

EFECTO DE TEMPERATURA EN LAS TASAS DE ACLARAMIENTO Y DE INGESTIÓN EN *Ensis macha* (Molina, 1782) “CONCHA NAVAJA”

EFFECT OF TEMPERATURE ON CLEARANCE AND INGESTION RATES IN *Ensis macha* (Molina, 1782) “RAZOR CLAM”

Cruz Prieto Dueñas Llerme Veliz Mónago Francisco Ganoza Chozo
 Jhon Álvarez Veliz Luis Gonzales Molina Jean García Valladares
 Oswaldo Dibucho Álvarez Edwin Pinto Chahua

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i1.357>

RESUMEN

PRIETO, C., VELIZ, LL., GANOZA, F., ÁLVAREZ, J., GONZALES, L., GARCÍA, J., DIBUCHO, O., PINTO, E. (2022). Efecto de temperatura en las tasas de aclaramiento y de ingestión en *Ensis macha* (Molina, 1782) “concha navaja”. *Bol Inst Mar Perú*, 37(1): 41-50.- La concha navaja *Ensis macha* constituye un recurso de importancia comercial en nuestro litoral peruano por su demanda en el exterior. En Huacho los bancos más importantes se ubican en el sur, en el litoral del Promontorio Salinas y La Chozza (Playa Grande). El cálculo de Tasa de Aclaramiento (TA) y la Tasa de Ingestión (TI) permite determinar la cantidad de alimento a suministrar a una especie en un determinado tiempo cuando se realiza cultivos en laboratorio; en el medio natural determina la carga máxima de especies a cultivar para no generar impacto en el ecosistema y desarrollar la acuicultura sostenible. En ambiente controlado. se evaluó el efecto de la temperatura en la Tasa de Aclaramiento y la Tasa de Ingestión en individuos de *E. macha* en diferentes grupos de tallas. Los ejemplares, se agruparon de acuerdo a su talla en: $5,3 \pm 0,060$; $7,4 \pm 0,08$ y $10,4 \pm 0,10$ cm. Se evaluaron dos niveles de temperatura: 16°C y 21°C . Se alimentaron con la microalga *Chaetoceros gracilis* a una concentración de 19×10^5 células.L⁻¹. Para las pruebas de TA y TI los individuos empleados estuvieron en ayuno durante 24 horas. Los resultados muestran un efecto significativo de la temperatura en la TA y TI sobre ejemplares de tamaño mayor a $7,60 \pm 0,14$ cm y de $10,53 \pm 0,12$ cm. Las mayores tasas de aclaramiento y de ingestión se registró a 16°C con valores promedio de $0,402$ L.h⁻¹ y $3,87$ cel.h⁻¹, respectivamente y a temperatura de 21°C los valores de TA y TI fueron menores. Se determinó una relación directa entre la talla de la especie y la TA y TI en los dos niveles de temperatura causando mayor asimilación en su estructura orgánica.

PALABRAS CLAVE: tasa de aclaramiento, tasa de ingestión, experimento, laboratorio, productividad, ecosistema

ABSTRACT

PRIETO, C., VELIZ, LL., GANOZA, F., ÁLVAREZ, J., GONZALES, L., GARCÍA, J., DIBUCHO, O., PINTO, E. (2022). Effect of temperature on clearance and ingestion rates in *Ensis macha* (Molina, 1782) “razor clam”. *Bol Inst Mar Peru*. 37(1): 41-50.- *Ensis macha* razor clam is a commercially important resource on the Peruvian coast given its demand abroad. In Huacho, the most important banks are located in the south, on the coast of Promontorio Salinas and La Chozza (Playa Grande). The estimation of the Clearance Rate (CR) and Ingestion Rate (IR) is important because it allows for determining the amount of food to supply to a species at a certain time when cultivating in the laboratory. In the natural environment, it determines the maximum load of species to be cultured so as not to generate an impact on the ecosystem and to develop sustainable aquaculture. In a controlled environment, the effect of temperature on the clearance rate and ingestion rate in individuals of *E. macha* in different size groups was evaluated. The specimens were cultured in laboratory tanks and were grouped according to their size: 5.3 ± 0.060 ; 7.4 ± 0.08 and 10.4 ± 0.10 cm. Two temperature levels were evaluated: 16°C and 21°C . The microalgae *Chaetoceros gracilis* at a concentration of 19×10^5 cells.L⁻¹. For the CR and IR tests, the individuals were fasted for 24 h. The results show a significant effect of temperature and temperature on the microalgae. Our results show that temperature had a significant effect on CR and IR on specimens larger than 7.60 ± 0.14 cm and 10.53 ± 0.12 cm. The highest clearance and ingestion rates were recorded at 16°C with mean values of 0.402 L.h⁻¹ and 3.87 cell.h⁻¹, respectively, while at a temperature of 21°C , the CR and IR values were lower. We determined a direct relationship between the size of the species and the CR and IR at the two temperature levels causing greater assimilation in their organic structure.

KEYWORDS: clearance rate, ingestion rate, experiment, laboratory, productivity, ecosystem

1. INTRODUCCIÓN

La estimación de la cantidad de alimento que ingiere una especie por unidad de tiempo, es una variable de gran interés ecológico, debido a que es la forma en que los organismos adquieren

1. INTRODUCTION

Estimating the amount of food consumed by a species per unit of time is a variable of great ecological interest since it is how organisms acquire energy from the environment to carry

energía del medio para poder llevar a cabo todas sus funciones biológicas favorables y con ello un mayor crecimiento. Además, su conocimiento permite determinar y prever el posible impacto de la especie sobre los recursos alimenticios de un determinado lugar, seleccionar sitios de cultivo, optimizar densidades de siembra, optimizar la producción y gasto de alimento en laboratorio, entre otros (LÓPEZ, 2003).

En IMARPE, los estudios de Ecofisiología, fueron iniciados en la década de los noventa, en el laboratorio de Ecología Marina (Ecotoxicología Acuática), con un objetivo principal; incorporar las respuestas ecofisiológicas de organismos marinos como una medición de estrés ambiental inducido por la presencia de efluentes domésticos-industriales, vertidos a la bahía del Callao, estableciendo luego de algunos años un Método para Determinación de la Tasa de Ingestión en Organismos Filtradores (TAM *et al.*, 2001). El Laboratorio de Ecofisiología Acuática, amplió los estudios a peces y bivalvos de interés acuícola. La tasa de ingestión o tasa de aclaramiento puede ser calculado por métodos en recipientes cerrados (ARAYA *et al.*, 1993; TAM *et al.*, 2001; DIONISIO y FLORES, 2015) o con los de flujo continuo (RIISGARD, 1981).

En Acuicultura, el crecimiento y la supervivencia son procesos poblacionales claves para determinar la viabilidad del cultivo de estos organismos. Estos procesos en los bivalvos se ven afectados por variables ambientales como temperatura y salinidad (ROMÁN *et al.*, 2001), y por la oferta y calidad de alimento, como principal factor que afecta la fisiología alimentaria de los organismos filtradores (NAVARRO, 2001). La temperatura tiene fuerte influencia sobre la respiración y el balance energético en poiquiloterms y ha sido considerado un factor clave en el crecimiento de bivalvos (SABEN, 1982; SICARD *et al.*, 1999). Estos factores están estrechamente relacionados con otros como densidad, profundidad, localidad y arte de cultivo (FREITES *et al.*, 1995; LODEIROS *et al.*, 1998).

La concha navaja es uno de los bivalvos importantes de la fauna bentónica, tiene buena demanda en el mercado, habita en el submareal somero, a lo largo de la costa central y sur del Perú.

out all their favorable biological functions and thus achieve greater growth. Also, its knowledge allows determining and foreseeing the possible impact of the species on the food resources of a certain place, selecting cultivation sites, optimizing planting densities, optimizing production and food expenditure in the laboratory, among other things (LÓPEZ, 2003).

In the 1990s, studies on Ecophysiology were initiated at IMARPE in the Marine Ecology Laboratory (Aquatic Ecotoxicology), to incorporate the ecophysiological responses of marine organisms as a measure of environmental stress induced by the presence of domestic-industrial effluents discharged into the Callao Bay, establishing after a few years a Method for Determining the Ingestion Rate in Filtering Organisms (TAM *et al.*, 2001). The Aquatic Ecophysiology Laboratory extended the studies to fish and bivalves of aquaculture interest. The ingestion rate or clearance rate can be estimated by methods in closed containers (ARAYA *et al.*, 1993; TAM *et al.*, 2001; DIONISIO & FLORES *et al.*, 2015) or with continuous flow methods (RIISGARD, 1981).

Growth and survival are key population processes in aquaculture to determine the viability of the culture of these organisms. In bivalves, these processes are affected by environmental variables such as temperature and salinity (ROMÁN *et al.*, 2001), and by the supply and quality of food, as the main factor affecting the feeding physiology of filter-feeding organisms (NAVARRO, 2001). The temperature has a strong influence on respiration and energy balance in poikilotherms and has been considered a key factor in the growth of bivalves (SABEN, 1982; SICARD *et al.*, 1999). These factors are closely related to other factors such as density, depth, locality, and culture gear (FREITES *et al.*, 1995; LODEIROS *et al.*, 1998).

The razor clam is one of the most important bivalves of the benthic fauna, given its good market demand, and it inhabits the shallow subtidal along the central and southern

Hace algunos años, su condición sedentaria en la comunidad bentónica, asociado a un elevado esfuerzo pesquero y al uso indiscriminado de la motobomba para extracción, generó un impacto negativo en su hábitat y el ciclo de vida del recurso, diezmando su población. El IMARPE realizó una investigación de alternativas para su extracción con diferentes métodos para regular y magnificar la eficiencia de su pesquería, donde el uso de la motobomba con boquilla modificada, que es un método que perturba el ecosistema bentónico, no permite la selección de tallas, tiene alto rendimiento asociado a una gran cantidad de ejemplares con daños físicos, pero que causa mayor daño comparado con métodos de extracción manual (dedo y manoteo) que generan menor daño al recurso (GANOZA *et al.*, 2014).

El aporte del Laboratorio Costero IMARPE Huacho en esta investigación, se centra en simular escenarios ambientales buscando establecer la influencia de la variabilidad de la temperatura en el reflejo metabólico de juveniles de la especie, para filtrar una cantidad conocida de fitoplancton en un intervalo de tiempo, expresado como tasa fisiológica, que permita conocer la dieta óptima y adaptabilidad para su crecimiento y posterior maduración reproductiva. En tal sentido, objeto del presente trabajo es determinar el efecto de las temperaturas (16 y 21 °C) en tasas de aclaramiento y de ingestión en individuos de diferentes tallas en condiciones de laboratorio.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Aclimatación de organismos

En el presente trabajo se emplearon juveniles de *Ensis macha*, cultivados en el laboratorio de Acuicultura de la sede IMARPE-Huacho. Los organismos colectados al azar, fueron distribuidos en 18 recipientes, formando tres grupos de acuerdo a su talla ($5,32 \pm 0,16$ cm, $7,60 \pm 0,14$ cm y $10,53 \pm 0,12$ cm) (Tabla 1) para su aclimatación y colocadas en una mesa termoregulada a 16 y 21 °C, durante 15 días, fotoperíodo natural y alimentados con dos especies de microalgas: *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros gracilis* (1:1).

Peruvian coast. Some years ago, its sedentary condition in the benthic community, associated with a high fishing effort and the indiscriminate use of the motor pump for extraction, generated a negative impact on its habitat and the life cycle of the resource, decimating its population. IMARPE investigated alternatives for its extraction with different methods to regulate and magnify the efficiency of its fishery, where the use of the motor pump with a modified nozzle, which is a method that disturbs the benthic ecosystem, does not allow size selection, has a high yield associated with a large number of specimens with physical damage but causes greater damage compared to manual extraction methods (finger and hand-pulling) that generate less damage to the resource (GANOZA *et al.*, 2014).

The IMARPE's Coastal Laboratory of Huacho has contributed to this research by simulating environmental scenarios to establish the influence of temperature variability on the metabolic reflex of juveniles of the species, to filter a known amount, of phytoplankton in a time interval, expressed as a physiological rate, which allows knowing the optimal diet and adaptability for their growth and subsequent reproductive maturation. In this sense, our goal was to determine the effect of temperatures (16 and 21 °C) on the clearance and ingestion rates in individuals of different sizes under laboratory conditions.

2. MATERIAL AND METHODS

Organism acclimatization

Juveniles of *Ensis macha*, cultured at the Aquaculture Laboratory of IMARPE-Huacho, were used in this study. The organisms were randomly collected and distributed in 18 containers, forming three groups according to their size (5.32 ± 0.16 cm, 7.60 ± 0.14 cm, and 10.53 ± 0.12 cm) (Table 1) for acclimatization and placed on a thermoregulated table at 16 and 21 °C, for 15 days, which is a natural photoperiod and fed with two species of microalgae: *Isochrysis galbana* and *Chaetoceros gracilis* (1:1).

Tabla 1.- Talla de individuos de *Ensis macha* "concha navaja" para las pruebas de Tasa de Aclaramiento e Ingestión

Table 1. Size of *Ensis macha* "razor clam" individuals for clearance and ingestion rates tests

Grupo	Rango (cm)	Longitud promedio (cm)	D.E.
I	(5,1 - 5,5)	5,3	0,160
II	(7,4 - 7,8)	7,6	0,141
III	(10,4 - 10,7)	10,5	0,121

Para los bioensayos, se emplearon recipientes de 2 L, agua de mar filtrada (5 y 1 µm), esterilizada con UV y 34,56‰ de salinidad. Los recipientes fueron colocados con aireación constante mínima para mantener la concentración microalgal homogénea y la temperatura fue controlada durante el desarrollo del experimento. Las pruebas se realizaron por triplicado para cada grupo y un grupo control sin individuos; se emplearon 18 individuos colocados 1 en cada recipiente. Se indujo a un ayuno de 24 h antes del inicio del bioensayo, luego se utilizó en cada recipiente, una dieta de la microalga *Chaetoceros gracilis* a densidad poblacional de 1x10⁶ células.L⁻¹. Se colectaron alícuotas para lectura de la densidad celular al inicio de la prueba y luego a intervalos de una hora, éstas se realizaron usando una cámara Neubauer y un microscopio Leica DM2000 LED.

Tasa de Aclaramiento (TA)

La tasa de aclaramiento se define como el volumen de agua liberado de partículas por unidad de tiempo (WIDDOWS, 1985).

Se estimó la tasa de aclaramiento empleando la formula descrita por CONOVER & HUNTLEY (1980).

$$TA = V \cdot g / N.$$

Donde:

TA = tasa de aclaramiento (L.h⁻¹.individuo⁻¹)

V = volumen del recipiente (mL)

g = constante de filtración (L.h⁻¹)

N = número de individuos

La constante de filtración es calculada por:

$$g = k - \{[\ln (C_2 / C_1)] / (t_2 -$$

For the bioassays, we used 2 L containers, filtered seawater (5 and 1 µm), sterilized with UV, and 34.56‰ salinity. The containers were placed with minimum constant aeration to keep the microalgal concentration homogeneous and the temperature was controlled during the whole experiment. The tests were performed in triplicate for each group and a control group without individuals. We employed 18 individuals placed 1 in each container. A fasting period of 24 h was induced before the beginning of the bioassay, then we provided each container with a diet of the microalga *Chaetoceros gracilis* at a population density of 1x10⁶ cells.L⁻¹. Aliquots were collected for cell density readings at the beginning of the test and then at one-hour intervals, using a Neubauer camera and a Leica DM2000 LED microscope.

Clearance Rate (CR)

The clearance rate is defined as the volume of water released from particles per unit of time (WIDDOWS, 1985).

We used the formula described by CONOVER & HUNTLEY (1980) to estimate the clearance rate.

$$CR = V \cdot g / N.$$

Where:

CR = clearance rate (L.h⁻¹.individual⁻¹)

V = container volume (mL)

g = filtration constant (L.h⁻¹)

N = number of individuals

The filtration constant is calculated by:

$$g = k - \{[\ln (C_2 / C_1)] / (t_2 - t_1)\}$$

Donde:

k = crecimiento de fitoplancton (células.mL⁻¹)

C_1 y C_2 = concentración inicial y final (células.mL⁻¹)

t_1 y t_2 = tiempo inicial y final (horas)

El crecimiento del fitoplancton (k) se obtuvo al aplicar la siguiente ecuación:

$$k = [\ln (C_{CT-2} / C_1)] / (t_2 - t_1)$$

Donde, C_{CT-2} es la concentración final en los compartimientos controles.

Determinación de la Tasa de Ingestión (TI)

La tasa de ingestión es la cantidad de alimento ingerido en una unidad de tiempo. De acuerdo a CONOVER & HUNTLEY (1980). Esta puede ser calculada como:

$$I = TA * C_m$$

Donde:

I = Tasa de ingestión por 10⁵ (células.h⁻¹.ind⁻¹)

TA = tasa de aclaramiento (L.h⁻¹.individuo⁻¹)

C_m = concentración media de fitoplancton durante el periodo experimental.

La concentración media de fitoplancton puede ser estimada como:

$$C_m = C_1 [\exp ((k - g) t) - 1] / [t (k - g)]$$

Donde:

C_m = Concentración media estimada (células. mL⁻¹)

t = tiempo (horas)

C_1 = concentración inicial

k = crecimiento de fitoplancton (células. mL⁻¹)

g = constante de filtración (L.h⁻¹)

Los datos fueron evaluados usando un modelo exponencial en relación de la temperatura a la tasa de aclaramiento (TA) y tasa de ingestión (TI). Los análisis se realizaron con el programa estadístico Minitab vol. 16 y Excel.

Where:

k = phytoplankton growth (cells.mL⁻¹)

C_1 and C_2 = initial and final concentration (cells.mL⁻¹)

t_1 and t_2 = start and end time (hours)

Phytoplankton growth (k) was obtained by applying the following equation:

$$k = [\ln (C_{CT-2} / C_1)] / (t_2 - t_1)$$

Where, C_{CT-2} is the final concentration in the control compartments.

Ingestion Rate (IR) Determination

Ingestion rate is the amount of food consumed in a unit of time. We can estimate it using the formula proposed by CONOVER & HUNTLEY (1980):

$$I = CR * C_m$$

Where:

I = Ingestion rate per 10⁵ (cells.h⁻¹.ind⁻¹)

CR = clearance rate (L.h⁻¹.individual⁻¹)

C_m = mean phytoplankton concentration during the experimental period.

The mean phytoplankton concentration can be calculated as follows:

$$C_m = C_1 [\exp ((k - g) t) - 1] / [t (k - g)]$$

Where:

C_m = Estimated mean concentration (cells. mL⁻¹)

t = time (hours)

C_1 = initial concentration

k = phytoplankton growth (cells. mL⁻¹)

g = filtration constant (L.h⁻¹)

Our data were evaluated using an exponential model with temperature to clearance rate (CR) and ingestion rate (IR). Analyses were performed with the statistical software Minitab vol. 16 and Excel.

3. RESULTADOS

Tasa de aclaramiento (L.h⁻¹).

Se encontró diferencias significativas de la temperatura en la Tasa de Aclaramiento, observándose la mayor TA en los ejemplares puestos a 16 °C con respecto a los ejemplares puestos a 21 °C.

La mayor TA se observó en ejemplares de mayor tamaño (10,53 ± 0,12 cm) con valor promedio de 0,665 L.h⁻¹, observándose diferencias significativas (p< 0,05) con la TA de los ejemplares con longitudes promedios de (5,32 ± 0,16 cm y 7,60 ± 0,14 cm) en el que se obtuvo tasa de aclaramiento de 0,203 y 0,341 L.h⁻¹, respectivamente (Figs. 1, 2).

Tasa de Ingestión (cel.h⁻¹)

La tasa de ingestión se vio afectada por la temperatura en ejemplares de 10,53 ± 0,12 cm y 7,60 ± 0,14 cm puestos a temperatura de 21 °C, observándose mayor TI a 16 °C en ejemplares del mismo tamaño sin embargo en los ejemplares de 5,32 ± 0,16 cm no se observó diferencias de TI en ambas temperaturas.

Los resultados obtenidos muestran una relación directa entre la TI y el tamaño de los individuos, observándose diferencias significativas (P < 0,05) entre los grupos de prueba, con un valor máximo de 5,15 × 10⁵ cel.h⁻¹ en individuos de 10,53 ± 0,12 cm de longitud promedio.

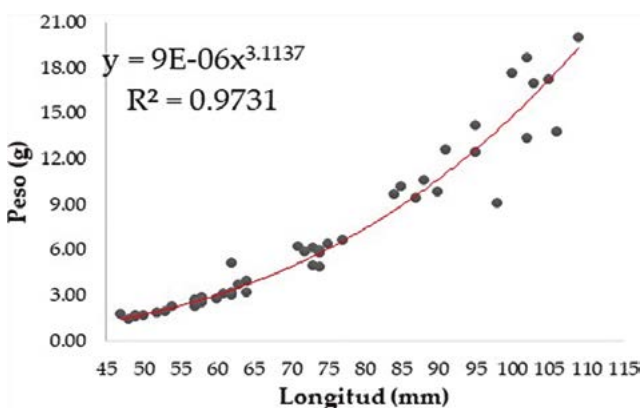


Figura 1.- Relación longitud – peso de *Equisetum macha*

Figure 1. *Equisetum macha* length-to-weight ratio

3. RESULTS

Clearance rate (L.h⁻¹).

We found significant temperature differences in the clearance rate, with the highest CR observed in specimens placed at 16 °C compared to specimens placed at 21 °C.

The highest CR was observed in larger specimens (10.53 ± 0.12 cm) with a mean value of 0.665 L.h⁻¹, showing significant differences (p< 0.05) with the CR of specimens with average lengths of 5.32 ± 0.16 cm, and 7.60 ± 0.14 cm in which a clearance rate of 0.203 and 0.341 L.h⁻¹, respectively, was obtained (Figs. 1, 2).

Ingestion rate (cel.h⁻¹)

The ingestion rate was affected by temperature in specimens of 10.53 ± 0.12 cm and 7.60 ± 0.14 cm placed at 21 °C and higher IR was observed at 16 °C in specimens of the same size. Nevertheless, no differences in IR were observed in specimens of 5.32 ± 0.16 cm at both temperatures.

The results obtained show a direct relationship between IR and the size of the individuals, with significant differences (P < 0.05) between the test groups, with a maximum value of 5.15 × 10⁵ cell.h⁻¹ in individuals with a mean length of 10.53 ± 0.12 cm.

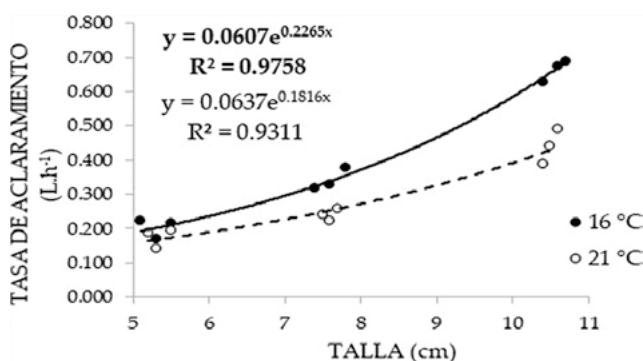


Figura 2.- Tasa de Aclaramiento (L.h⁻¹) en individuos de *E. macha* de diferentes tallas acondicionados a temperatura de 16 y 21 °C

Figure 2. Clearance rate (L.h⁻¹) in *E. macha* individuals of different sizes under temperatures of 16 and 21 °C

Influencia de la Temperatura en la Tasa de Aclaramiento y Tasa de Ingestión

La temperatura es un factor muy importante a considerar en el cultivo de moluscos bivalvos, influyendo en muchos aspectos biológicos de la especie, en el caso de *E. macha* trabajando con dos niveles de temperatura 16 y 21 °C (Fig. 3) se pudo determinar que a 16 °C se tiene una tasa de aclaramiento promedio de 0,4028 L.h⁻¹ y a 21 °C ésta bajó a 0,2851 L.h⁻¹, en el caso de la tasa de ingestión se pudo ver el mismo comportamiento teniendo una tasa de ingestión promedio de 3,872x10⁵ cel.h⁻¹ a 16 °C y de 3,136 x10⁵ cel.h⁻¹ a 21 °C, demostrando el efecto que produce la temperatura cuando tiende a incrementar, este efecto que ocasiona la reducción de la tasa de aclaramiento e ingestión en la especie repercutirá en el crecimiento y ganancia de peso como también en la acumulación de glucógeno, principal fuente de energía para la formación de gametos en la reproducción.

La tasa de aclaramiento e ingestión se irá incrementando conforme la especie va creciendo es así que las de menor talla tendrán menor capacidad de filtración que una de mayor tamaño, en el experimento se trabajó con 3 grupos de talla diferentes y se vio esta dinámica descrita (Figs. 4, 5).

Influence of Temperature on Clearance Rate and Ingestion Rate

When culturing bivalve mollusks, the temperature is a very important factor to consider since it influences many biological aspects of the species. For *E. macha*, we worked with two temperature levels, 16 and 21 °C (Fig. 3), and determined that at 16 °C, the mean clearance rate is 0.4028 L.h⁻¹ and at 21 °C it is low at 0.2851 L.h⁻¹. Regarding the ingestion rate, the same behavior was observed, with a mean ingestion rate of 3.872x10⁵ cell.h⁻¹ at 16 °C and of 3.136 x10⁵ cell.h⁻¹ at 21 °C, thus demonstrating the effect that temperature produces when it increases. This effect that causes the reduction of the clearance and ingestion rates in the species will affect the growth and weight gain as well as the accumulation of glycogen, the main source of energy for the formation of gametes in reproduction.

The clearance and ingestion rates will increase as the species grows so that those of smaller size will have less filtration capacity than those of larger size. We worked with 3 different size groups in the experiment and we saw the aforementioned dynamics (Figs. 4, 5).

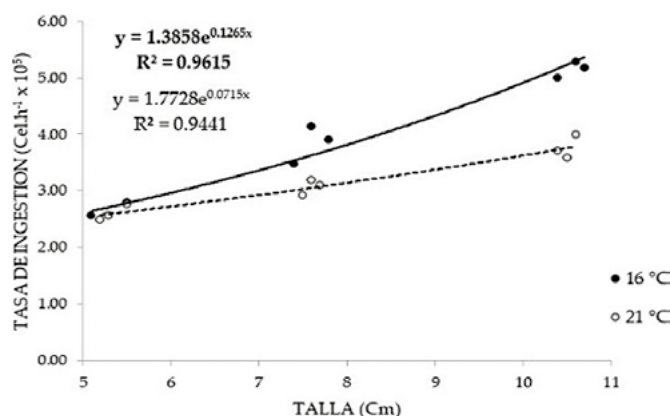


Figura 3.- Tasa de Ingestión (cel.h⁻¹) en individuos de *E. macha* de diferentes tallas acondicionados a temperatura de 16 y 21 °C

Figure 3. Ingestion rate (cell.h⁻¹) in *E. macha* individuals of different sizes under temperatures of 16 and 21 °C

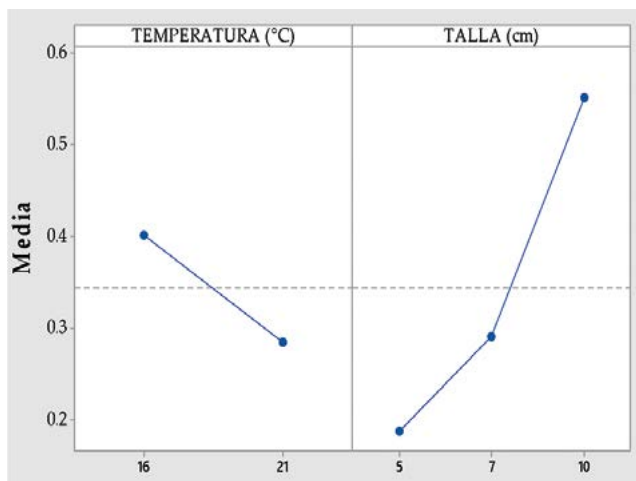


Figura 4.- Efectos principales para la Tasa de Aclaramiento (L.h⁻¹)
 Figure 4. Main effects on Clearance Rate (L.h⁻¹)

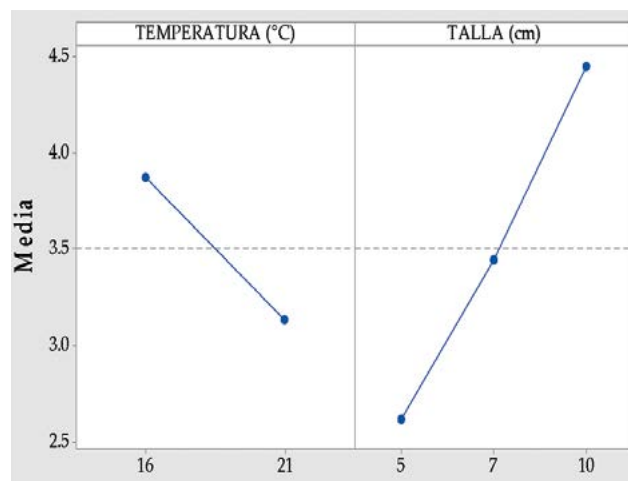


Figura 5.- Efecto principal para la Tasa de Ingestión (cel.h⁻¹)
 Figure 5. Main effect on Ingestion Rate (cell.h⁻¹)

4. DISCUSIÓN

La alimentación en organismos filtradores ha sido evaluada y estudiada por diversos investigadores con estudios enfocados a su influencia sobre el desarrollo fisiológico, en relación con factores endógenos y exógenos (BAYNE, 1976; JORGENSEN, 1988; SHUMWAY, 1991; MAEDA-MARTÍNEZ *et al.*, 2001; entre otros). Al respecto, el incremento de temperatura en la mayoría de especies incrementa el proceso fisiológico, caso que no sucede con la especie *Ensis macha* cuyo proceso fisiológico se ve afectado al incremento de la temperatura, en este estudio se ha llegado a demostrar que la especie tiene mayor actividad fisiológica a temperaturas de 16 °C que a 21 °C.

En el presente trabajo, se ha realizado un estudio integral sobre los factores de temperatura y talla y su influencia en la tasa de aclaramiento e ingestión de la concha navaja *E. macha* demostrándose que a 21 °C, la tasa de aclaramiento e ingestión disminuye, sin embargo a 16 °C la tasa de aclaramiento e ingestión es mayor, en cuanto al tamaño de los ejemplares y su influencia en la TA y TI se ha determinado que los ejemplares con longitud promedio de $5,32 \pm 0,16$ cm, la TA y TI en los dos niveles de temperaturas comparadas fueron similares en ambos tratamientos, sin embargo en ejemplares con longitudes de $7,60 \pm 0,14$ y $10,53 \pm 0,12$ cm la TA y TI fue menor en los ejemplares tratados a temperatura de 21 °C.

4. DISCUSSION

Several researchers have evaluated and studied feeding in filter-feeding organisms (BAYNE, 1976; JORGENSEN, 1988; SHUMWAY, 1991; MAEDA-MARTÍNEZ *et al.*, 2001; among others) with studies focused on its influence on the physiological development, of endogenous and exogenous factors. In this regard, the higher temperature in most species increases the physiological process, but this does not occur with *Ensis macha*, whose physiological process is affected by the increase in temperature. In our study, it has been demonstrated that the species has greater physiological activity at temperatures of 16 °C than at 21 °C.

We conducted a comprehensive study on the factors of temperature and size and their influence on the clearance and ingestion rates of razor clams *E. macha*, showing that at 21 °C, the clearance and ingestion rate decreases. However, at 16 °C, the clearance and ingestion rates are higher, as for the size of the specimens, and its influence on the CR and IR. It has been determined that in specimens with a mean length of 5.32 ± 0.16 cm, the CR and IR in the two temperature levels compared were similar in both treatments, but in specimens with lengths of 7.60 ± 0.14 and 10.53 ± 0.12 cm, the CR and IR were lower in specimens treated at a temperature of 21 °C.

SHUMWAY *et al.* (1985) determinaron la TA en seis especies de bivalvos, entre ellos *Ensis directus*, utilizando el método indirecto (RIISGARD, 2001), que se basa en la medición del descenso de partículas que se produce en el tanque debido a la filtración efectuada por el bivalvo, la tasa que se obtuvo fue de $0,084 \pm 0,053 \text{ L.h}^{-1}$ a temperatura de $12 \text{ }^\circ\text{C}$. En nuestro estudio, trabajando con *Ensis macha* se determinó la tasa de aclaramiento utilizando la fórmula descrita por CONOVER & HUNTLEY (1980), obteniendo una TA de $0,665 \text{ L.h}^{-1}$ y una tasa de ingestión de $5,15 \times 10^5 \text{ cel.h}^{-1}$ a $16 \text{ }^\circ\text{C}$ en ejemplares con longitud promedio de $10,53 \pm 0,12 \text{ cm}$, MIRANDA y BLANCO (2002) en su estudio midieron la tasa de aclaramiento en *E. siliqua* utilizando el método indirecto, obtuvieron una TA media de $1,1 \pm 0,3 \text{ L.h}^{-1}$ medida a una temperatura de $16 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ y DE VILLIERS *et al.* (1988, 1993) trabajando con *Solen cylindraceus*, obtuvieron TA de $1,16 \text{ L.h}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y $1,09 \text{ L.h}^{-1}$ a $15 \text{ }^\circ\text{C}$. WINTER (1978), menciona que la tasa de filtración está influenciada por la temperatura, aumenta al aumentar la temperatura hasta llegar a un óptimo, si se supera este óptimo la tasa de filtración desciende drásticamente aspecto que se ha visto en el trabajo desarrollado, donde la tasa de aclaramiento e ingestión fue de $0,665 \text{ L.h}^{-1}$ y $5,15 \times 10^5 \text{ cel.h}^{-1}$ a $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y disminuyendo este valor a temperatura de $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. CONCLUSIONES

La tasa de aclaramiento e ingestión en la especie presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) de acuerdo a la variable temperatura, a $16 \text{ }^\circ\text{C}$ se registró el mayor valor de TA $0,403 \text{ L.h}^{-1}$ y de TI de $3,87 \times 10^5 \text{ cel.h}^{-1}$ y en relación a los grupos de tallas los ejemplares de mayor tamaño $10,53 \pm 0,12 \text{ cm}$ fueron los que presentaron los valores más alto de TA y TI, respectivamente en relación a los grupos de menor talla.

La tasa de aclaramiento e ingestión en especies de bivalvos es fundamental porque permite determinar la carga máxima de especies a cultivar en un determinado ecosistema sin que esta genere un impacto en el medio ambiente y de esta manera desarrollar una acuicultura sostenible.

La tasa de aclaramiento e ingestión es importante conocer cuando se cultiva *E. macha* porque la

SHUMWAY *et al.* (1985) determined the CR in six bivalve species, including *Ensis directus*, using the indirect method (RIISGARD, 2001), which is based on the measurement of the decrease of particles produced in the tank due to the filtration carried out by the bivalve, the rate obtained was $0.084 \pm 0.053 \text{ L.h}^{-1}$ at a temperature of $12 \text{ }^\circ\text{C}$. In our study with *Ensis macha*, the clearance rate was determined using the formula described by CONOVER & HUNTLEY (1980), resulting in a CR of 0.665 L.h^{-1} and an ingestion rate of $5.15 \times 10^5 \text{ cel.h}^{-1}$ at $16 \text{ }^\circ\text{C}$ in specimens with a mean length of $10.53 \pm 0.12 \text{ cm}$. MIRANDA & BLANCO (2002) measured in their study the clearance rate in *E. siliqua* using the indirect method and obtained a mean CR of $1.1 \pm 0.3 \text{ L.h}^{-1}$ measured at a temperature of $16 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ and DE VILLIERS *et al.* (1988, 1993) working with *Solen cylindraceus*, obtained CR of 1.16 L.h^{-1} at $25 \text{ }^\circ\text{C}$ and 1.09 L.h^{-1} at $15 \text{ }^\circ\text{C}$. WINTER (1978), mentions that the temperature influences the filtration rate, which increases with increasing temperature until it reaches an optimum. If this optimum is exceeded, the filtration rate drops drastically, an aspect that has been seen in our work where the clearance and ingestion rates were 0.665 L.h^{-1} and $5.15 \times 10^5 \text{ cell.h}^{-1}$ at $16 \text{ }^\circ\text{C}$ but these values decreased at $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. CONCLUSIONS

The clearance and ingestion rates in the species showed significant differences ($p < 0.05$). At $16 \text{ }^\circ\text{C}$, the highest values of CR (0.403 L.h^{-1}) and IR ($3.87 \times 10^5 \text{ cell.h}^{-1}$) were recorded, and about the size groups, the largest specimens ($10.53 \pm 0.12 \text{ cm}$) showed the highest values of CR and IR, respectively, in relation to the smallest size groups.

In bivalves, the clearance and ingestion rates are essential to determine the maximum load of species to be cultured in a given ecosystem without impacting the environment, thus allowing the development of sustainable aquaculture.

When culturing *E. macha*, it is important to know the clearance and ingestion rates because the growth and weight of the species depend on the number of microalgae particles

cantidad de partículas de microalgas que retiene y el gasto energético que realiza para obtenerla, se ve reflejada en el crecimiento y peso, la tasa de aclaramiento e ingestión depende mucho de la temperatura con el que se esté realizando el cultivo.

La concha de navaja tiene mayor velocidad de filtración a temperaturas bajas (16 °C) que a temperaturas altas (21 °C).

retained by the species and the energy expended to obtain them. The clearance and ingestion rates of the species depend a lot on the temperature at which the culture is being carried out.

Razor clam has a higher filtration rate at low temperatures (16 °C) than at high temperatures (21 °C).

6. REFERENCIAS

- ARAYA, P., POZO, A., AVENDAÑO, M., ESCRIBANO, R. (1993). Dinámica de alimentación de individuos *Argopecten purpuratus* (L.) en condiciones de laboratorio. Rev. Biol. Mar Valparaíso, 28, 313-329.
- BAYNE, B. L. (1976). Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University press. 505 pp.
- CONOVER, R., HUNTLEY, M. (1980). General rules of grazing in pelagic ecosystems. In: Primary productivity in the sea. Falkowsky (Ed.) Plenum Press, New York, pp. 461-485.
- DE VILLIERS, C. J., ALLANSON, B. R. (1988). Efficiency of particle retention in *Solen cylindraceus* (Hanley) (Mollusca: Bivalvia). Est Coast Shelf Sci., 26, 421 – 428.
- DE VILLIERS, C. J., HOGDSON, A. N. (1993). The filtration and feeding physiology of the infaunal estuarine bivalve *Solen cylindraceus* Hanley, 1843. J. Exp. Biol. Mar. Ecol., 167, 127 – 142.
- DIONISIO, J., FLORES, J. (2015). Efecto de la temperatura en respuestas fisiológicas de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*. Revista peruana de Biología, 22(3), 329-334.
- FREITES, L., VERA, B., LODEIRO, C., VÉLEZ, A. (1995). Efecto de la densidad sobre el crecimiento y la producción secundaria de juveniles de *Euvola (Pecten) ziczac*, bajo condiciones de cultivo suspendido. Cienc. Mar., 21(4), 361-372.
- GANOZA, F., SALAZAR, C., BERRÚ, P., GONZALES, R., RAMÍREZ, A., HUAMANÍ, C. (2014). Alternativas para la extracción de concha navaja (*Ensis macha*) en Tamborero-Huarmey. Inf Inst Mar Perú. 41, 105-119.
- JORGENSEN, C. B. (1988). The bivalve pump: properties and modeling. Mar Ecol. Prog. Ser. 34, 69-77 pp.
- LODEIROS, C., RENGEL, J., FREITES, L., MORALES, F., HILMELMAN, J. (1998). Growth and survival of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* maintained in suspended culture at three depths. Aquaculture, 165, 41-50.
- LÓPEZ, J. (2003). Tasa de filtración y aclaramiento en la almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus* Sowerby, 1835) a dos tallas, en función de la temperatura y cantidad del alimento. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias. Centro de investigaciones biológicas del noroeste.
- MAEDA – MARTÍNEZ, A. N., LOMBEIDA, P., FREITES, L., LODEIROS C., SICARD, M. T. (2001). Cultivo de pectínidos en fondo y en estanque. En: Maeda – Martínez A N. (ed). Los Moluscos Pectínidos de Ibero – América. Ciencia y Acuicultura. Limusa México. Cap. 11, 213 – 231 pp.
- MIRANDA, M., BLANCO, J. (2002). Eficiencia de retención y tasa de aclaramiento en *Ensis siliqua*. Memoria presentada para la obtención de la suficiencia investigadora por la Universidad de Santiago de Compostela.
- NAVARRO, J. (2001). Fisiología energética de los pectínidos iberoamericanos. 61-76. En: Maeda-Martínez, A. N. (Ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Editorial Limusa, México D.F. 501 p.
- RIISGARD, H.U. (2001). On measurement of filtration rates in bivalves – the stony road to reliable data: review and interpretation. Mar. Ecol. Prog. Ser., 211, 275 – 291.
- ROMÁN, G., MARTÍNEZ, G., GARCÍA, O., FREITES, L. (2001). Reproducción. 27-59. En: Maeda-Martínez, A. N. (Ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Editorial Limusa, Balderas, México. 501 p.
- SABEN, K. P. (1982). The limits to indeterminate growth: an optimal size model applied to passive suspension feeders. Ecology, 63, 209-222.
- SHUMWAY, S. E. (1991). Scallops: Biology, Ecology, and Aquaculture. Elsevier Science Publishers B. V. New York, USA. 1095 pp.
- SHUMWAY, S. E., CUCCI, T. L., NEWELL, R. C., YENTSCH, C. M. (1985). Particle selection, ingestion, and absorption in filter – feeding bivalves. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 91, 77 – 92.
- SICARD, M. T., MAEDA-MARTÍNEZ, A. N., ORMART, P., REYNOSO-GRANADOS, T., CARVALHO, L. (1999). Optimum temperature for growth in the catarina scallop (*Argopecten ventricosus-circularis*, Sowerby II, 1842). J. Shellfish Res. 18, 385-392.
- TAM, J., VERA, G., PINTO, E., SÁNCHEZ, G. (2001). Procedimiento Estandarizado de Operación: método de determinación de la tasa de ingestión de organismos filtradores (PEO-IMP-TI-001). Informe Progresivo Inst Mar Perú, 153, 3-18.
- WIDDOWS, J. (1985). Physiological procedures. In: The Effects of Stress and Pollutions on Marine Animals (Ed. By B.L. Bayne). 161–178 pp.
- WINTER, J.E. (1978). A review on the knowledge of suspension – feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. Aquaculture, 13, 1 – 33.