDINOLA *et al.*, 2013). El cultivo en la fase de engorde se realiza en dos sistemas, de fondo y suspendido, de los cuales el último se adopta en muchos países debido a que dicho sistema logra mayor tasa de crecimiento, además de protección contra los organismos depredadores (VENTILLA, 1982).

Los hallazgos favorables en crecimiento, supervivencia y rendimiento indican que el cultivo suspendido de *S. prismatica* podría convertirse en una alternativa tecnológica con alta factibilidad económica que lograría generar nuevas fuentes de trabajo en la Región Tumbes; asimismo, puede considerarse como una especie con alto potencial acuícola por su gran adaptabilidad al medio controlado, buena demanda y alto precio en los mercados.

El objetivo de esta investigación fue determinar la tasa de crecimiento, supervivencia y rendimiento en la etapa de engorde de la ostra *S. prismatica* en sistema de cultivo suspendido en el mar frente al caserío de Nueva Esperanza (provincia Contralmirante Villar, Tumbes) y su relación con los cambios estacionales de temperatura, salinidad y clorofila-*a*, entre febrero 2019 y julio 2020.

Durante el período de estudio, se determinó que los individuos cultivados alcanzaron altura y longitud valvar cercanas a 90 mm, consideradas como tallas óptimas en especies similares, y que los incrementos de tallas fueron favorecidos por las condiciones oceanográficas locales. Además, se identificó que la limpieza y la eliminación de organismos competidores y depredadores del sistema de cultivo fueron cruciales para asegurar, tanto la supervivencia de los individuos, como el rendimiento óptimo. Los resultados de este estudio permitirán que investigadores, asociaciones y empresarios consideren a la ostra *S. prismatica* como especie alternativa con potencial para el cultivo en sistema suspendido, lo que posibilitará una nueva opción de inversión y de trabajo a nivel local.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área y período de estudio

El experimento, se realizó en la provincia Contralmirante Villar, distrito de Zorritos, Tumbes, Perú, frente a la playa del centro poblado Nueva Esperanza, desde febrero 2019 hasta julio 2020.

(ORDINOLA *et al.*, 2010; MARÍN, 2011; LOOR, 2012; ARGUELLO-GUEVARA *et al.*, 2013; ORDINOLA *et al.*, 2013). There are two systems for culture in the fattening stage, bottom and suspended, of which the latter is adopted in many countries since it achieves a higher growth rate and protection against predators (VENTILLA, 1982).

The suspended culture of *S. prismatica* could become a technological alternative with high economic feasibility that could generate new sources of employment in the Tumbes Region, as can be inferred from our favorable findings on growth, survival, and yield. It is also considered a species with high aquaculture potential because of its great adaptability to the controlled environment, good demand, and high market price.

We aimed to determine the growth rate, survival, and yield during the fattening stage of *S. prismatica* in a suspended culture system at sea, off Nueva Esperanza (Contralmirante Villar province, Tumbes) and its relationship with seasonal changes in temperature, salinity, and chlorophyll-*a*, between February 2019 and July 2020.

We determined that cultured individuals reached heights and valve lengths close to 90 mm, which are considered optimal sizes for similar species; also, size increases were favored by the local oceanographic conditions. Furthermore, it was identified that cleaning and elimination of competing organisms and predators from the culture system were crucial to ensure both survival of individuals and optimal yield. Our results will allow researchers, associations, and entrepreneurs to consider *S. prismatica* as an alternative species with the potential for suspended culture, which will provide new investment and work options locally.

2. MATERIAL AND METHODS

Area and period under study

The experiment was conducted in the Contralmirante Villar province, Zorritos district, Tumbes, Peru, off the beach of Nueva Esperanza, from February 2019 to July 2020.



Figura 2.- Ubicación geográfica del long line para el cultivo de ostra *S. prismatica*. Playa del C. P. Nueva Esperanza, Zorritos, febrero 2019 - julio 2020. Fuente: Google Earth Pro

Figure 2. Geographical location of the longline for the culture of *S. prismatica*. Nueva Esperanza, Zorritos (February 2019 - July 2020). Source: Google Earth Pro



Figura 3.- Sistema de crecimiento (linterna) utilizado en el long line
Figure 3. Growth system (lantern) used in the longline

Sistema de cultivo suspendido

En las coordenadas geográficas 3°38'36,7''S y 80°36'53,6''O (Fig. 2), se instaló un long line de 30 m de longitud, en forma paralela a la playa, a 500 m de distancia desde la orilla. Se adaptó el cultivo subsuperficial y los sistemas de crecimiento denominados "linternas" de cuatro pisos (Fig. 3), según las recomendaciones de BERMÚDEZ *et al.* (2004) y BERMÚDEZ (2006).

Condiciones ambientales

Se emplearon datos del monitoreo diario de parámetros oceanográficos en el punto costero de Nueva Esperanza, ubicado en el intermareal arenoso de la playa del centro poblado del mismo nombre (3°38'17,7''S - 80°36'24,8''O). Adicionalmente, se utilizaron datos de los sensores automáticos ubicados en el muelle de la caleta La Cruz (Montero, Informe interno, 2019) (Fig. 4).

El registro de datos en el punto costero se efectuó a 08:00, 12:00 y 16:00 horas. La medida de la temperatura superficial del mar (TSM) se realizó de lunes a domingo *in situ* con un termómetro de mercurio (protegido), con rango de 0 a 40 °C (sensibilidad de 0,1 °C). Además, se obtuvieron datos de la temperatura del mar cada 30 minutos a través de dos sensores automáticos TidbiT v2 (*Water Temperature Data*

Suspended culture system

A 30 m longline was installed parallel to the beach at 500 m from the shore, at the geographical coordinates 3°38'36.7''S and 80°36'53.6''W (Fig. 2). We adapted subsurface culture and four-story "lantern" growing systems (Fig. 3), following BERMÚDEZ *et al.* (2004) and BERMÚDEZ (2006).

Environmental conditions

We used data from daily monitoring of oceanographic parameters at the sandy intertidal, in the coastal point of Nueva Esperanza (3°38'17.7 "S - 80°36'24.8 "W). Data from the automatic sensors located at the dock of La Cruz cove were also used (Montero, Internal report, 2019) (Fig. 4).

At the coastal point, data were recorded at 08:00, 12:00, and 16:00 hours. Sea surface temperature (SST) was measured from Monday to Sunday *in situ* with a mercury thermometer (protected), with a range of 0 to 40 °C (sensitivity of 0.1 °C). Sea temperature data were also obtained every 30 minutes using two automatic sensors TidbiT v2 (*Water Temperature Data Logger ONSET*) and an optical base station HOB0 - ONSET and Hoboware Pro (software). The sensors were

Logger ONSET) y una estación base óptica HOBO - ONSET y *Hoboware Pro* (programa); los sensores se instalaron intercaladamente en el muelle de la caleta La Cruz y la recuperación se cumplió con buceo semiautónomo. De igual manera, diariamente se recolectaron muestras de agua para determinar la salinidad (SSM) por el método de inducción, con un salinómetro Portasal Guildline 8410A (Montero, informe interno, 2019).

La clorofila-a del nivel superficial del mar se cuantificó vía satélite de la base del sensor MODIS AQUA, producto de nivel 3 mapeado dentro del área de las latitudes 3°30'S - 3°48'S y longitudes 80°30'O - 80°48'O, contorno del polígono de cultivo, y durante el periodo de estudio entre febrero 2019 y julio 2020, en la resolución de 9 km y el promedio climatológico mensual para el cálculo de la anomalía de clorofila-a. Los enlaces para la descarga de información fueron: <https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/MODIS-Aqua/Mapped/Monthly/9km/> y <https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/MODIS-Aqua/Mapped/Monthly/9km/>

Obtención y siembra de semillas

Las semillas fueron producidas en el área de acuicultura del LCT - IMARPE según los protocolos de reproducción y cultivo elaborados por ROBLES *et al.* (2020).

interspersed on the dock of La Cruz cove and semi-autonomous diving was performed for recovery. Water samples were also collected daily to determine salinity (SSS) by the induction method with a Portasal Guildline 8410A salinometer (Montero, internal report, 2019).

Sea surface chlorophyll-a concentration was quantified via satellite from the MODIS AQUA sensor base, level 3 product mapped within the area of latitudes 3°30'S - 3°48'S and longitudes 80°30'W - 80°48'W, the contour of the culture polygon, and during the study period between February 2019 and July 2020, at the resolution of 9 km and the monthly climatological average for the calculation of the chlorophyll-a anomaly. The following links were used to download the information: <https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/MODIS-Aqua/Mapped/Monthly/9km/> and <https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/MODIS-Aqua/Mapped/Monthly/9km/>

Seed collection and sowing

Seeds were produced in the aquaculture area of IMARPE's Coastal Laboratory of Tumbes according to the reproduction and culture protocols elaborated by ROBLES *et al.* (2020).

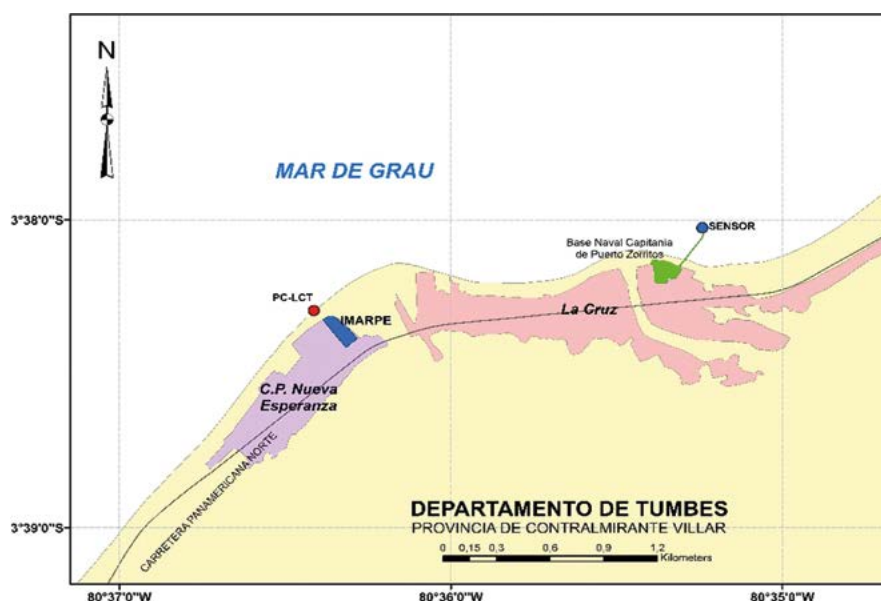


Figura 4.- Ubicación del punto costero del IMARPE y del sensor de temperatura, Laboratorio Costero de Tumbes en el C. P. Nueva Esperanza y la caleta La Cruz, Tumbes, 2010-2019. Fuente: Montero, 2019

Figure 4. Location of the IMARPE coastal point and temperature sensor, Coastal Laboratory of Tumbes in Nueva Esperanza and La Cruz cove, Tumbes (2010-2019). Source: Montero, 2019

La fase de siembra se inició en febrero 2019 con 1.600 semillas, cuyas dimensiones medias fueron: $9,3 \pm 0,9$ mm de longitud; $9,1 \pm 0,7$ mm de altura y $1,8 \pm 0,3$ mm de espesor. Las semillas fueron distribuidas en 4 linternas de 4 pisos con ojo de malla de 5×5 mm y densidad de 100 ostras por piso.

Monitoreo biométrico

Los muestreos biológicos se efectuaron mensualmente durante 17 meses; para el traslado al lugar de cultivo (mar adentro) se utilizó una embarcación artesanal. Se levantaron las linternas, se limpiaron todos los ejemplares y se colectaron al azar 50 ejemplares para registrar datos biométricos: anteroposterior (longitud: L), dorsoventral (altura: A) y espesor (E) en mm con un vernier de $\pm 0,05$ mm de precisión. Luego, se obtuvo el peso de cada individuo en una balanza digital con sensibilidad de 0,01 g (Fig. 5).

In February 2019, a total of 1,600 seeds were sown, the average dimensions of which were: 9.3 ± 0.9 mm in length; 9.1 ± 0.7 mm in height, and 1.8 ± 0.3 mm in thickness. The seeds were distributed in four 4-story lanterns with a 5×5 mm mesh size and density of 100 oysters per story.

Biometric monitoring

Monthly biological sampling was carried out for 17 months. An artisanal vessel was used to transport the oysters to the culture site (offshore). The lanterns were lifted, all oysters were cleaned and 50 specimens were randomly collected to record biometric data: anteroposterior (length: L), dorsal-ventral (height: A), and thickness (E) in mm with a vernier of ± 0.05 mm precision. The weight of each individual was then obtained on a digital scale with a sensitivity of 0.01 g (Fig. 5).

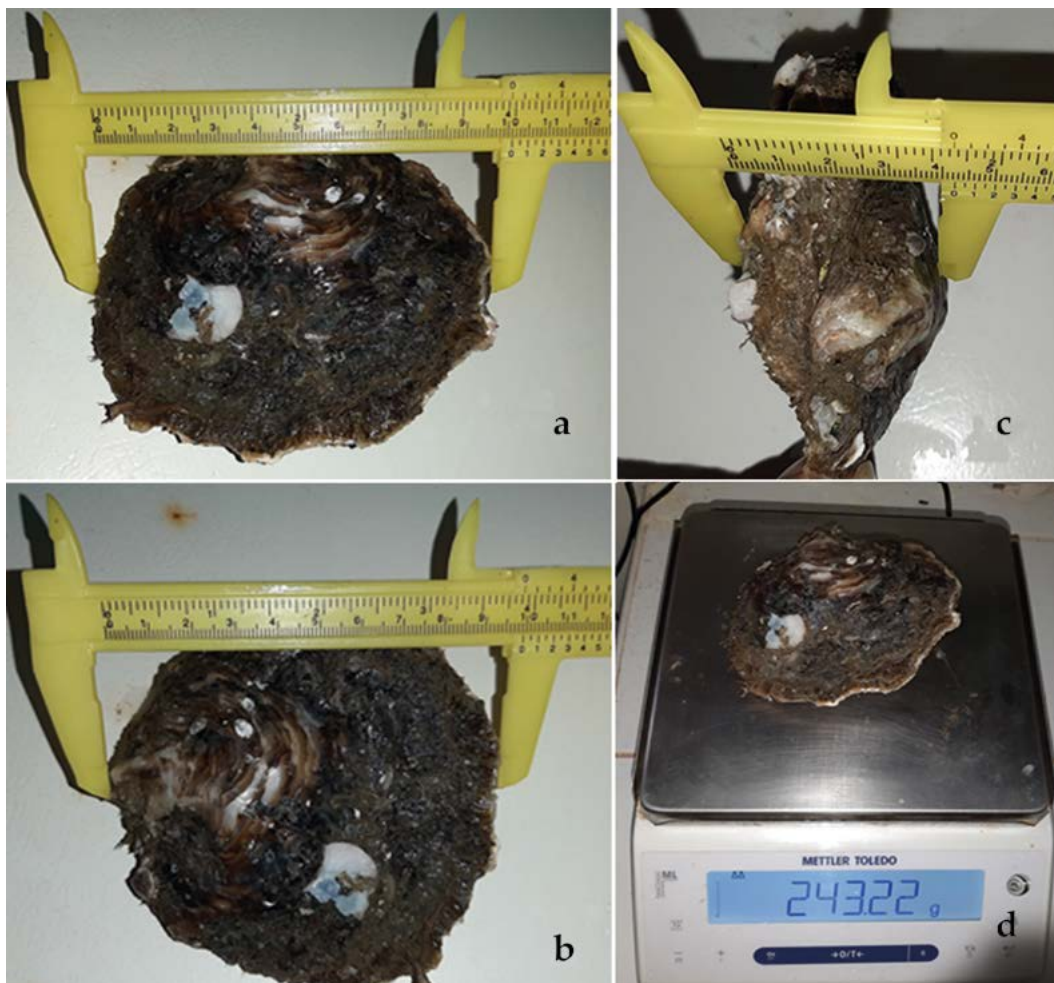


Figura 5.- Dimensiones morfométricas: (a) anteroposterior (longitud), (b) dorsoventral (altura), (c) intervalvar (espesor o grueso) y (d) peso
 Figure 5. Morphometric dimensions: (a) anteroposterior (length), (b) dorsal-ventral (height), (c) intervalvar (thickness), and (d) weight

Desdoble en el cultivo

Se efectuaron tres desdobles. El primero, cuando las semillas de ostra alcanzaron tallas promedio de $20 \pm 3,0$ mm de altura valvar (AV), se colocaron en linternas de 4 pisos con abertura de malla de 9 mm y densidad de 75 ostras.piso⁻¹. El segundo, cuando las ostras alcanzaron tallas promedio de $40,1 \pm 4,6$ mm de AV, se colocaron en linternas de 4 pisos con abertura de malla de 20 mm y densidad de 50 ostras.piso⁻¹. El tercer desdoble, cuando las ostras alcanzaron talla promedio de $65 \pm 8,7$ mm de AV y se colocaron en linternas de 4 pisos con abertura de malla de 30 mm y densidad de 25 ostras.piso⁻¹.

Limpieza y control de predadores y competidores

En todos los monitoreos realizados, se efectuó el mantenimiento del cultivo (limpieza de las mallas) con el fin de eliminar depredadores, competidores y organismos adheridos (*fouling*), tanto en las ostras como en los sistemas de cultivo. Este proceso consistió en reemplazar las linternas sucias por linternas limpias (Fig. 6).

Splittings in the culture

We performed three splittings in the culture. The first, when oyster seeds reached a mean size of 20 ± 3.0 mm valve height (VH), they were placed in 4-story lanterns with a 9 mm mesh opening and a density of 75 oysters.story⁻¹. The second, when the oysters reached mean sizes of 40.1 ± 4.6 mm VH, they were placed in 4-story lanterns with a mesh opening of 20 mm and a density of 50 oysters.story⁻¹. The third splitting was performed when the oysters reached a mean size of 65 ± 8.7 mm VH and were placed in 4-story lanterns with a mesh opening of 30 mm and a density of 25 oysters.story⁻¹.

Cleaning and control of predators and competitors

In all the monitoring carried out, the culture was maintained (cleaning of the nets) to remove predators, competitors, and attached organisms (*fouling*), both in the oysters and the culture systems. This process consisted of replacing the dirty lanterns with clean ones (Fig. 6).



Figura 6.- Linterna recuperada para el mantenimiento y control de predadores y competidores en el cultivo de ostra

Figure 6. Recovered lantern for the maintenance and control of predators and competitors in oyster culture

Determinación del crecimiento y supervivencia

El crecimiento y la supervivencia de las ostras en cultivo, se estimó mensualmente durante 17 meses. Los datos biométricos de 50 ejemplares colectados al azar sirvieron para calcular las variables descriptivas de estadística básica (media, desviación estándar, rangos máximos y mínimos) con el propósito de determinar si el crecimiento durante el desarrollo del estudio fue significativo.

Adicionalmente, se determinó la tasa de crecimiento mensual con la fórmula:

$$TC = (Lf - Li) / t$$

Donde:

TC = Tasa de crecimiento

Lf = Longitud final

Li = Longitud inicial

t = meses de cultivo

El porcentaje de supervivencia se calculó mensualmente mediante el recuento de los ejemplares vivos.

Relación longitud - peso

Los datos registrados del último muestreo de longitud, altura y peso (peso total, peso del cuerpo) se sometieron a la evaluación de regresión potencial y lineal con el fin de obtener los valores de las constantes alométricas de crecimiento. Se aplicaron las fórmulas:

$$W = aL^b$$

Donde:

W = Peso calculado

a = ordenada al origen

b = pendiente

L = Longitud observada

$$Wc = a + b Wt$$

Donde:

Wc= Peso del cuerpo

a = ordenada al origen

b = pendiente

Wt = Peso total

Determination of growth and survival

During 17 months, the growth and survival of oysters in culture were estimated monthly. The biometric data obtained from 50 randomly collected specimens were used to calculate the descriptive variables of basic statistics (mean, standard deviation, maximum and minimum ranges) to determine if there was significant growth during our study.

The monthly growth rate was also determined with the formula:

$$TC = (Lf - Li) / t$$

Where:

TC = Growth rate

Lf = Final longitude

Li = Initial longitude

t = months of culture

The survival rate was calculated monthly by counting live specimens.

Length-to-weight ratio

The data recorded from the last sampling of length, height, and weight (total weight, body weight) were subjected to potential and linear regression evaluation to obtain the values of allometric growth constants. The following formulas were applied:

$$W = aL^b$$

Where:

W = Estimated weight

a = y-intercept

b = slope

L = Observed length

$$Wc = a + b Wt$$

Where:

Wc= Body weight

a = y-intercept

b = slope

Wt = Total weight

Análisis estadístico

Los resultados de las mediciones biométricas y los incrementos mensuales al final del experimento se evaluaron con un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con significación $\alpha = 0,05$. Previamente, se verificó la normalidad de los datos (test de Shapiro Wilk) y la homogeneidad de varianza (test de Levene).

La isometría para la relación peso - longitud y peso - altura se comprobó con un modelo potencial de exponente cúbico ($b = 3$) para determinar el tipo de crecimiento. El análisis de los datos, las pruebas estadísticas y los gráficos se realizaron mediante el programa estadístico IBM SPSS *Statistics* versión 23.

Identificación taxonómica

Los organismos considerados como depredadores, competidores y organismos adheridos (*fouling*) fueron identificados hasta el menor taxón posible de acuerdo con los trabajos de CHIRICHIGNO (1970), KEEN (1971), MÉNDEZ (1981), MORA (1990), ALAMO y VALDIVIESO (1997), CHIRICHIGNO y VÉLEZ (1998), CHIRICHIGNO y CORNEJO (2001), MOSCOSO (2012, 2013), CARBAJAL y SANTAMARIA (2017).

3. RESULTADOS

Condiciones ambientales

Los promedios mensuales de temperatura superficial del mar (TSM) diurna en el punto costero Nueva Esperanza, variaron de 24,8 °C (agosto) a 29,0 °C (marzo) en el 2019 y de 26,8 °C (julio) a 29,6 °C (marzo) el 2020. Durante el periodo de estudio, los promedios diarios más homogéneos se registraron en diciembre 2019; la anomalía térmica del mar (ATSM) fue negativa solo en agosto (- 0,07 °C) y diciembre (- 0,04 °C) 2019, pero fue positiva hasta julio 2020 llegando a + 1,49 °C.

En el mismo lapso, los promedios mensuales de temperatura del mar calculados de los registros de sensores instalados en el muelle de la caleta La Cruz tuvieron tendencia similar de variación a los obtenidos en el punto costero y fluctuaron de 23,8 °C en agosto 2019 a 28,4 °C en febrero 2020 (Fig. 7a). Paralelamente, la salinidad superficial del mar (SSM) en el punto costero Nueva Esperanza presentó promedios mensuales que mostraron tendencia de variación similar a la del

Statistical analysis

We evaluated the results of the biometric measurements and the monthly increments at the end of the experiment with a one-factor analysis of variance (ANOVA), with a significance $\alpha = 0.05$. Previously, the normality of the data (Shapiro-Wilk test) and homogeneity of variance (Levene's test) were verified.

The isometry for the weight-length and weight-height relationship was checked with a potential cubic exponent model ($b = 3$) to determine the type of growth. Data analysis, statistical tests and graphs were performed using the statistical program IBM SPSS Statistics version 23.

Taxonomic identification

The predators, competitors, and fouling organisms were identified to the lowest possible taxon according to the work of CHIRICHIGNO (1970), KEEN (1971), MÉNDEZ (1981), MORA (1990), ALAMO & VALDIVIESO (1997), CHIRICHIGNO & VÉLEZ (1998), CHIRICHIGNO & CORNEJO (2001), MOSCOSO (2012, 2013), CARBAJAL & SANTAMARIA (2017).

3. RESULTS

Environmental conditions

Monthly averages of diurnal sea surface temperature (SST) at the Nueva Esperanza coastal point ranged from 24.8 °C (August) to 29.0 °C (March) in 2019 and from 26.8 °C (July) to 29.6 °C (March) in 2020. The most homogeneous daily averages were recorded in December 2019 and the sea thermal anomaly (SSTA) was negative only in August (- 0.07 °C) and December (- 0.04 °C) 2019, but was positive until July 2020 and reached + 1.49 °C.

Simultaneously, the monthly averages of sea temperature estimated from the records of sensors installed at the dock of La Cruz cove had a similar variation pattern to those obtained at the coastal point and ranged from 23.8 °C in August 2019 to 28.4 °C in February 2020 (Fig. 7a). Sea surface salinity (SSS) at the Nueva Esperanza coastal point had monthly averages that showed a similar variation pattern to that of the multiannual pattern in 2020 and ranged from

patrón multianual en el 2020 y varió de 30,173 ups en marzo a 33,909 ups en setiembre 2019 (Fig. 7b).

30.173 PSU in March to 33.909 PSU in September 2019 (Fig. 7b).

La cantidad de fitoplancton en el mar como alimento disponible fue establecido en función a la concentración de clorofila-a (datos satelitales). En ese sentido, los valores promedios obtenidos correspondieron al polígono que abarcó la zona de estudio, fluctuando de 0,86 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en octubre 2019 a 4,47 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en abril 2020 (Fig. 8).

The amount of phytoplankton in the sea as available food was established as a function of chlorophyll-a concentration (satellite data). Therefore, the mean values obtained correspond to a polygon that covered the study area, which ranged from 0.86 $\mu\text{g.L}^{-1}$ in October 2019 to 4.47 $\mu\text{g.L}^{-1}$ in April 2020 (Fig. 8).

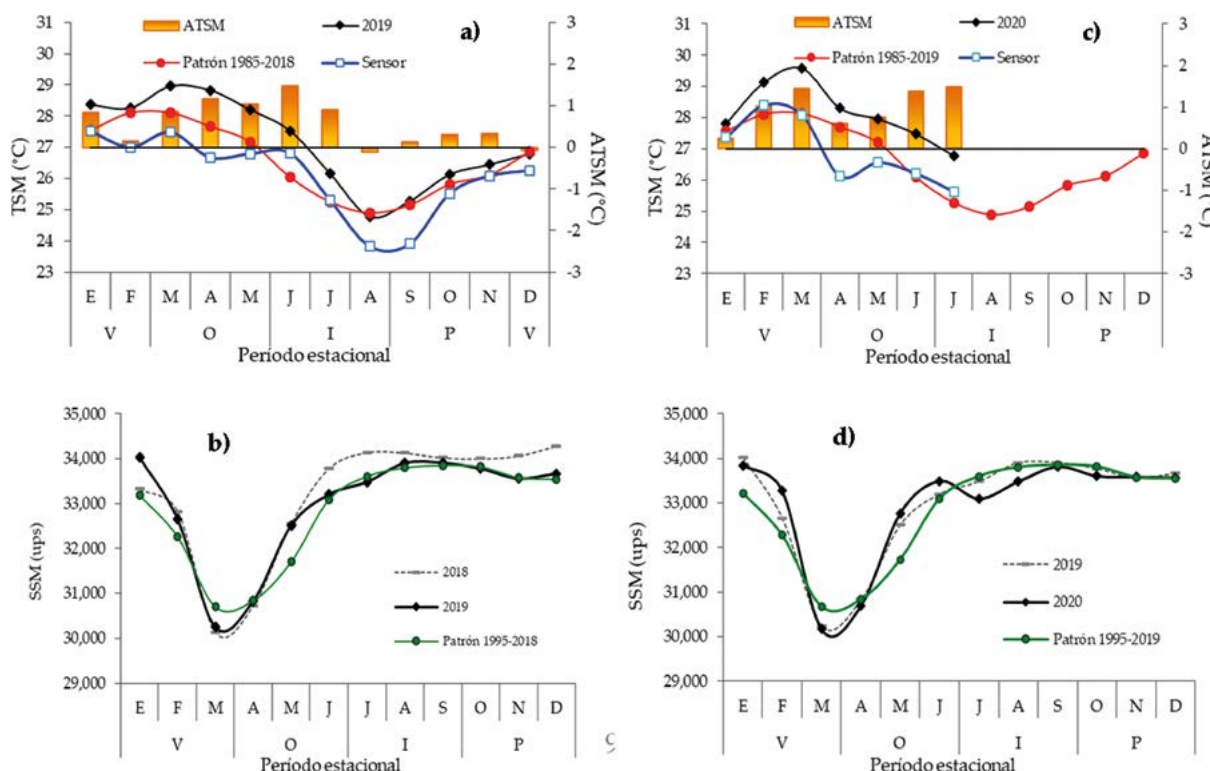


Figura 7.- Promedio mensual de TSM y ATSM (2019 y 2020), patrón multianual de TSM (1980-2018) en el punto costero C.P. Nueva Esperanza y TSM en el muelle de La Cruz (enero 2019- julio 2020) (a) Salinidad media mensual (2018 al 2020) y patrón multianual (1995-2018) en el punto costero C.P. Nueva Esperanza, Tumbes (b) durante el cultivo suspendido experimental de ostra*

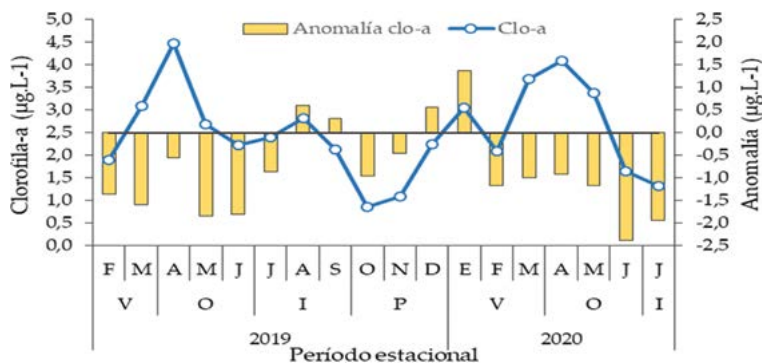
*IMARPE/ Lab. Costero Tumbes, 2020. Promedios mensuales de parámetros oceanográficos y meteorológicos registrados en el punto costero en Tumbes desde 1980 [Base de datos]. Área de Estudios Ambientales e Hidrológicos. Datos primarios no publicados

Figure 7. Monthly average SST and SSTA (2019 and 2020), multi-year SST pattern (1980-2018) at the Nueva Esperanza coastal point and SST at La Cruz dock (January 2019- July 2020) (a) Monthly mean salinity (2018 to 2020) and multi-year pattern (1995-2018) at the Nueva Esperanza coastal point, Tumbes (b) during experimental suspended culture of oyster*

* IMARPE/ Lab. Costero Tumbes, 2020. Monthly averages of oceanographic and meteorological parameters recorded at the coastal point in Tumbes since 1980 [Database]. Environmental and Hydrological Studies Area. Unpublished primary data.

Figura 8.- Variación media mensual de clorofila-a satelital del nivel superficial para febrero 2019 - julio 2020. Cultivo suspendido experimental de ostra

Figure 8. Mean monthly variation of surface satellite chlorophyll-a concentration between February 2019 and July 2020 during the experimental suspended culture of oyster



Las anomalías mensuales de la clorofila-a fueron negativas en su mayoría con respecto al patrón climatológico 2003-2016, lo que mostró una tendencia de variación relacionada directamente con el patrón de variación de la salinidad del mar.

Monthly chlorophyll-a anomalies were mostly negative compared to the 2003-2016 climatological pattern, which showed a variation pattern directly related to that of sea salinity.

Crecimiento y supervivencia de las ostras

Oyster growth and survival

Durante 518 días de cultivo se efectuaron 17 muestreos biométricos. La longitud promedio de valva fue de 82,6 ±10,6 mm con tasa promedio de crecimiento mensual de 4,3 mm.mes⁻¹. La altura promedio de la valva fue 86,2 ±10,3 mm con tasa promedio de crecimiento mensual de 4,5 mm.mes⁻¹ y el espesor promedio de la valva fue 37,9 ±6,6 mm con tasa promedio de crecimiento mensual de 2,1 mm.mes⁻¹ (Fig. 9).

A total of 17 biometric samplings were carried out during 518 days of culture. Individuals had a mean valve length of 82.6 ±10.6 mm with an average monthly growth rate of 4.3 mm.month⁻¹. The average valve height was 86.2 ±10.3 mm with an average monthly growth rate of 4.5 mm.month⁻¹ and the mean valve thickness was 37.9 ±6.6 mm with an average monthly growth rate of 2.1 mm.month⁻¹ (Fig. 9).

Los incrementos mensuales en longitud y altura de la valva de los individuos cultivados siguieron una distribución distinta a la normal (p = 0,045); presentaron homogeneidad de varianzas (p = 1), pero no tuvieron diferencia significativa (ANOVA, F = 1,14; p = 0,29).

The monthly increments in valve length and height of cultured individuals followed a non-normal distribution (p = 0.045), being homogeneous in terms of variance (p = 1), but with no significant difference (ANOVA, F = 1.14; p = 0.29).

Supervivencia

Survival

La supervivencia de las ostras cultivadas en el sistema suspendido fue 56,0%. Las tasas de mortalidad fueron mayores en los cuatro primeros meses de cultivo, debido principalmente a presencia de epibiontes, depredadores, competidores por espacio y alimento (Tablas 1, 2; Fig. 10).

The total survival of oysters cultured in the suspended system was 56.0%. Mortality rates were higher in the first four months of culture, mainly due to the presence of epibionts, predators, and competitors for space and food (Tables 1, 2; Fig. 10).

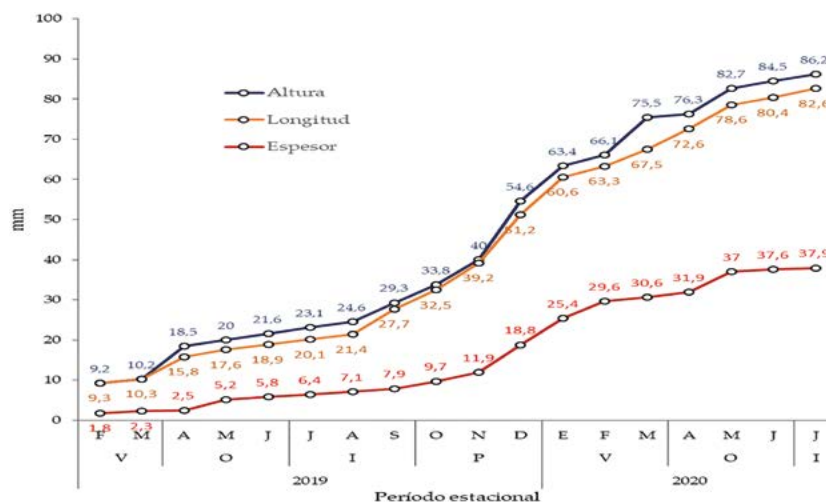


Figura 9.- Crecimiento promedio mensual de la ostra *S. prismatica* en sistema suspendido del C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes, febrero 2019 - julio 2020
 Figure 9. Monthly average growth of *S. prismatica* in suspended system. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes (February 2019 - July 2020)

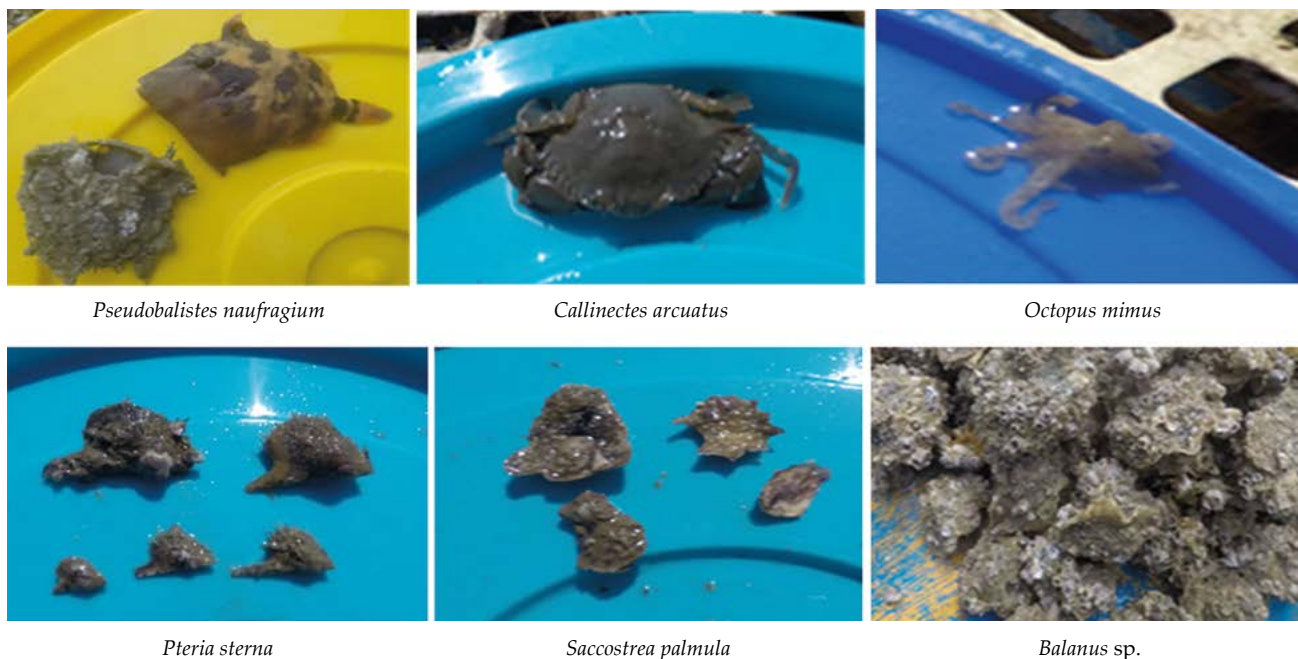


Figura 10.- Depredadores y competidores encontrados durante el cultivo suspendido de ostra *S. prismatica* del C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes, febrero 2019 - julio 2020

Figure 10. Predators and competitors found during subsurface suspended culture of *S. prismatica*. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes (February 2019 - July 2020)

Tabla 1.- Depredadores encontrados durante el cultivo suspendido subsuperficial de ostra *S. prismatica* del C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes, febrero 2019 - julio 2020

Table 1. Predators found during subsurface suspended culture of *S. prismatica*. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes (February 2019 - July 2020)

Nombre común/ Common name	Nombre científico/ Scientific name	Familia/ Family	Nombre en inglés/ English name
Peces			
Gobio	<i>Ctenogobius saepepallens</i> (Gilbert y Randall, 1968)	Gobiidae	Paradox goby
Pez coche	<i>Pseudobalistes naufragium</i> (Jordan y Starks, 1895)	Balistidae	Stone triggerfish
Invertebrados			
Araña de mar	<i>Teleophrys cristulipes</i> Stimpson, 1860	Mithracidae	Spider crab
Cangrejo popeye	<i>Menippe frontalis</i> A. Milne-Edwards, 1879 [en A. Milne-Edwards, 1873-1880]	Mennippidae	Stridulating stone crab
Cangrejo violáceo	<i>Platyxanthus orbigny</i> (H. Milne Edwards y Lucas, 1843 [en H. Milne Edwards y Lucas, 1842-1844])	Platyxanthidae	-
Caracol	<i>Stramonita biserialis</i> (Blainville, 1832)	Muricoidea	Dye shell
Caracol botón	<i>Pusula radians</i> (Lamarck, 1810)	Triviidae	Button snail
Erizo negro	<i>Echinometra vanbrunti</i> A. Agassiz, 1863	Echinometridae	Sea urchin
Jaiva	<i>Callinectes arcuatus</i> Ordway, 1863	Portunidae	Swimming crab
Jaiva marrón	<i>Portunus asper</i> (A. Milne-Edwards, 1861)	Portunidae	Rough swim crab
Liebre de mar	<i>Aplysia juliana</i> Quoy y Gaimard, 1832	Aplysiidae	Sea slug
Pulpo	<i>Octopus mimus</i> Gould, 1852	Octopodidae	Common octopus

Relación longitud peso

El análisis de la relación peso total-longitud, peso del cuerpo-longitud, peso total-altura y peso del cuerpo-altura al final del cultivo mostró una relación alométrica negativa con los valores de la pendiente (b) inferior a 3,0 (Fig. 11).

Length-to-weight ratio

The analysis of the total weight - length, body weight - length, total weight - height, and body weight - height ratios at the end of culture showed a negative allometric relationship with slope values (b) less than 3.0 (Fig. 11).

Tabla 2.- Competidores encontrados durante el cultivo suspendido subsuperficial de ostra *S. prismática* del C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes; febrero 2019 - julio 2020

Table 2. Competitors found during subsurface suspended culture of *S. prismatic*. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes (February 2019 - July 2020)

Nombre común/ Common name	Nombre científico/ Scientific name	Familia/ Family	Nombre en inglés/ English name
Peces			
Espejo	<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)	Carangidae	Pacific moonfish
Pez hoja	<i>Chloroscombrus orqueta</i> Jordan y Gilbert, 1883	Carangidae	Pacific bumper
Invertebrados			
Camarón limpiador	<i>Lysmata chica</i> Wicksten, 2000	Lysmatidae	Cleaner shrimp
Camarón pistola	<i>Synalpheus spinifrons</i> (H. Milne Edwards, 1837 [en Milne Edwards, 1834-1840])	Alpheidae	Pistol shrimp
Concha cascabel	<i>Pododesmus foliatus</i> (Broderip, 1834)	Anomiidae	Peruvian jingle shell
Concha lampa	<i>Atrina maura</i> (GB Sowerby I, 1835)	Pinnidae	Flesh Shell sea pen
Concha perlífera	<i>Pteria sterna</i> (Gould, 1851)	Pteriidae	Wing oyster
Esponja de mar	Dermospongiae	-	Sea sponge
Langosta	<i>Panulirus gracilis</i> Streets, 1871	Palinuridae	Green spiny lobster
Ostrilla	<i>Saccostrea palmula</i> (Carpintero, 1857)	Ostreidae	Oyster
Pico de loro	<i>Balanus</i> sp.	Balanidae	Acorm barnacle
Pique, señorita	<i>Bostrycapulus aculeatus</i> (Gmelin, 1791)	Calyptraeidae	Slipper limpet
	<i>Crepidula lessonii</i> (Broderip, 1834)		

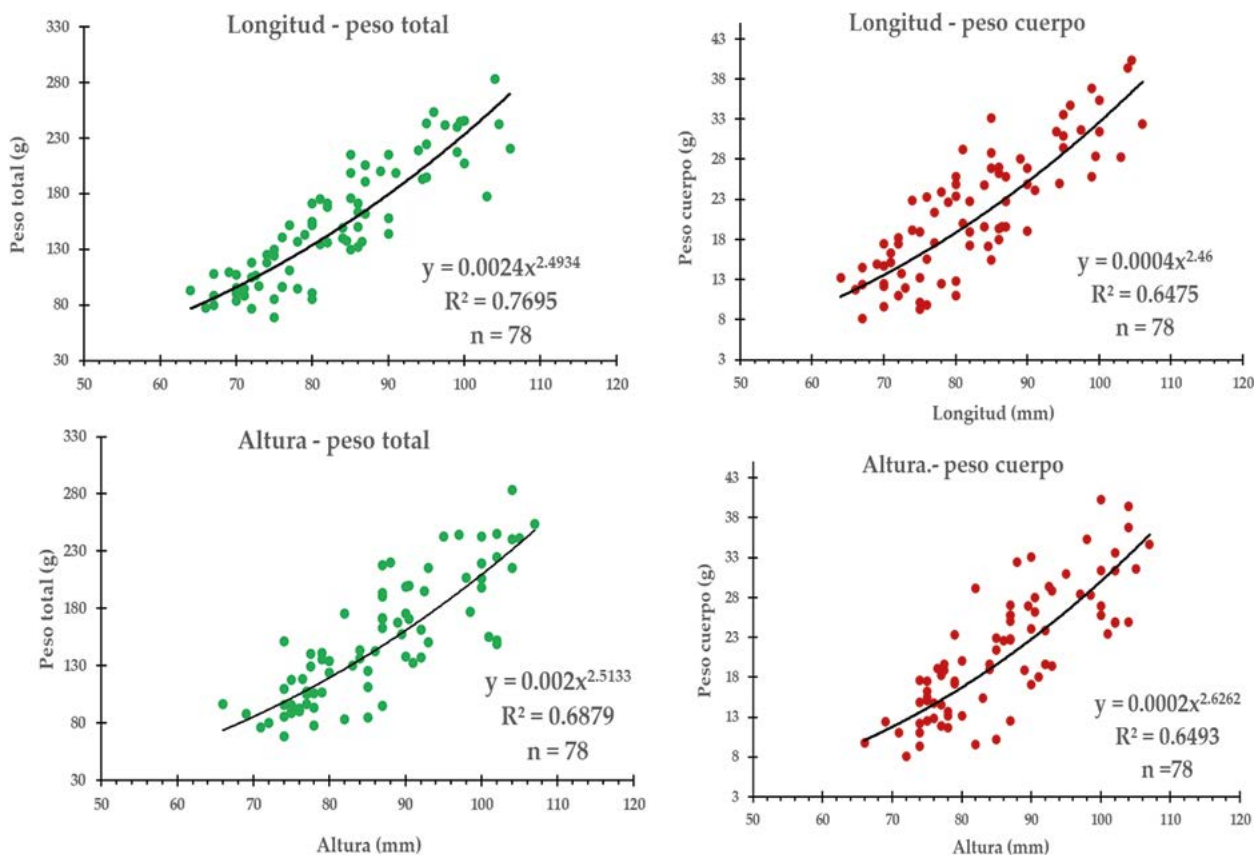


Figura 11.- Relación peso total - longitud, peso del cuerpo - longitud, peso total - altura, peso del cuerpo - altura de ostra *S. prismatica* en cultivo suspendido. C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes, febrero 2019 - julio 2020

Figure 11. Total weight - length, body weight - length, total weight - height, and body weight - height ratios of *S. prismatica* in suspended culture. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes (February 2019 - July 2020)

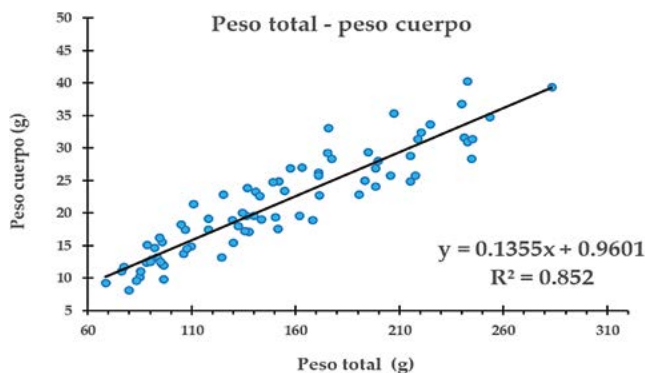


Figura 12.- Relación peso del cuerpo - peso total de *S. prismatica* en cultivo suspendido del C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes, febrero 2019 - julio 2020

Figure 12. Body weight - total weight ratio of *S. prismatica* in suspended culture. Nueva Esperanza, Zorritos, Tumbes (February 2019 - July 2020)

El rendimiento se ajustó a la fórmula: $Wc = 0,9601 + 0,1355 Wt$. El resultado fue 1 : 0,1365 (1.000 kg de peso total rindieron 136,5 kg de peso del cuerpo) (Fig. 12).

The yield was adjusted to the following formula: $Wc = 0.9601 + 0.1355 Wt$. The result was 1 : 0.1365 (1,000 kg total weight yielded 136.5 kg body weight) (Fig. 12).

4. DISCUSIÓN

4. DISCUSSION

Condiciones ambientales

Environmental conditions

Durante el período de cultivo, los promedios mensuales de temperatura del mar mostraron intensificación asociada a los vientos del Golfo de Panamá, que generó la proyección de aguas ecuatoriales hacia el norte de Perú, que aunado a la circulación de alta atmósfera y debilitamiento de los vientos del sur ayudaron al ingreso de humedad del norte en las capas medias y bajas de la atmósfera, como se describe en el Comunicado Extraordinario (ENFEN N° 01-2019). Posteriormente, se registró una fase de enfriamiento de agosto a setiembre 2019, la cual es propia del clima de la zona de estudio; sin embargo, dicha fase se acentuó por el arribo de ondas Kelvin frías (ENFEN 2019a, 2019b) y por el acercamiento de las aguas frías del sur hacia las costas de Tumbes.

The monthly averages of sea temperature during the culture showed intensification associated with the winds of the Gulf of Panama, which generated the projection of equatorial waters towards the north of Peru. This, together with the circulation of the upper atmosphere and the weakening of the southern winds, helped the entry of moisture from the north in the middle and lower layers of the atmosphere, as described in the Extraordinary Communiqué (ENFEN N° 01-2019). Then, a cooling phase was recorded from August to September 2019, which is typical of the climate in the study area, but it was accentuated by the arrival of cold Kelvin waves (ENFEN 2019a, 2019b) and the approach of cold waters from the south to the coasts of Tumbes.

La salinidad durante el período de cultivo mostró promedios mensuales muy cercanos a su patrón climatológico, con valores menores entre marzo y abril 2019 y 2020, debido al aumento del caudal del río Tumbes y las precipitaciones pluviales locales.

Salinity showed monthly averages very close to its climatological pattern. Lower values were observed between March and April 2019 and 2020, due to the increase in the flow of the Tumbes River and local rainfall.

Los valores de temperatura, salinidad y clorofila-a satelital obtenidos durante el cultivo suspendido se encontraron dentro del rango aceptable para el desarrollo de la ostra *S. prismatica*, lo que concuerda con lo mencionado por CISNEROS y MONTERO (2020).

Temperature, salinity, and satellite chlorophyll-a were found to be within the acceptable range for the development of *S. prismatica*, which agrees with what was mentioned by CISNEROS & MONTERO (2020).

Crecimiento y supervivencia

Los resultados del crecimiento de la ostra en este estudio, fueron superiores a los obtenidos por RENDON *et al.* (2016), quienes realizaron un cultivo de *S. prismatica* en un canal de abastecimiento de agua de una camaronera en México y hallaron que el crecimiento fue lento debido a las grandes fluctuaciones en los parámetros fisicoquímicos, principalmente temperatura, salinidad y disponibilidad de alimento. En este estudio, se observó que dichos parámetros fueron relativamente estables durante el periodo de cultivo, lo que pudo favorecer al mayor crecimiento de las ostras. Por otra parte, BERMÚDEZ (2006), CAVERO y RODRÍGUEZ (2008), LODEIROS *et al.* (2001), RENDON *et al.* (2016) y ROBLES *et al.* (2020) mencionan que el crecimiento y la supervivencia de moluscos bivalvos en cultivo suspendido depende de diversos factores como la disponibilidad de alimento, temperatura del agua, presencia de epibiontes, depredadores, competidores por espacio y alimento y los efectos del continuo movimiento producido por las olas y corrientes. Para minimizar el efecto negativo de estos factores y asegurar su correcto funcionamiento, se realiza el mantenimiento y limpieza de los sistemas de cultivo. Los resultados de los autores antes mencionados concuerdan con los nuestros, dado que el incremento del crecimiento de las ostras en cultivo ocurrió en tres episodios asociados a los valores de temperatura, salinidad, concentración de clorofila-a y precipitaciones pluviales.

El primero de estos episodios fue el más corto de los tres, ocurrió en abril 2019 e involucró directamente a la altura y longitud de la valva, y de forma tardía (en abril 2019) el espesor de la valva estuvo asociado con mayor concentración de clorofila-a.

El segundo episodio importante de incremento ocurrió entre setiembre 2019 y enero 2020, comprendió longitud y altura de la valva asociados al ligero incremento de la temperatura y estabilidad de la salinidad, esto último producto de las bajas precipitaciones pluviales y del bajo caudal del río Tumbes. Con relación al espesor el incremento ocurrió entre diciembre 2019 y febrero 2020 (verano), al parecer favorecido por las mismas condiciones. Durante este episodio, específicamente en diciembre 2019, se observó que la longitud, altura y espesor de la valva tuvieron mayores incrementos paralelamente a un elevado aumento de clorofila-a, lo que indicó un efecto positivo sobre

Growth and survival

Our results on oyster growth were superior to those obtained by RENDON *et al.* (2016), who cultured *S. prismatica* in a water supply channel of a shrimp farm in Mexico, and found that growth was slow due to large fluctuations in physicochemical parameters, mainly temperature, salinity, and food availability. We observed that these parameters were relatively stable in our study during the culture period, which may have favored the increased growth of the oysters. On the other hand, BERMÚDEZ (2006), CAVERO & RODRÍGUEZ (2008), LODEIROS *et al.* (2001), RENDON *et al.* (2016), and ROBLES *et al.* (2020) indicate that the growth and survival of bivalve mollusks in suspended culture depend on several factors such as food availability, water temperature, presence of epibionts, predators, competitors for space and food, and the effects of continuous movement produced by waves and currents. Maintenance and cleaning of the culture systems are carried out to minimize the negative effect of these factors and to ensure their correct functioning. The results of the aforementioned authors agree with ours since the increase in the growth of cultured oysters occurred in three episodes associated with the values of temperature, salinity, chlorophyll-a concentration, and rainfall.

The first of these episodes was the shortest of the three, occurred in April 2019, and was directly involved in valve height and length, and in a late form (in April 2019) valve thickness was associated with higher chlorophyll-a concentration.

The second important episode of increase occurred between September 2019 and January 2020 and involved the valve length and height of individuals associated with the slight increase in temperature and salinity stability; the latter resulting from low rainfall and low flow of the Tumbes River. The second episode of increased valve thickness occurred between December 2019 and February 2020 (summer), apparently favored by the same conditions. During this episode, particularly in December 2019, we observed that the valve length, height, and thickness had greater increases in parallel with a high increase

los individuos debido a mayor disponibilidad de nutrientes, posiblemente por las favorables condiciones físicas y químicas del mar.

Finalmente, la longitud, la altura y el espesor de la valva de los individuos tuvieron un tercer episodio notable de incremento, aunque menos significativo que el segundo; ocurrió entre marzo y mayo 2020, asociado a presencia de aguas cálidas con baja salinidad, debido a precipitaciones pluviales y mayor caudal del río Tumbes, lo que ocasionó concentraciones medias elevadas de clorofila-a.

Supervivencia

La supervivencia de ostras en este estudio estuvo influenciada de manera negativa en los primeros meses de cultivo, principalmente por presencia de epibiontes, depredadores y competidores. Esto concuerda con lo descrito por BERMÚDEZ (2006) quien indicó que, en el cultivo de ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg 1973) la mayor parte de los competidores ocurre cuando el cultivo está en fases de semilla y juvenil, lo que amenaza su supervivencia. Adicionalmente, hay que tener en cuenta otros factores importantes como el continuo movimiento producido por olas y corrientes en este tipo de sistemas, que puede perjudicar la supervivencia de las ostras en los primeros meses de cultivo, cuando son más susceptibles a los cambios bruscos. No se descarta la posibilidad de un efecto negativo del descenso estacional de la salinidad del mar y, en menor medida, de la brusca fluctuación de concentración de clorofila-a sobre la supervivencia de los individuos semilla.

Relación longitud-peso

La alometría negativa de la relación longitud-peso coincidió con lo obtenido por MELCHOR *et al.* (2002), quienes reportaron un crecimiento longitud-peso de tipo alométrico negativo con valores significativamente menores de 3,0. El rendimiento fue superior al obtenido en ostras silvestres por ORDINOLA *et al.* (2010) en el tramo sur del litoral de Tumbes (Lavejal-Punta Sal), quienes obtuvieron un máximo de 1: 0,0992 y atribuyeron este resultado posiblemente a las mejores condiciones que tuvieron los especímenes recolectados para desarrollarse. Las diferencias en el rendimiento longitud-peso pueden asignarse a los diferentes rangos de tallas evaluados en ambos estudios y a un factor fisiológico, ya que la ostra sometida a cultivo

in chlorophyll-a, indicating a positive effect related to greater nutrient availability, possibly due to the favorable physical and chemical conditions of the sea.

Finally, the valve length, height, and thickness of the individuals had a third notable episode of increase, although less significant than the second. This occurred between March and May 2020 and was associated with the presence of warm waters with low salinity, due to rainfall and increased flow of the Tumbes River, which caused high average chlorophyll-a concentrations.

Survival

Oyster survival in this study was negatively influenced in the first months of culture, mainly by the presence of epibionts, predators, and competitors. This agrees with BERMÚDEZ (2006) who indicated that, in the *Crassostrea gigas* culture (Thunberg 1973), most of the competitors occur when the culture is in the seed and juvenile stages, which threatens its survival. Other important factors must also be considered, such as the continuous movement produced by waves and currents in this type of system, which can be detrimental to the oyster survival in the first months of culture, when they are more susceptible to sudden changes. We do not rule out the possibility of a negative effect of the seasonal decrease in sea salinity and, to a lesser extent, of the sudden fluctuation of chlorophyll-a concentration on the survival of seed individuals.

Length-to-weight ratio

The negative allometry of the length-to-weight ratio coincided with that obtained by MELCHOR *et al.* (2002), who reported growth values significantly lower than 3.0. The yield was higher than that obtained in wild oysters by ORDINOLA *et al.* (2010) on the southern coast of Tumbes (Lavejal-Punta Sal), who obtained a maximum of 1: 0.0992 and attributed this result possibly to the better conditions that the collected specimens had to develop. The differences in the length-weight yield can be assigned to the different size ranges evaluated in both studies and to a physiological factor since the oyster from suspended culture does

suspendido no necesita formar excesiva densidad y volumen de valva durante su desarrollo y crecimiento comparada con las ostras recolectadas del medio natural, las cuales suelen presentar valvas más densas y voluminosas e incluso son parte del sustrato donde se fijan sus valvas inferiores para asegurar su supervivencia en condiciones con fuerte oleaje y turbulencias a fin de resistir a los depredadores y subsistir ante los competidores.

5. CONCLUSIONES

La ostra *S. prismatica* producida en laboratorio y cultivada en sistema suspendido entre febrero 2019 y julio 2020 frente a la playa Nueva Esperanza, alcanzaron talla en altura y longitud valvar cercanas a 90 mm, tallas consideradas óptimas para cosecha de *Crassostrea gigas*. Los patrones de crecimiento de la concha fueron constantes y estuvieron favorecidos por las condiciones oceanográficas (temperatura y salinidad) y disponibilidad de alimento (clorofila-a).

La supervivencia estuvo supeditada, en gran medida, por presencia de fauna acompañante, entre ellos, organismos depredadores y competidores por espacio o alimento, lo cual evidenció que la limpieza y mantenimiento del sistema es un factor determinante en el cultivo.

Los resultados favorables en el crecimiento, supervivencia y rendimiento indican que el cultivo suspendido de *S. prismatica* podría convertirse en una alternativa tecnológica con alta factibilidad económica que lograría generar nuevas fuentes de trabajo en la Región Tumbes. Sin embargo, se recomienda extender las investigaciones a escala piloto experimental y considerar aspectos económicos como la capacidad de carga, rentabilidad y sobre todo la factibilidad técnica del cultivo.

Los resultados de este estudio permitirán que investigadores, asociaciones y empresarios consideren a la ostra *S. prismatica* como especie alternativa con potencial para cultivo en sistema suspendido, a fin de diversificar la acuicultura en la región y proponer nuevas opciones de inversión.

Agradecimiento

La investigación fue realizada con financiamiento del PpR Ordenamiento y Desarrollo de la Acuicultura (DGIA-IMARPE). Se agradece a

not need to form excessive valve density and volume during its development and growth compared to oysters harvested from the natural environment, which usually have denser and more voluminous valves and are even part of the substrate where their lower valves are fixed to ensure their survival under strong waves and turbulence to resist predators and survive in the face of competitors.

5. CONCLUSIONS

Lab-produced *S. prismatica*, cultured in a suspended system between February 2019 and July 2020 off Nueva Esperanza beach reached valve length and height close to 90 mm, which are considered optimal sizes for harvesting *Crassostrea gigas*. Shell growth patterns were constantly being favored by oceanographic conditions (temperature and salinity) and food availability (chlorophyll-a).

Survival was largely dependent on the presence of accompanying fauna, including predators and competitors for space or food, which showed that the cleanliness and maintenance of the system are determining factors in the culture.

The favorable results in growth, survival, and yield indicate that the suspended culture of *S. prismatica* could become a technological alternative with high economic feasibility that could generate new sources of employment in the Tumbes Region. Nevertheless, further research on an experimental pilot scale is recommended, as well as considering economic aspects such as carrying capacity, profitability, and above all, the technical feasibility of the culture.

Our results will allow researchers, associations, and entrepreneurs to consider *S. prismatica* as an alternative species with the potential for suspended culture, to diversify aquaculture in the region and propose new investment options.

Acknowledgments

The research was carried out with funding from the Aquaculture Management and Development Program (DGIA-IMARPE). We would like to thank Derly Herrera, technical staff of the

Derly Herrera personal técnico del Área de Acuicultura por su colaboración. Asimismo, a todo el personal del Laboratorio Costero de Tumbes por el valioso apoyo en la ejecución del proyecto.

Aquaculture Area, for her collaboration. We also thank all the staff of the Coastal Laboratory of Tumbes for their valuable support throughout the project.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- ALAMO, V., VALDIVIESO, V. (1997). Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú. (Segunda Edición revisada y actualizada), Instituto del Mar del Perú. Callao - Perú. 183 pp.
- ARGUELLO-GUEVARA, W., LOOR, A., SONNENHOLZNER, S. (2013). Broodstock conditioning, spawning induction, and early larval development of the tropical rock oyster *Striostrea prismatica* (Gray 1825). *Journal of Shellfish Research*, 32(3), 665-670.
- BERMÚDEZ, P. (2006). Guía técnica: cultivo suspendido de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas*. Lima: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. 27 pp.
- BERMÚDEZ, P., MAIDANA, J., AQUINO, H., PALOMINA, A. (2004). Manual de cultivo suspendido de concha de abanico. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. Agencia Española de Cooperación Internacional. Proyecto de Apoyo al Desarrollo del Sector Pesquero y Acuicola del Perú – PADESPA.
- CARBAJAL, P., SANTAMARIA, J. (2017). Guía ilustrada para reconocimiento de crustáceos braquiuros y anomuros con valor comercial del Perú Lima, Instituto del Mar del Perú (IMARPE).
- CAVERO, P., RODRÍGUEZ, P. (2008). Producción sostenida de moluscos bivalvos en el Perú: acuicultura y repoblamiento. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (Eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO, 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. Roma: FAO. FAO Actas de Pesca y Acuicultura, 12, 209-218.
- CHIRICHIGNO, N. (1970). Lista de crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda) con datos de su distribución geográfica. *Inf Inst Mar Perú*, 35, 95 pp.
- CHIRICHIGNO, N., VÉLEZ, J. (1998). Clave para la identificación de los peces marinos del Perú. Publicación especial *Inst Mar Perú*, 502 pp.
- CHIRICHIGNO, N., CORNEJO, M. (2001). Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Publicación especial *Inst Mar Perú*, 314 pp.
- CISNEROS, P., MANTERO, P. (2020). Determinación y caracterización de áreas potenciales para la maricultura entre Nueva Esperanza y Huacura, Región Tumbes. *Inf Inst Mar Perú*, 47(1), 15- 36.
- COAN, E. V., VALENTICH, P. (2012). Bivalve seashells of tropical West America. Marine bivalve mollusks from Baja California to northern Peru. Santa Barbara Museum of Natural History, Monographs Number 6, and Studies in Biodiversity Number 42, 1258 pp.
- COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN). (2019). Comunicado Extraordinario ENFEN 01-2019 (febrero 2019). 1 p. <http://enfen.gob.pe/download/comunicado-extraordinario-enfen-n-03-2019-2/?wpdmdl=1432&id=1550266573152>
- COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN). (2019a). Comunicado Oficial ENFEN 11-2019 (agosto 2019). 5 p. <https://wwdhn.mil.pe/Archivos/oceanografia/enfen/comunicado-oficial/11-2019.pdf>
- COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN). (2019b). Comunicado Oficial ENFEN 12-2019 (setiembre 2019). 5 p. <https://wwdhn.mil.pe/Archivos/oceanografia/enfen/comunicado-oficial/12-2019.pdf>
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca Pacífico Centro Oriental. FAO, Roma, 1, 646 pp.
- KEEN, A. M. (1971). Seashells of tropical west America marine mollusks from Baja California to Peru. Stanford University Press, California, 1604 pp.
- LODEIROS, C., MAEDA MARTÍNEZ, A., FREITES, L., URIBE, E., LLUCH-COTA, D., SICARD, M. (2001). Ecofisiología de pectínidos iberoamericanos. En Maeda-Martínez A (Ed.) Los moluscos pectínidos de Ibero América: ciencia y acuicultura. pp. 77-88.
- LODEIROS, C., VALENTICH-SCOTT, P., CHAVEZ-VILLALBA, J., MAZON-SUASTEGUI, J., GRIJALVA-CHON, J. (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>
- LOOR, A. (2012). Desarrollo de protocolos de manejo para la inducción al desove y larvicultura de la ostra nativa *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854). Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, 115 pp.
- MARÍN, H. (2011). Evaluación de Diferentes Regímenes de Alimentación para el Acondicionamiento Reproductivo de la Ostra Nativa *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854). Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, CENAIM, 8 - 65 p.
- MELCHOR, J., RUIZ, A., TERRAZAS, R., ACOSTA, C. (2002). Mortalidad y crecimiento del ostión de roca *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854) en San Ignacio, Sinaloa, México. *Ciencias Marinas*, 1 (2), 125-132.
- MÉNDEZ, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) de mar y ríos de la costa del Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 5, 170 pp.
- MORA, E. (1990). Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador. Boletín científico y técnico. Instituto Nacional de Pesca.

- Moscoso, V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú, 27(1-2), 8-207.
- Moscoso, V. (2013). Claves para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol. Inst. Mar Perú. Callao, Perú. 28(1-2): 8-135.
- ORDINOLA, E., ALEMÁN, S., MONTERO, P., LLANOS, J. (2010). La ostra *Crassostrea iridescens* (Hanley) en Tumbes, Perú, primavera 2007. Inf Inst Mar Perú, 37, 139-150.
- ORDINOLA, E., ALEMÁN, S., MONTERO, P. (2013). Biología y pesquería de cuatro especies de invertebrados marinos de importancia comercial. Región Tumbes, II Etapa - 2007. Inf Inst Mar Perú, 40(3-4), 254-273.
- PAREDES, C., CARDOSO, F., SANTAMARÍA, J., ESPLANA, J., LLAJA, L. (2016). Lista anotada de los bivalvos marinos del Perú. Revista peruana de biología, 23(2), 127-150, <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v23n2/a06v23n2.pdf>
- RAITH, M., ZACHERL, D. C., PILGRIM, E. P., EERNISSE, D. J. (2015). Phylogeny and species diversity of Gulf of California oysters (Ostreidae) inferred from mitochondrial DNA. Am. Malacol, 33, 1-21.
- RENDON MARTÍNEZ, L. A., ORTEGA-SALAS, A., HURTADO OLIVA, M. A., PIÑA VALDEZ, P., NIEVES SOTO, M. (2016). Cultivation of stone oyster *Striostrea prismatica* (gray) in a water supply channel for shrimp farm in Sinaloa, México. International Scientific Research Journal 72 (6). 257-275, https://www.researchgate.net/publication/304337983_Cultivation_of_stone_oyster_Striostrea_prismatica_Gray_in_a_water_Supply_channel_for_shrimp_farm_in_sinaloa_Mexico.
- RÍOS-GONZÁLEZ, K., LÓPEZ-URIARTE, E., CHONG-CARRILLO, O., VEGA-VILLASANTE, F., CHÁVEZ-VILLALBA, J. (2018). Rock oyster *Striostrea prismatica* (Gray, 1825): biology, exploitation, and conservation. Lat Am J. Aquat. Res., 46(4), 626-644.
- ROBLES, J., CISNEROS, P., SICCHA, R. (2020). Reproducción y cultivo de ostra nativa *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) Tumbes, Perú. Inf Inst Mar Perú, 47(1), 5-14.
- VENTILLA, R. F. (1982). The scallop industry in Japan. Adv. Mar. Biol., 20, 310-382.