

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGIA
EN ACUICULTURA**



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto de la profundidad en el crecimiento y supervivencia de juveniles de “pepino de mar” *Patallus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) en sistema suspendido, en la Bahía de Samanco (Ancash, Perú)

**Tesistas : Bach. Glenda Betzabeth Peña Gonzales
Bach. Javier Ángel Dionicio Ramírez**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO
ACUICULTOR**

Asesor : Mg. Blg^o. Eleuterio Lucio Encomendero Yépez

Co-asesor : Blg^o. Acui^o. Juan Miguel Carhuapoma Garay

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGIA
EN ACUICULTURA**



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto de la profundidad en el crecimiento y supervivencia de juveniles de “pepino de mar” *Patallus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) en sistema suspendido, en la Bahía de Samanco (Ancash, Perú)

**Tesistas : Bach. Glenda Betzabeth Peña Gonzales
Bach. Javier Ángel Dionicio Ramírez**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO
ACUICULTOR**

Revisado y aprobado por el asesor y co-asesor de tesis

Mg. Blg^o. Eleuterio Encomendero Yépez
Asesor

Blg^o. Acui^o. Juan Carhuapoma Garay
Co-asesor

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGIA
EN ACUICULTURA**



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto de la profundidad en el crecimiento y supervivencia de juveniles de “pepino de mar” *Patallus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) en sistema suspendido, en la Bahía de Samanco (Ancash, Perú)

**Tesistas : Bach. Glenda Betzabeth Peña Gonzales
Bach. Javier Ángel Dionicio Ramírez**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO
ACUICULTOR**

Aprobado por unanimidad, con el calificativo de excelente por el jurado evaluador

Dr. Luis Campoverde Vigo
Presidente

MSc. Rómulo Loayza Aguilar
Secretario

Mg. Eleuterio Encomendero Yépez
Integrante

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2018**

DEDICATORIA

A mi DIOS, porque gracias a ÉL, todo es posible, y porque siempre me ayuda a pesar que a veces me olvide de ÉL, yo siempre estoy presente en su corazón

A mis PADRES por creer en mí, porque todo esto es por ellos; a mi hermosa familia por estar presente en ellos; y a mi pequeña familia que son mis hijos y mi esposo, que siempre están conmigo en las buenas y en las malas, los amo.

Peña Gonzales Glenda Betzabeth

A DIOS por darme fuerzas para lograr mis metas y por bendecir a mi familia, porque sin ÉL no podría realizar mis objetivos.

A mis padres, por enseñarme a ser una gran persona. A mis hermanos por apoyarme y estar siempre conmigo.

A mi esposa GLENDA, por ser amable, y perseverante. Por brindarme su amor y estar unidos y fortalecidos como familia; y a mi hija DIANDRA, por ser el motivo a esforzarme para seguir adelante.

Dionicio Ramírez Javier Ángel

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor Mg. Blg^o. Eleuterio Lucio Encomendero Yépez, por su apoyo, por su rectitud en su profesión como docente, por sus conocimientos y consejos, que nos ayuda a formarnos como persona e investigador.

De igual modo a nuestro co-asesor Blg^o. Acui^o. Juan Carhuapoma Garay, por brindarnos su conocimiento y apoyo durante nuestra vida universitaria como docente.

También agradecer a nuestros profesores de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura por sus consejos, enseñanzas y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

Gracias a las biólogas Kelly Ramos, Tatiana Ramón y Juana Olivera, por habernos brindado su apoyo incondicional durante la ejecución de nuestro proyecto.

A la Sra. Gabriela Chinchay, secretaria de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura, por su amistad y gran apoyo con nuestra documentación para poder realizar nuestra Tesis.

A nuestros amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, Jhonatan Ríos, Brander Uriarte, Jhondy Cantaro, Patricia Agapito, Susan Salirosas, Aurora Pasapera a nuestro amigo Julio Cesar Arica por darnos su consejo y apoyo en todo momento, y a todos aquellos que formaron parte en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III-IV
ÍNDICE DE FIGURA.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE NEXO.....	VII-VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	IX
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo General.....	3
1.1.2 Objetivos Específicos.....	3
1.2 HIPOTESIS.....	4
II. MATERIALES Y METODOS.....	4
2.1 OBJETO DE ESTUDIO.....	4
2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	5
2.2.1 Descripción de las estructuras de cultivo.....	5
Obtención de los juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	5
Transporte y siembra de los juveniles “pepino de mar” <i>P. mollis</i> al área de cultivo.....	5
Cultivo de los juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	6
Muestreo y obtención de datos de los juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	7
Determinación de parámetros ambientales.....	7
2.2.2 Procesamiento de datos.....	7
Incremento en peso (quincenal).....	7
Porcentaje de supervivencia (%S).....	8

Análisis estadístico.....	8
III. RESULTADO.....	9
3.1 Talla y peso de juveniles de “Pepino de Mar” <i>P. mollis</i> al inicio del cultivo.....	9
3.2 Crecimiento en talla y peso de juveniles “Pepino de Mar” de <i>P. mollis</i>	10
3.2.1 Correlación, entre la talla y peso de los tratamientos de 3 m y 6 m.....	11
3.3 Determinación de la supervivencia de juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	11
3.4 Parámetros Oceanográficos.....	12
3.5 Comparación de medias de peso, talla y supervivencia entre tratamientos de 3 m y 6 m , mediante la prueba t-student.....	15
IV DISCUSION.....	16
V CONCLUSIONES.....	19
VI RECOMENDACIONES.....	20
VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	21
VIII ANEXOS.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación geográfica de la bahía de Samanco (Chimbote, Perú) y concesión marina de cultivo de la empresa INTERCOLD S.A.C. en la playa “El Dorado”, bahía de Samanco (Ancash, Perú).....	6
Figura 2.- Bandeja con los organismos juveniles de <i>P. mollis</i> para la siembra.....	8
Figura 3.- Coolers conteniendo las bandejas del proyecto listos para ser transportados.....	8
Figura 4.- Bandejas instaladas en los sistemas de cultivo suspendido (linternas L9) de la “concha de abanico” <i>Argopecten purpuratus</i>	8
Figura 5.- Variación del crecimiento promedio en talla (mm), de juveniles de <i>P. mollis</i> , en cultivo suspendido a 3, 6 y 9 m de profundidad.....	12
Figura 6: Variación del crecimiento promedio en peso (mg), de juveniles de <i>P. mollis</i> , en cultivo suspendido a 3, 6 y 9 m de profundidad.....	12
Figura 7: Supervivencia absoluta de juveniles de <i>P. mollis</i> de los tres tratamientos.....	13
Figura 8: Supervivencia en porcentaje promedio de juveniles de <i>P. mollis</i> de los tres tratamientos.....	14
Figura 9: Variación de la temperatura de los tres tratamientos.....	15
Figura 10: Variación del oxígeno disuelto promedio de los tres tratamientos.....	15
Figura 11: Variación de la salinidad promedio de los tres tratamientos.....	16
Figura 12: Variación del pH promedio de los tres tratamientos.....	16
Figura 13: Variación de la transparencia promedio de los tres tratamientos.....	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Diseño experimental empleado en el cultivo de <i>P mollis</i> bajo sistema suspendido en la bahía de Samanco (Ancash, Perú).....	7
Tabla 2.- Promedio inicial y final de crecimiento en talla (mm) y peso (mg) incremento en peso, velocidad de crecimiento y biomasa, desde el inicio hasta el final de cultivo de juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	11
Tabla 3.- Comparación de medias en peso (mg), tallas (mm) y supervivencia entre tratamientos de 3 m y 6 m de profundidad.....	17

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Obtención, acondicionamiento y desove de reproductores de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	30
Anexo 2: Fertilización, desarrollo embrionario y larval de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	31
Anexo 3: Desarrollo de estadio juvenil de “pepino de mar” <i>P. mollis</i> ,	31
Anexo 4: Transporte y sembrado de juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	32
Anexo 5: Monitoreo semanal de los sistemas de cultivo y extracción de muestras para toma de datos (talla, peso y supervivencia) de juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	33
Anexo 6: Tabla del promedio en talla (mm), peso (mg) y desviación estándar de juveniles de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	34
Anexo 7: Prueba de normalidad para la talla de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	35
Anexo 8: Prueba de normalidad para el peso de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	35
Anexo 09: Tabla de Promedios quincenales de la talla (mm) y peso (mg) de juveniles de pepino de mar <i>P. mollis</i> , en cultivo de sistemas suspendidos a profundidades de 3, 6 y 9 m.....	36
Anexo 10: Tabla de supervivencia en cantidad de los organismos de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	36
Anexo 11: Tabla de supervivencia en porcentaje de los organismos de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	36
Anexo 12: Prueba de normalidad para el oxígeno en el cultivo de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	37
Anexo 13: Prueba de normalidad para la temperatura en el cultivo de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	37
Anexo 14: Tabla de variación de los parámetros físico-químico de los tres tratamientos en el cultivo de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	38

Anexo 15: Tabla de relación de la supervivencia con la temperatura y Oxígeno.....	39
Anexo 16: Tabla de peso promedio, oxígeno y temperatura del tratamiento de 3 m en el cultivo de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	39
Anexo 17: Tabla del peso promedio, oxígeno y temperatura del tratamiento de 6 m en el cultivo de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	40
Anexo 18: Tabla del peso promedio, oxígeno y temperatura del tratamiento de 9 m en el cultivo de “pepino de mar” <i>P. mollis</i>	40

RESUMEN

A través de este trabajo se evaluó el efecto de la profundidad en el crecimiento en peso, longitud y la supervivencia de juveniles de “pepino de mar” *Patallus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) en sistema suspendido, realizado en la concesión de la Empresa INTERCOLD S.A.C. en la bahía de Samanco (Ancash, Perú).

Para el cultivo de los juveniles de pepino de mar se usó el mismo sistema de cultivo intermedio (linternas L9) de la “concha de abanico” *Argopecten purpuratus*; se emplearon tres tratamientos (3, 6 y 9 m de profundidad), con dos repeticiones cada uno. Los juveniles de *P. mollis*, con 5.17 mm y 3.65 mg en promedio, se transportaron al mar en bandejas con 2 l de agua de mar.

En 70 días de cultivo, los resultados mostraron que el tratamiento de 3 metros de profundidad obtuvo mayor crecimiento en talla (31.5 mm) y peso (340.5 mg) y un porcentaje de supervivencia de 42.5%, siendo menor y nula para el tratamiento de 6 y 9 m de profundidad respectivamente.

Palabras claves: *P. mollis*, pepinos juveniles, crecimiento, supervivencia, sistema suspendido.

ABSTRACT

Through this work we evaluated the effect of depth on growth in weight, length and survival of juvenile "sea cucumber" *Patallus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) in suspended system, made in the concession of the company INTERCOLD S.A.C. in the bay of Samanco (Ancash, Peru).

For the culture of juvenile sea cucumber, the same intermediate culture system (L9 lanterns) of the "fan shell" *Argopecten purpuratus* was used; Three treatments were used (3, 6 and 9 m deep), with two repetitions each. The juveniles of *P. mollis*, with 5.17 mm and 3.65 mg on average, were transported to the sea in trays with 2 l of seawater.

In 70 days of culture, the results showed that the treatment of 3 meters of depth obtained greater growth in size (31.5 mm) and weight (340.5 mg) and a survival percentage of 42.5%, being lower and zero for the treatment of 6 and 9 m deep respectively.

Keywords: *P. mollis*, juvenile cucumbers, growth, survival, suspended system.

I. INTRODUCCION

Los holoturoideos conocidos como pepinos de mar, en el Perú están representados por aproximadamente 74 especies y la gran mayoría de estas corresponden a especies de zonas someras (Solís-Marín *et al.*, 2012; Hooker *et al.*, 2013).

Clark (1910) registró algunas especies de pepinos en el mar territorial peruano como *Stichopus fuscus* (= *Isostichopus fuscus*), *Holothuria chilensis*, *Phyllophorus peruvianus* (= *Pattalus mollis*), *Cucumaria leonina* (= *Pseudocnus dubiosus*), *Colochirus peruanus* (= *Trachythyone peruana*) y *Thyone gibber* (= *Neothyone gibber*). Ahora se conoce que estos organismos habitan desde las zonas intermareales (Billett, 1991) hasta los 61 m y pueden llegar a formar hasta el 90% de la biomasa de la mega fauna en el ecosistema (Hendler *et al.*, 1995). En general el “pepino de mar” habita en diferentes biotopos en todas latitudes, a una profundidad promedio de 33 m sobre sustratos rocosos, duros o blandos, y se desarrollan a temperaturas desde 18 hasta los 30 °C (Kerstitch, 1989).

Con respecto al hábitat, Solís-Marín *et al.* (2012), estudiaron las preferencias del hábitat de *Holothuria inornata* (Semper, 1868), y encontraron que la población con una densidad de 104 org. / m², prefiere la interfase roca-arena a profundidades de 3 hasta los 10 m; y consideran que son organismos sedentarios con cierto grado de migración para algunas especies (Hamel & Mercier, 1996; Reichenbach, 1999 y Hamel *et al.*, 2001).

Hendler *et al.* (1995) y Uthicke (2001), sostienen que los pepinos de mar desempeñan un papel ecológico importante como modificadores del sustrato, porque al ingerir sedimentos, modifican su composición y reciclan la materia orgánica; conformados por macro y micro algas, zooplancton y larvas de moluscos FAO (1986).

Bravo & Poma (2013), afirman que los holotúridos ingieren microalgas como *Coscinodiscus perforatus*, *C. centralis*, *C. radiatus*, *Dictyocha fibula*, *D. octonaria*, *Eucampia zodiacus*, *Leptocylindrus danicus* y *Navicula sp.*, zooplancton como larvas de moluscos, Larvas de gasterópodos, larvas de mitílidos y nauplios decápodos y las macroalgas como *Caulerpa filiformes*, *Codium sp.*, *Gelidium sp.* y *Gracilaria sp.*

En lo referente a la reproducción, en la mayoría de las especies de holotúridos implica la liberación de gametos en el agua, fertilización externa y larva auricularia (Hendler *et al.*, 1995; Ruppert & Barnes, 1996). En general sobre el desarrollo embrionario y larval de algunas especies de pepinos de mar como *Isostichopus fuscus*, *Athyonidium chilensis*, *Isostichopus badionotus*, *Holothuria tubulosa*, *Parastichopus parvimensis*, *Holothuria scabra*, han sido bien documentadas (Cameron & Fankboner, 1989; Hamel, J. F. & A. Mercier, 1996; Asha & Muthiah 2002; Battaglione *et al.*, 2002; Asha & Muthiah, 2005; Laxminarayana, 2005).

La mayoría de las especies de pepino de mar que se han estudiado pertenecen al Orden Aspidochirotidae, los que producen una larva auricularia (etapa planctónica), a partir de

huevos lecitotróficos, antes del asentamiento en la etapa pentáctula (Sewell & McEuen, 2002); pero también se conoce el desarrollo embrionario de otras especies de pepino de mar (Guisado *et al.*, 2012), que presentan la larva vitellaria, como en *Athyonidium chilensis*. En general, a partir de los 7 días los tentáculos bucales sobresalen completamente y los utilizan para la alimentación y la locomoción, y entran en fase de pentáctula capaces de la alimentación activa de microalgas asociadas con el sedimento (Costelloe, 1988; Hamel & Mercier, 1996).

Con relación al manejo de los pepinos de mar, Rodríguez-Serna *et al.* (2012), diseñaron un sistema de recirculación para *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*, con una temperatura controlada a 22° C y la salinidad a 34‰ según lo sugerido por la FAO (2004). Y teniendo en cuenta que son organismos de fondo, manejaron una densidad de 10 organismos/m², y les suministraron alimento directamente en la arena (*spirulina*, harina de trigo y alimento balanceado) a razón del 10% del peso corporal, llegando a obtener al final del experimento (150 días) 19 % de supervivencia para *Isostichopus badionotus*, en contraste en *Holothuria floridana* se obtuvo 66,7 % de supervivencia; el crecimiento para ambas especies resultó negativo.

Mantelli (2011), respecto al consumo mundial de pepinos de mar, sostiene que éste se concentra fuertemente en Asia, siendo Hong Kong el mayor importador a nivel mundial, en tanto la demanda de pepinos de mar en mercados asiáticos asciende a 8.008 toneladas al año, y en los últimos años ha registrado en promedio un incremento de aproximadamente 700 toneladas anuales, siendo los principales consumidores China, Japón, Corea, Malasia y Tailandia.

Por otro lado, los pepinos de mar han sido consumidos por los chinos y otros asiáticos por siglos, debido a sus propiedades medicinales y alimenticias (Conand, 1990). La población asiática consumen pepino de mar porque creen que ayudan a reducir el dolor en las articulaciones y la artritis, corrigen la función intestinal y urinaria, refuerzan el sistema inmunológico y puede tratar ciertos tipos de cáncer (Chen, 2004). Así mismo, son usados en Malasia en una gran variedad de productos que incluyen gelatinas orales, cremas corporales, shampoo y pastas de dientes (Choo, 2008).

La pesca y cultivo del pepino de mar en hapas (jaulas sin marco) y corrales en Asia data desde el siglo XVI, donde desde aquellas épocas ya era procesado y secado para su conservación (Toral-Granda, 2008); en tanto Mantelli (2011), indica que en Chile, las actividades de captura del pepino de mar comenzaron en 1992, enfocándose principalmente en *Athyonidium chilensis*, no existiendo información acerca de *P. mollis*.

Un estudio sobre la composición de la biodiversidad bentónica en la costa del Perú (Callao) en el 2011, arrojó un porcentaje de 15,6% para *P. mollis* de la población total muestreada, 19,3% de *A. purpuratus* y 29,5% *Stramonita chocolate*, indicando el gran potencial para la extracción de este organismo de manera controlada (IMARPE, 2012).

Un aspecto preocupante en el Perú, es que la extracción del pepino de mar no tiene un marco legal regulatorio, por tanto en la actualidad no está siendo registrada ni controlada. En Ancash, la Dirección Regional de Producción (DIREPRO – Chimbote), a través de la Oficina de Pesca Artesanal solo registra algunos datos estadísticos de la extracción de este recurso. Por ejemplo, IMARPE, (2013), reporta que en el año 2007 la extracción fue de 2,334 toneladas y, a julio del año 2008 se había registrado una captura de 3,399 toneladas, en los puertos de Chimbote, Dorado, Samanco, Culebras y Casma.

Dado el interés y el valor comercial de pepinos de mar, se ha empezado a cultivar diferentes especies como *Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana* en México. En este contexto la profundidad de cultivo es un factor preponderante, ya que los factores ambientales como la temperatura, salinidad, oxígeno y disponibilidad de alimento, varían con el aumento de la misma, causando efectos en el crecimiento, supervivencia y reproducción en algunos organismos marinos (Farías, 2001; Acosta *et al.*, 2009). Se establece una relación inversa entre la profundidad y la cantidad de fitoplancton y zooplancton (Gálvez *et al.*, 2005). Por otro lado, Alcázar & Mendo (2008), observaron que el crecimiento de *A. purpuratus* tiene una relación inversa con la profundidad obteniendo mayores tallas (24.5 mm en 60 días) a 3 m de profundidad, pudiendo ocurrir algo similar con *P. mollis*.

En la investigación bibliográfica sí hay información sobre ensayos para el cultivo de algunas especies de pepino de mar, mas no de *P. mollis*; sin embargo dado el valor que tiene en el mercado, y que la extracción no es una actividad sostenible, es importante emprender ensayos orientados a promover su cultivo, probando para ello los parámetros de crecimiento y supervivencia de juveniles de *P. mollis*; para establecer el cultivo de *P. mollis* se plantea el siguiente problema de investigación ¿Cuál será el efecto de la profundidad en el crecimiento y supervivencia de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) en sistema suspendido, en la bahía de Samanco (Ancash, Perú)?

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Evaluar el cultivo de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) en sistema suspendido, en la bahía de Samanco (Ancash, Perú).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el crecimiento, en peso y longitud de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis* bajo cultivo suspendido a profundidades de 3, 6, y 9 m, en la bahía de Samanco.

- Determinar la supervivencia de juveniles de *P. mollis* “pepino de mar” bajo cultivo suspendido a profundidades de 3, 6, y 9 m, en la bahía de Samanco.

1.2. HIPÓTESIS

Si, en la bahía de Samanco se cultivan juveniles de *P. mollis* en sistema suspendido a profundidades de 3, 6, y 9 m entonces a la profundidad de 6 m se logrará el mejor crecimiento y supervivencia de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis*, debido a la presencia de alimento y menor influencia del biofouling.

$$H_0^C: T_6 = T_3 = T_9$$

$$H_A^C: T_6 > T_3 = T_9$$

$$H_0^S: T_6 = T_3 = T_9$$

$$H_A^S: T_6 > T_3 = T_9$$

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. OBJETO DE ESTUDIO

El ensayo de cultivo suspendido se realizó en la concesión de la empresa INTERCOLD S.A.C. en la playa “El Dorado”, bahía de Samanco (Ancash, Perú), (Fig. 1) utilizando organismos juveniles de *P. mollis*, cultivados en linternas convencionales.

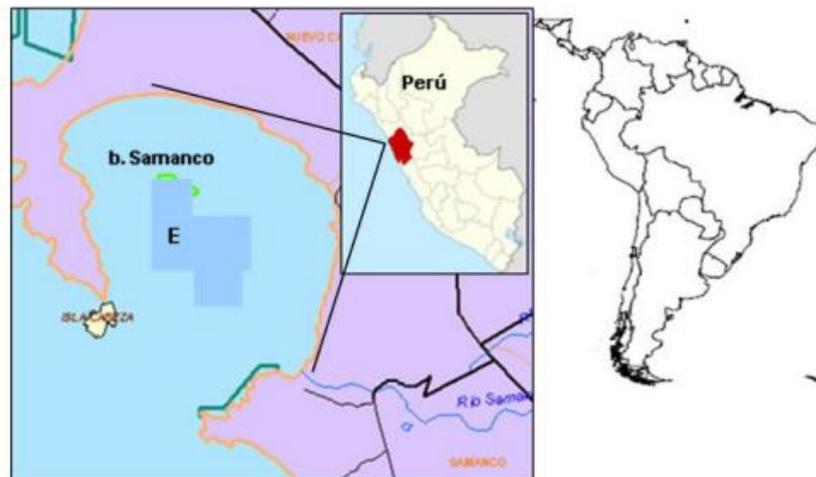


Fig. 1. Ubicación geográfica de la bahía de Samanco (Chimbote, Perú) y concesión marina de cultivo de la empresa INTERCOLD S.A.C. en la playa “El Dorado”, bahía de Samanco (Ancash, Perú).

2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue de tipo estímulo creciente, y se emplearon tres tratamientos (T_1 , T_2 , T_3), cada uno con dos repeticiones (r_1 , r_2) respectivamente (tabla 1). En cada unidad experimental se colocaron 40 juveniles de *P. mollis*.

Tabla 1. Diseño experimental empleado en el cultivo de *P. mollis* bajo sistema suspendido en la bahía de Samanco (Ancash, Perú).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	PROFUNDIDAD (m)
T_1	r_1, r_2	3
T_2	r_1, r_2	6
T_3	r_1, r_2	9

2.2.1. Descripción de las estructuras de cultivo

➤ **Obtención de los juveniles de “pepino de mar” *P. mollis***

Los organismos procedieron del laboratorio de Acuicultura Marina de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa.

➤ **Transporte y siembra de los juveniles de “pepino de mar” *P. mollis* al área de cultivo**

Inmediatamente después de obtener los juveniles de *P. mollis*, se distribuyeron al azar 40 organismos contenidos en una bandeja de plástico de 35 x 25 x 7 cm para las dos repeticiones de cada tratamiento, y de este modo fueron transportados en sus respectivos bandejas, con 2L de agua de mar, protegidos con una malla mosquitera, la cual se aseguró con la tapa de la misma bandeja. Previamente la tapa fue adecuada con dos aberturas grandes quedando solo el borde de la misma, a fin de permitir buena circulación del agua dentro de la bandeja (fig. 2).

El transporte se realizó en 2 coolers (3 bandejas en cada uno) (fig. 3) para evitar el incremento de temperatura durante el transporte. Los organismos sembrados tenían en talla promedio de 5.17 mm y en peso 3.65 mg (anexo 6).



Fig. 2. Bandeja con los organismos juveniles de *P. mollis* para la siembra.



Fig. 3. Coolers conteniendo las bandejas del proyecto listos para ser transportados.

➤ Cultivo de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis*

El área para el cultivo de los juveniles de *P. mollis* se ubicó en la concesión de la empresa INTERCOLD S.A.C., usando el mismo sistema de cultivo intermedio (linternas L9) de la “concha de abanico” *Argopecten purpuratus* (fig. 4), para lo cual se usaron 6 linternas, con una abertura de malla de 2cm, las cuales se suspendieron en la línea de cultivo a 3, 6, y 9 metros de profundidad. A cada linterna se le colocó un lastre con peso promedio de 1 kg en el último piso, para evitar el excesivo movimiento por las corrientes.



Fig. 4. Bandejas instaladas en los sistemas de cultivo suspendido (linternas L9) de la “concha de abanico” *Argopecten purpuratus*.

➤ **Muestreo de los juveniles de “pepino de mar” *P. mollis***

Los muestreos biométricos se realizaron cada 15 días, con una muestra al azar de 10 organismos por tratamiento a fin de evaluar el crecimiento en longitud y peso, y el conteo de organismos vivos; los cuales fueron devueltos al cultivo terminado el muestreo. Los datos de peso fueron obtenidos con una balanza digital analítica con $\pm 0,001$ g de sensibilidad. Así mismo los organismos se colocaron dentro de una placa petri con agua de mar para relajarlos (estirados) y evitar el estrés; la toma de datos de longitud se efectuó con papel milimetrado, y midiendo cada uno de los organismos desde la boca hasta la parte anal (longitud total), y finalmente se contaron directamente a los organismos encontrados.

➤ **Determinación de parámetros ambientales**

Se hizo un seguimiento semanal, con un Equipo Multiparametro YSI incorporated 556 MPS, de los parámetros físico-químico como temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, y con un disco Secchi se evaluó la transparencia. También personalmente se daba mantenimiento al sistema de cultivo para observar el asentamiento del biofouling, y permitir fluidez del agua dentro de las linternas.

2.2.2 Procesamiento de datos

Antes del traslado al mar se realizó un muestreo biométrico y los datos fueron sometidos a una prueba de normalidad y homogeneidad de varianza a fin de determinar la homogeneidad de la muestra.

Los datos se procesaron a través de las fórmulas descritas a continuación.

➤ **Incremento en peso (quincenal)**

$$IP = Pf - Pi$$

Dónde:

IP = incremento en peso

Pf = peso final

Pi = peso inicial

➤ **Porcentaje de supervivencia (%S)**

$$\%S = \frac{\text{N}^\circ \text{ organismos fin de cultivo}}{\text{N}^\circ \text{ organismos inicio de cultivo}} \times 100$$

➤ **Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la investigación de cada tratamiento, fue realizado a través de un análisis de varianza ANOVA, análisis de correlación, prueba de normalidad y t-student. Se usó un nivel de significancia del 5%.

III. RESULTADOS

3.1. Talla y peso de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis* al inicio del cultivo

El ensayo culminó a 70 días de cultivo. Los datos referentes a talla y peso que provienen de una población homogénea y con una desviación estándar de 2.01, indican mediante la prueba de normalidad que los parámetros de la muestra es normal (Anexo, 7 y 8). En la (tabla 2), se registran los datos de talla y peso de los organismos antes de la siembra hasta el final del cultivo, indicando que el tratamiento de 3 m de profundidad obtuvo mayor crecimiento, incremento en peso, velocidad de crecimiento y biomasa; luego el tratamiento de 6 m de profundidad obtuvo menor crecimiento. Con relación al tratamiento de 9 m de profundidad, durante el primer muestreo realizado en la primera semana, se observó que todos los organismos estaban muertos.

Tabla 2. Promedio inicial y final de crecimiento en talla (mm) y peso (mg) incremento en peso, velocidad de crecimiento y biomasa, desde el inicio hasta el final de cultivo de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis*

Parámetros	Estratos (m)	Promedio inicial	Promedio final	Incremento en talla/peso	Velocidad de crecimiento	Biomasa (mg)
Talla (mm)	3	5.2 ± 0.5	31.5 ± 0.5	26.3	0.45 (mmd ⁻¹)	
	6	5.2 ± 0.5	19.0 ± 0.5	13.8	0.53 (mmd ⁻¹)	
Peso (mg)	3	3.7 ± 0.5	340.5 ± 0.5	336.85	4.86 (mgd ⁻¹)	729.7
	6	3.7 ± 0.5	61.5 ± 0.5	57.85	1.71 (mgd ⁻¹)	103.7

d = días

3.2. Crecimiento en talla y peso de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis*

Los promedios quincenales de crecimiento en talla y peso, en los tratamientos de 3, 6 y 9 m. de profundidad, muestran que a 3 m de profundidad alcanzó mayor talla y peso, en comparación con el tratamiento de 6 m; también es notorio el incremento de talla y peso hasta el tercer muestreo (36 días) en los tratamientos de 3 y 6 m. Así mismo en el tratamiento de 9 m no se obtuvo datos debido a que todos los pepinos murieron antes del primer muestreo (fig. 5 y 6).

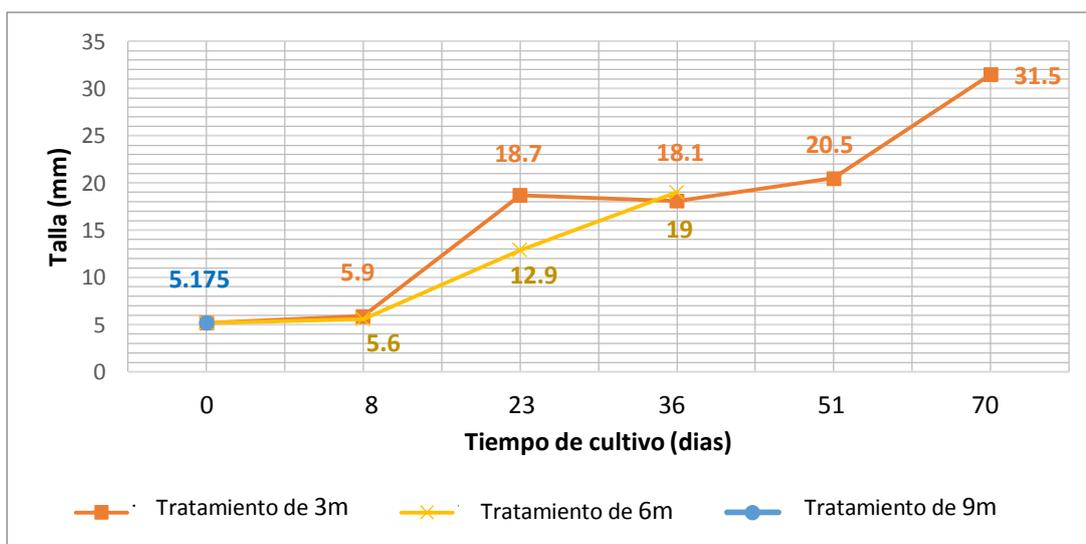


Fig. 5: Variación del crecimiento promedio en talla (mm), de juveniles de *P. mollis*, en cultivo suspendido a 3, 6 y 9 m de profundidad.

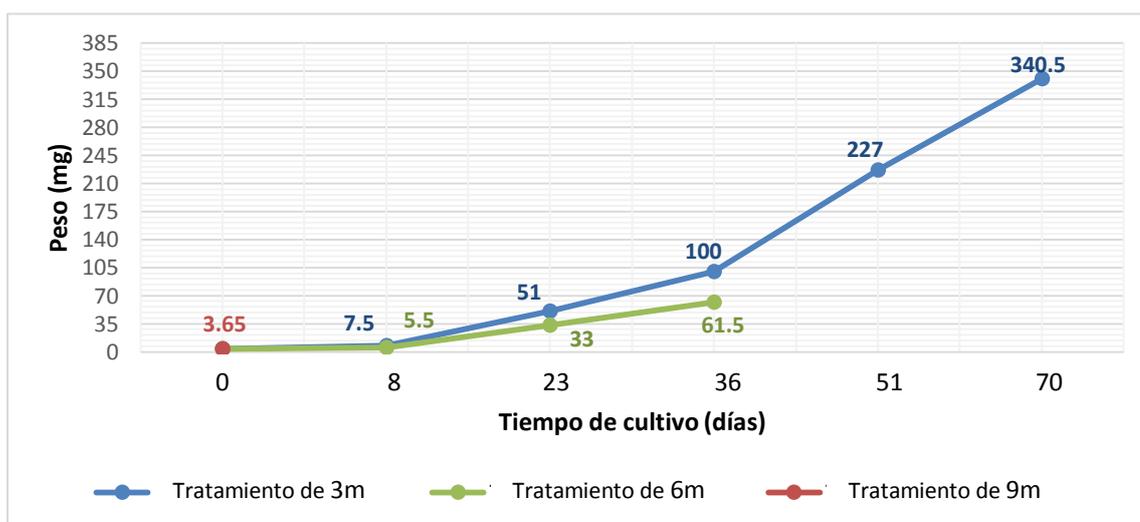


Fig. 6: Variación del crecimiento promedio en peso (mg), de juveniles de *P. mollis*, en cultivo suspendido a 3, 6 y 9 m de profundidad.

3.2.1. Correlación entre la talla y peso de los tratamientos de 3 y 6 m.

El análisis de correlación muestra que para los tratamientos a 3 y 6 m de profundidad, correlación positiva estadísticamente significativa en la tasa de crecimiento; con valores de 0.907 y 0.999 respectivamente.

3.3. Determinación de la supervivencia de juveniles de *P. mollis*

En la fig. 7, se observa la variación de la supervivencia de los tratamientos 3, 6, y 9 m representada en cantidad de organismos. En la (fig. 8), se muestra el promedio de la supervivencia en porcentaje, siendo el tratamiento de 3 m el que obtuvo mayor porcentaje con 42.5 % al final del cultivo (70 días), en comparación con los tratamientos de 6 m de profundidad, el porcentaje fue de 15.0 % ya que los organismos murieron a los 36 días de cultivo, y 0.0% para el tratamiento de 9 m de profundidad debido que los organismos se murieron antes de 8 días de cultivo. La supervivencia va disminuyendo, siendo mayor a 3 m y mínima a 9 m e intermedio en los 6 m de profundidad, tanto en valores absolutos (Fig. 7) como relativos (Fig. 8).

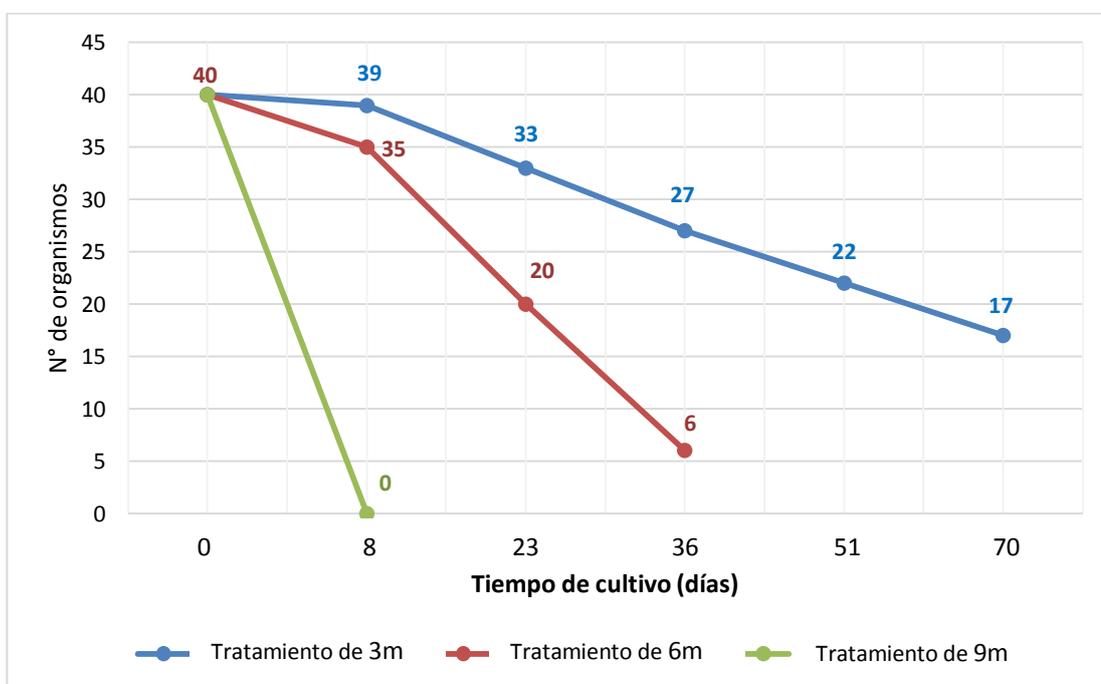


Fig. 7: Supervivencia absoluta de juveniles de *P. mollis* de los tres tratamientos.

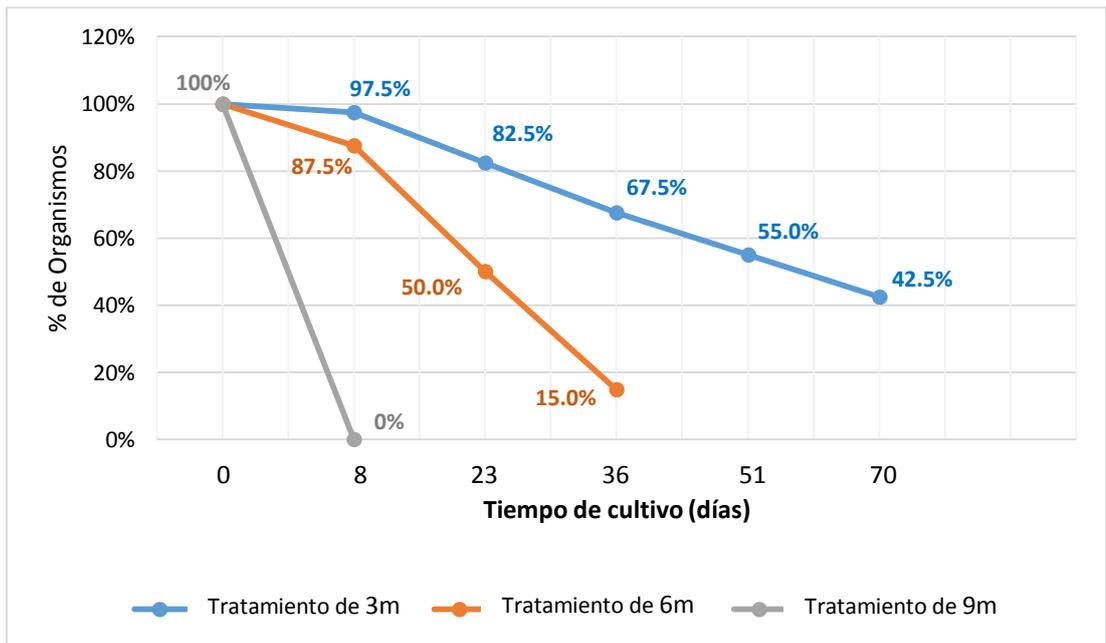


Fig. 8: Supervivencia en porcentaje promedio de juveniles de *P. mollis* de los tres tratamientos.

3.4. PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

En el (Anexo12), representa los datos de los parámetros de oxígeno disuelto, el cual mediante una prueba de normalidad no muestra una distribución normal, esto debido a que los registros del tratamiento de 9 m de profundidad son inferiores en relación a los registros de los dos primeros tratamientos (3 y 6 m de profundidad); por el contrario los registros de parámetros de la temperatura provienen de una población normal (Anexo 13).

En las (figuras 9 a la 13), se observan la variación de los parámetros físico-químicos promedio de los tres tratamientos (3, 6, y 9 m). De los cuales, en el tratamiento de 9 m de profundidad la variación de oxígeno registró 0.95 mg/L siendo mínimo, la temperatura registró el mínimo 18.69 °C y pH con mínimo de 7.49 en la (fig. 8, 9 y 11). En tanto, para los tratamientos de 3 m y 6 m de profundidad, todos los parámetros registrados durante el cultivo, se mostraron dentro de rangos óptimos para la supervivencia de los organismos.

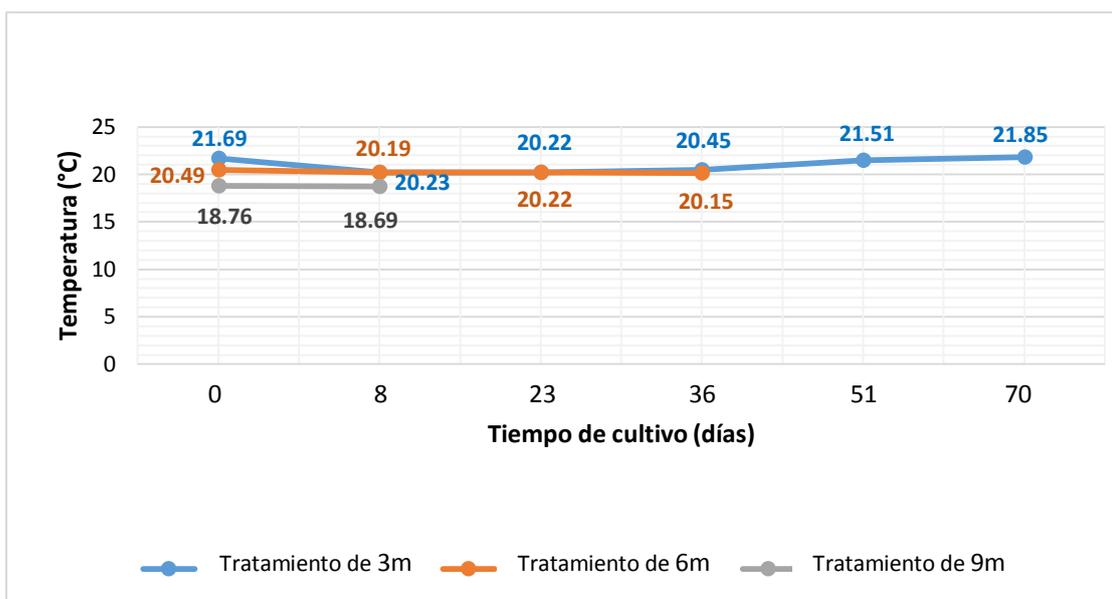


Fig. 9: Variación de la temperatura de los tres tratamientos.

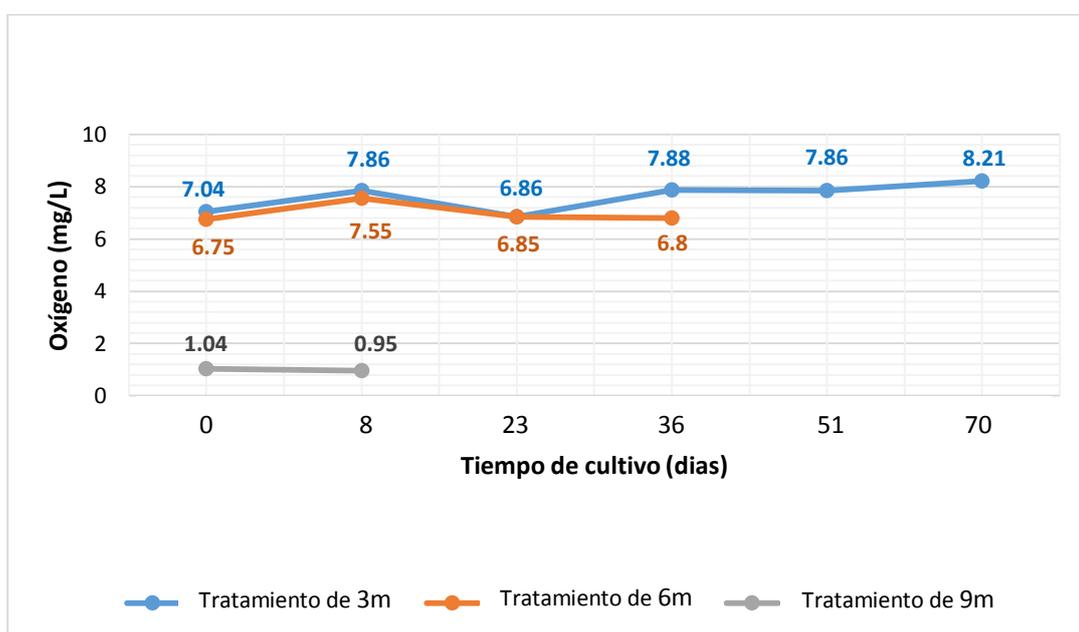


Fig. 10: Variación del oxígeno disuelto promedio de los tres tratamientos.

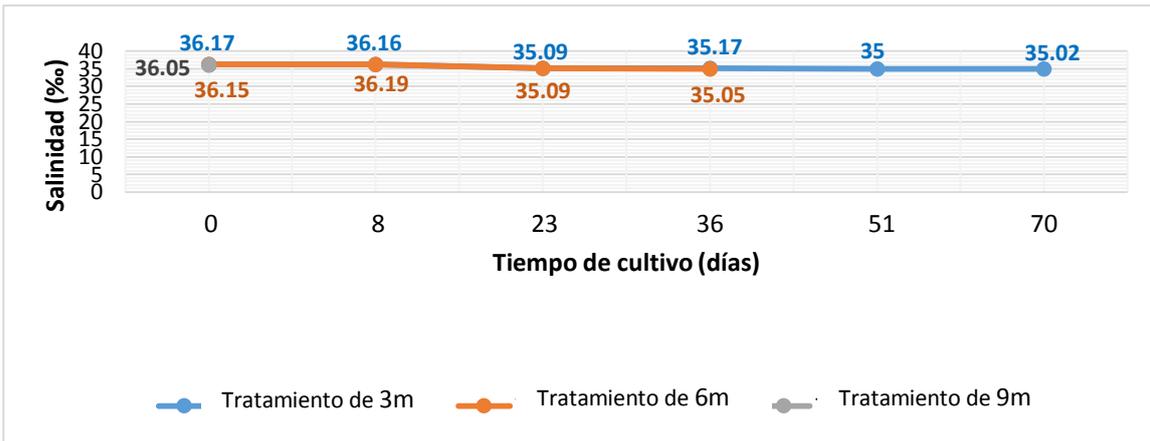


Fig. 11: Variación de la salinidad promedio de los tres tratamientos.

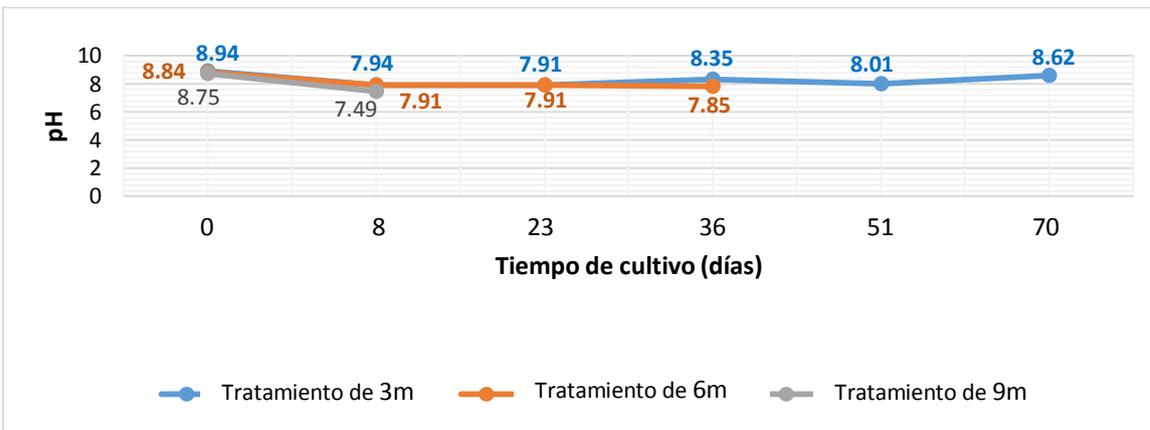


Fig. 12: Variación del pH promedio de los tres tratamientos.

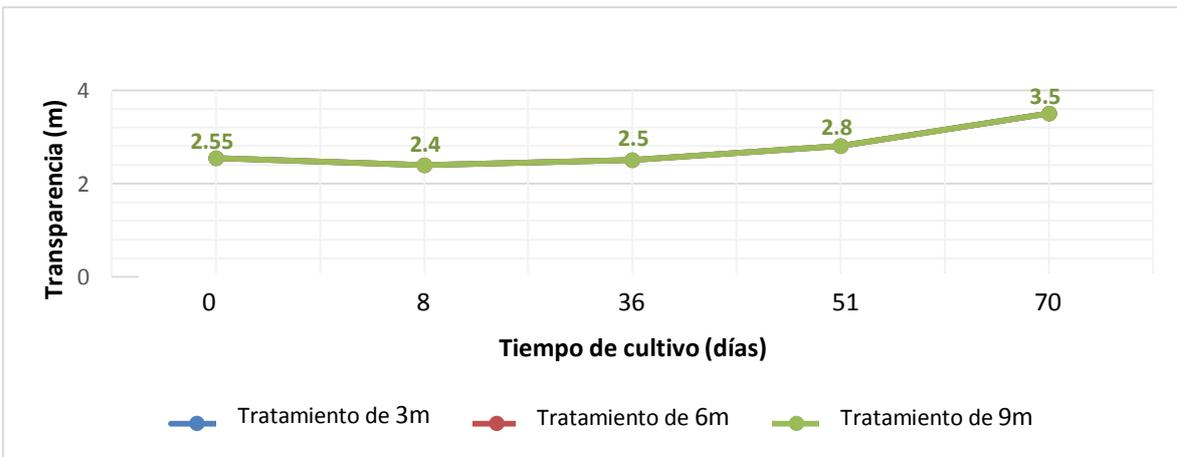


Fig.13: Variación de la transparencia promedio de los tres tratamientos.

3.5. Comparación de medias de peso, tallas y supervivencia entre tratamientos de 3 y 6 m de profundidad, mediante la prueba T-student, durante el cultivo de juveniles de *P. mollis*

La tabla 3, presenta los datos de comparación de medias entre tratamientos de los 3 y 6 m de profundidad, se concluye que se acepta la hipótesis nula ($p = 0.427 > \alpha = 0.05$), por lo tanto no existe diferencia significativa en la comparación de medias de talla y peso de ambos tratamientos, es decir son iguales. Progresivamente el tratamiento de 3 m de profundidad al final del cultivo obtuvo mayor crecimiento en peso y talla, en tanto en la desviación estándar de la talla se obtuvo un resultado muy disperso, debido a que los organismos no tuvieron una medición exacta ya que los organismos se contraían constantemente y era difícil de tallarlos con exactitud; y el tratamiento de 6 m de profundidad menor crecimiento. Por lo tanto no existe diferencia significativa en la comparación de medias de supervivencia de ambos tratamientos, es decir son iguales, de tal manera se acepta la hipótesis nula ($p = 0.651 > \alpha = 0.05$), durante el cultivo de juveniles de *P. mollis*.

Tabla 3: Comparación de medias en peso (mg), talla (mm) y supervivencia entre tratamientos de 3 y 6 m de profundidad.

Parámetros	Tratamiento	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Valor p	Nivel de significancia
Talla	3 m	2	25.25	8.84	6.3	0.427	0.05
Peso	6 m	2	201	197	140		
supervivencia	3 m	2	8.5	12.0	8.5	0.651	0.05
supervivencia	6 m	2	3.00	4.24	3.0		

IV. DISCUSION

En nuestro trabajo, la profundidad ejerce influencia en el cultivo de juveniles de *P. mollis*, en términos de su crecimiento en talla, peso y supervivencia; obteniéndose mejores resultados en el tratamientos de 3m, que en el de 6 m de profundidad. Con relación al tratamiento de 9 m, la profundidad influyó negativamente, esto es concordante con lo encontrado por Ramos (2012), quien determina diferentes profundidades para especies diferentes de pepino de mar, como *Holothuria floridana* (Pourtales, 1851), *Asistichopus multifidus* (Sluiter, 1910), *Holothuria grisea* (Selenka, 1867), *Holothuria mexicana* (Ludwing, 1875) y *Holothuria surinamensis* (Ludwig, 1875), profundidades favorables para cada una 0.7 – 7.1 m, 3.4 – 5.8 m, 2 – 3.4 m, 3.4 m y 4.5 – 5.2 m, respectivamente, en el medio natural. Además Maeda *et al.* (2001), afirma que la profundidad influye en la concentración del fitoplancton, el cual es mayor en zonas someras por lo tanto presenta un efecto positivo en el crecimiento y supervivencia de estas especies.

En este trabajo, los juveniles de *P. mollis* obtuvieron una ganancia de 31.5 mm en talla a 3 m de profundidad, (en 70 días de cultivo). Por otra parte en el tratamiento de 6 m de profundidad obtuvieron 19 mm (en 36 días de cultivo). Concordante con lo encontrado por Hamel *et al.* (2003), quienes describieron el desarrollo desde la fertilización hasta juvenil de pepino de mar *Isostichopus fuscus* en laboratorio, detallando que la etapa juvenil se inicia desde el día 28 con 1 mm de longitud y después de aproximadamente 72 días de cultivo, los juveniles tuvieron aproximadamente 3,5 cm de largo y 1 cm de ancho y estando listos para ser lanzados a estanques al aire libre, o en el mar para completar su crecimiento.

La velocidad de crecimiento en talla que se obtuvo fue de 0.45 mmd^{-1} para el tratamiento de 3 m de profundidad, en tanto que para el tratamiento de 6 m fue de 0.53 mmd^{-1} , estando dentro del rango que reporta Agudo (2006), quien señala que la velocidad de crecimiento en holothuridos puede ser de 0,2-0,8 mmd^{-1} después de un mes de cultivo en tanques, siendo 0.5 mmd^{-1} la velocidad de crecimiento después de dos meses para los juveniles de *Holoturia scabra*.

Con relación al crecimiento en peso de *P. mollis*, los organismos pertenecientes al tratamiento de 3 m de profundidad alcanzaron mayor ganancia en peso 340.5 mg, y el tratamiento de 6 m de profundidad 61.5 mg, aunque solo en 36 días de cultivo. Al respecto, Agudo (2006), señala que los juveniles de *H. scabra*, cultivados en tanques crecieron hasta un tamaño de entre 0.3 - 1g en 30 días. Además indica que las altas densidades pueden afectar al crecimiento y la supervivencia. Así, los resultados obtenidos por este investigador demuestran que la especie *H. scabra* obtuvo mayor peso en menos días de cultivo comparado con nuestra investigación.

En lo referente a la supervivencia, durante el cultivo, se demostró que en el tratamiento de 3 m de profundidad se obtuvo el mayor porcentaje de 42.5 % al final del cultivo (70 días), en comparación con los tratamientos de 6 y 9 m de profundidad, en los que fue de 15.0 % hasta 36 días y 0.0% en 8 días de cultivo, respectivamente. Resultados muy similares fueron observados por Agudo (2006), al registrar la supervivencia de juveniles de *I. fuscus* de 97% en 23 días de cultivo en estanques de tierra, así como Gamboa *et al.* (2002), que registraron la supervivencia de juveniles de *H. scabra* de 58 a 80% en 60 días de cultivo en jaulas flotantes (hapas), y en tanto que Hair *et al.* (2012) registraron más supervivencia de juveniles de *I. fuscus* de 40 a 90% de 60 a 90 días de cultivo en jaulas de malla, en el mar.

Con respecto a la relación de la supervivencia en función de la temperatura, oxígeno y pH, comparando los tratamientos de 3, 6 y 9 m de profundidad, únicamente los dos primeros tratamientos (3 y 6 m de profundidad), mostraron alta supervivencia en función de las condiciones óptimas en la concentración de oxígeno, temperatura y pH que fueron favorables para el cultivo de los organismos. Por el contrario en el tratamiento de 9 m de profundidad se observa nula supervivencia, siendo la concentración mínimo de oxígeno disuelto (0.95 mg/L^{-1}) responsable de la supervivencia registrada; en tanto se menciona la escasa disponibilidad de alimento como un factor que influyó en la supervivencia de dicho tratamiento. Al respecto Soberón-Chávez *et al.* (1986), determinaron que la distribución del oxígeno disuelto depende de tres factores principales: primero la temperatura y salinidad que determinan la concentración de oxígeno (a mayor

temperatura y salinidad menor oxígeno en el agua), el segundo las actividades biológicas determinan la concentración de oxígeno. Finalmente, que los procesos oceanográficos de mezcla y corriente, modifican los efectos de la actividad biológica a través del movimiento de masas y difusión por turbulencia. Hall-Spencer *et al.* (2008), sostienen que especies de equinodermos como estrellas de mar *Coscinasterias tenuispinosa* y *Echinaster sepositus* y de holoturias, como *Holothuria forskali* y *H. tubulosa*, en el medio natural, no aparecieron en ninguno de los muestreos cuando el pH se redujo a niveles inferiores a 7.1, y se vio significativamente reducida cuando el pH se redujo a 6,6 por la influencia de chimeneas submarinas. Por otro lado (Boyd, 2000), indica los límites establecidos de pH entre 7.9 a 8.3 son los óptimos para cultivo de organismos marinos; lo cual no ocurrió en el tratamiento de 9 m.

Respecto al análisis de correlación del peso con la temperatura y oxígeno disuelto, se observó en el tratamiento de 3 m de profundidad, dichos parámetros estuvieron relacionados de forma directa, obteniendo un valor de 0.670 y 0.602, respectivamente. Siendo la temperatura más influyente. Es decir, que a mayor temperatura fisiológicamente el organismo aumentará su metabolismo, en tanto consumirá mayor cantidad de alimento y como resultado incrementará el crecimiento; para el tratamiento de 6 m, el análisis de correlación entre el peso y los parámetros de oxígeno y temperatura guardan una relación inversa, reportándose un -0.449 y -0.603 , es decir si hay cambios bruscos de ambos parámetros, el peso de los organismos puede verse afectado. Como menciona Lodeiros *et al.*, (2001) al considerar a la temperatura, oxígeno y la disponibilidad de alimento como variables limitantes en el crecimiento de bivalvos. Esto debido a que la temperatura es uno de los factores que produce cambios en la fisiología de los organismos (His 1977), principalmente en la tasa de filtración de los moluscos bivalvos, por ello ejerce una fuerte influencia sobre el crecimiento (Lodeiros *et al.*, 2001, Rivas & Masse 1983, Malouf & Breese 1978).

V. CONCLUSIONES

Se obtuvo un mayor crecimiento en talla en el tratamiento de 3 m de profundidad con 31.5 mm (en 70 días), mientras que para el tratamiento de 6 m de profundidad se obtuvo 19.0 mm (en 36 días); en tanto para el tratamiento de 9 m de profundidad no se obtuvo supervivencia durante el periodo de cultivo de juveniles de *P. mollis* obteniendo diferencias significativas en los dos primeros tratamientos.

El mayor incremento en peso fue para el tratamiento de 3 m de profundidad con promedio de 336.85 mg (en 70 días), mientras que para el tratamiento de 6 m de profundidad se obtuvo un promedio de 57.85 mg (en 36 días) obteniendo así gran diferencia significativa entre ambos tratamientos, mientras que para el tratamiento de 9 m fue de 0.0 mg, durante el periodo de cultivo de juveniles de *P. mollis*.

El tratamiento de 3 m de profundidad obtuvo mayor porcentaje de supervivencia con 42.5% al final del cultivo (70 días), en comparación con el tratamiento de 6 m de profundidad que obtuvo 15.0 % de supervivencia durante el periodo de cultivo (36 días); siendo 0.0 % la supervivencia para el tratamiento de 9 m de profundidad, ya que los organismos murieron en la primera semana de cultivo.

Dentro de los parámetros físico-químico registrados durante el periodo de cultivo de juveniles de *P. mollis*, como temperatura y oxígeno se reportan dentro de los límites aceptables para el cultivo de los organismos en los tratamientos de 3 y 6 m de profundidad; con excepción del tratamiento de 9 m; el cual el oxígeno registrado fue de 0.95 mg/L.

VI. RECOMEDACIONES

- Continuar las investigaciones sobre el crecimiento de juveniles de *P. mollis* “pepino de mar” a diferentes densidades.
- Evaluar el tipo de sustrato más adecuado para la fijación de las larvas de *P. mollis* “pepino de mar” para su cultivo.
- Diseñar sistemas de cultivo para juveniles de *P. mollis* “pepino de mar” en medio natural.
- Ajustar la profundidad para el cultivo de juveniles de *P. mollis* “pepino de mar”.
- Realizar el cultivo de juveniles de *P. mollis* directamente en los sistemas suspendidos de *A. purpuratus*.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, V., Lodeiros C., Prieto A., Glem M. & Y. Natera. 2009. Efecto de la profundidad sobre el crecimiento de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia:Mytilidae) en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Rev. Zootecnia Tropical. 27(3): 315-328.
- Agudo N. 2006. Sandfish Hatchery Techniques. Copyright Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), the Secretariat of the Pacific Community (SPC) and the WorldFish Center, Australia. Pp. 23,24.
- Alcázar, J. & J. Mendo. 2008. Crecimiento y supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* en sistemas de fondo y suspendido en la zona de Casma, Perú. Ecología Aplicada, Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. 7:1,2.
- Asha, P. S. & P. Muthiah. 2002. Spawning and larval rearing of sea cucumber *Holothuria* (Theelothuria) *spinifera* Theel. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 16: 11-15.
- Asha, P. S. & P. Muthiah. 2005. Effects of temperature, salinity and pH on larval growth, survival and development of the sea cucumber *Holothuria spinifera* Theel. Aquaculture 250: 823-829.
- Battaglione, S. C., Seymour, J. E., Ramofafia, C. & I. Lane. 2002. Spawning induction of three tropical sea cucumbers, *Holothuria scabra*, *H. fuscogilva* and *Actinopyga mauritiana*. Aquaculture 207: 29-47.
- Billett, D. S. 1991. Deep Sea Holothurians. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review (Oceanography and Marine Biology) 29: 259-317.
- Boyd, C. 2000. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Tomo 1, 119 pp.

- Bravo De La Cruz, K. & R. Poma. 2013. Aspectos bioecológicos del “pepino de mar” *Patallus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) en la playa “El Dorado”, bahía de Samanco (provincia de Santa, Perú), en el periodo mayo – setiembre 2010. Tesis para optar el título profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional del Santa. 19pp.
- Cameron, J. L. & P. V. Fankboner. 1989. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). II. Observations on the ecology of development, recruitment and juvenile life stage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 127: 43-67.
- Chen, J. 2004. Present status and prospects of sea cucumber industry in China. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F. and M. Mercier (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*; 2004. FAO Fisheries Technical Paper N°. 463. Roma, FAO 25–38pp.
- Choo, P. S. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Asia. In: Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M. (eds). *Sea cucumbers: a global review on fisheries and trade*. FAO. Fisheries and Aquaculture Technical Paper. N° 516. Roma, FAO, 88–118pp.
- Clark H. L. 1910. The Echinoderms of Peru. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard University*, 52(17): 321-358.
- Conand, C. 1990. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper. No. 272.2, Roma. 143 pp.
- Costelloe, J. 1988. Reproductive cycle, development and recruitment of two geographically separated populations of the dendrochirote holothurian *Aslialefevrei*. *Marine Biology*, 99: 535-545.

- Farías, M. 2001. Nutrición en moluscos pectínidos *In*: Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. Maeda-Martínez (ed.). Edit. Limusa S.A. México, 5: 89-104.
- FAO. 1986. The Fishery Resources of Pacific Island Countries Part 2. Holothurians. Fisheries Technical Paper. 272.2 Rome, 143pp.
Disponible en: [Http://www.fao.org/docrep/007/y5501e16.Pdf](http://www.fao.org/docrep/007/y5501e16.Pdf).
- FAO. 2004. Report of the Expert Consultation on Implementation Issues Associated with Listing Commercially-exploited Aquatic Species on CITES Appendices. Roma, 25-28 May 2004. *FAO Fisheries Report*. No. 741. Roma, FAO. 2004. 24 pp.
Disponible en: www.fao.org/docrep/007/y5751e/y5751e00.htm.
- Gálvez M., Montes, R. y H. Rivera. 2005. Fitoplancton de la Bahía de Sechura, Piura. *Rev. Universalía*, 11 (2): 57-65.
- Gamboa, R., Aurelio, R., Ganad, D., Concepcion, L. & N. Abreo 2002. Small-scale hatcheries and simple technologies for sandfish (*Holothuria scabra*) production. College of Science and Mathematics, University of the Philippines Mindanao, Mintal, Davao City, Philippines. Pag. 70.
- Guisado, C., Carrasco, S., Díaz-Guisado, D., Maltrain, R. & H. Rojas. 2012. Embryonic development, larval morphology and juvenile growth of the sea cucumber *Athyonidium chilensis* (Holothuroidea: Dendrochirotida). *San Diego, California*, 48: 321-385.
- Hair, C., Pickering, T. & D. Mills. 2012. Asia–Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Proceedings of an international symposium held in Noumea, New Caledonia, 15–17 February 2011. ACIAR Proceedings No. 136. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. pp.85, 86.

- Hall-Spencer J. M., Rodolfo-Metalpa R., Martin S., Ransome E., Fine M., Turner S., Rowley S., Tedesco D., & M. Buia. 2008. Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature* 454:96–99.
- Hamel, J. F. & A. Mercier. 1996. Early development, settlement, growth and spatial distribution of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Echinodermata: Holothuroidea). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 253-271.
- Hamel, J. F., Conand, C., Pawson, D. L. & A. Mercier. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): its biology and exploitation as beche-de-mer. *Advances in Marine Biology*, 41: 129-233.
- Hamel J-F. , Hidalgo R. y A. Mercier. 2003. Desarrollo larval y crecimiento de juvenil de las Galápagos pepino de mar *Solís-Marín fuscus*. Boletín informativo de Beche-de-mer SPC #18 – mayo de 2003. Guayaquil, Ecuador. Pag. 4
- Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D. L. & P. M. Kier. 1995. Sea Stars, sea urchins and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. 390pp.
- His, E. 1977. Aspects biologiques du stockage des huîtres en bassin conseils pratiques aux ostréiculteurs. *Science et Peche, Bull. Inform. Inst. Peches marit.* 272:1-4.
- Hooker Y, Prieto-Rios E. & F.A. Solís-Marín. 2013. Echinoderms of Peru. p. 277-299. In. Alvarado-Barrientos, J.J. & F.A. Solís-Marín. 2012. Echinoderm research and Diversity in Latin America. Springer. 658 pp. ISBN 978-3-642-20050-2.
- IMARPE. 2012. Resultados de indicadores de desempeño – cumplimiento de las políticas nacionales y sectoriales. II semestre. pp. 1-2.

- IMARPE. 2013. Caracterización ambiental a potencial pesquero 2004 – 2011: bahía de Samanco, Chimbote, Perú., Vol. 40 / Nos. 1-2 / Enero-Junio 2013. Pp. 22
- Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates. A Guide for the Pacific Coast Mexico to Ecuador. Sea Challengers. Monterey, California, 115pp.
- Laxminarayana, A. 2005. Induced spawning and larval rearing of the sea cucumbers, *Bohadschia marmorata* and *Holothuria atrain* Mauritius. SPC Beche-de-mer Information Bulletin, 22: 48-52.
- Lodeiros C., Maeda Martínez A., Freitas L., Uribe E., Lluch-Cota D. & Sicard M. 2001. Ecofisiología de Pectínidos Iberoamericanos. En: Maeda-Martínez (Ed.) Los Moluscos Pectínidos de Ibero América: Ciencia y Acuicultura. Cap. 4: 77-88.
- Maeda, A., P. Lombeida, L. Freitas, C. Lodeiros & M. Sicard. 2001. Cultivo de pectínidos en fondo y en estanques *In* Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. Maeda-Martínez (ed.). Edit. Limusa S.A. México. Cap. 11: 213-231.
- Malouf, R. & W. Breese. 1978. Intensive culture of the pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in heated effluents. Agricultural Exptl. Station Bull. 627:41.
- Mantelli, J. 2011. Factibilidad de exportación de pepinos de mar a Hong Kong. Rev. Latinoamericana, 3:20, 22.
- Ramos J. 2012. El Pepino de Mar (*H. floridana*) de las Costas de Campeche. Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX), Universidad Autónoma de Campeche. Mexico. Pp. 14-16.

- Reichenbach, N. 1999. Ecology and fishery biology of *Holothuria fuscogilva* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Maldives, Indian ocean. *Bulletin of Marine Science*, 64: 103–113.
- Rivas, A. & H. Masse. 1983. Etude Ecophysiologique de quelques mollusques bivalves. IFREMER. Actes del Colloques. 1:45-62.
- Rodríguez-Serna, M., Carmona-Osalde, C., Guzmán-García, X. y Puerto-Novelo, E. 2012. Primeras experiencias para el desarrollo del cultivo de holotúridos (*Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridana*) endémicos del golfo de México. *Revista AquaTIC*, 36:5.
Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=247>
- Ruppert, E. E. y R. D. Barnes. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana, México. pp.11, 14.
- Semper C. 1868. *Reisen im Archipel der Philippinen. II. Wissenschaftliche Resultate*. Vol. I, Holothurien, 288 pp.
- Sewell, M. A. & F. S. McEuen. 2002. Phylum Echinodermata: Holothuroidea. In: Young CM, MA Sewell & ME Rice (eds). *Atlas of marine invertebrate larvae*, Academic Press Edit. McGraw-Hill Interamericana. San Diego, California, pp. 513-530.
- Soberón-Chávez, G., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, J. Day, & L. Deegan. 1986. Relationships between physical/biological characteristics and fishery recruitment in tropical coastal ecosystems. *Ocean Science in Relation to living Resources, International Recruitment Project, IOC-FAO- UNESCO Workshop OSLR/IREP Project*, pp. 53 - 72.

- Solís-Marín F.A., Hooker Y & A Laguarda-Figueras. 2012. Primer registro del pepino de mar nadador *Eynpniastes eximia* Théel, 1882 (Echinodermata: Holothuroidea) en aguas peruanas. *Revista Peruana de Biología*, 19(1): 95-96.
- Solis-Marin, F., Madrigal, X., Honey, M., Arriaga, J., Caballero, A., Garcia, A. y P. Salazar. 2012. Diagnóstico de las Poblaciones Arrecifales del Pepino de Mar Holothuria Inornata (Semper, 1868) en la costa del estado de Michoacan. *Rev. Latinoamericana*, pp. 9, 49.
- Toral-Granda, V, Lovatelli, Alessandro y M. Vasconcellos, 2008. Sea cucumbers: A global review of fisheries and trade. FAO, Food and Agriculture Organisation of the United Nations. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, v.516, ,ISSN 2070-7010.
- Uthicke, S. 2001. Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: grazing losses versus production enhancement. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 210: 125-138.

VIII. ANEXOS

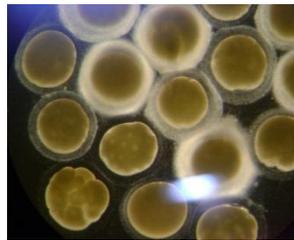
Anexo 1: Obtención, acondicionamiento y desove de reproductores de “pepino de mar” *P. mollis*



Anexo 2: Fertilización, desarrollo embrionario y larval de “pepino de mar” *P. mollis*.



Lavado y tamizado de los ovocitos



Observación de división celular (50 minutos)



Larva en estadio de pentáctula con presencia de podios ambulacrales (18 – 26 días)

Anexo 3: Desarrollo de estadio juvenil de “pepino de mar” *P. mollis*



Se observó a los organismos la forma de alimentarse (raen)



Juvenil con metamorfosis desarrollado completamente (aprox. 22 - 27 días)



Juvenil con pigmentación en su cuerpo (Negro)



Tamaño del organismo, relacionado con tamaño del dedo

Anexo 4: Transporte y sembrado de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis*



En el laboratorio se acondicionó a los organismos para el traslado al mar



Se colocaron las bandejas en el sistema de cultivo con abertura de malla 2cm (L9)



Se agregó agua de mar, previo a la instalación hacia la línea suspendida



Se aclimató a los organismos durante 15 minutos, previo a la siembra



Se instalaron los sistemas en la línea suspendida

Anexo 5: Monitoreo semanal de los sistemas de cultivo y extracción de muestras para toma de datos (talla, peso y supervivencia) de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis*



Se izaron los sistemas de cultivo con carga de biofouling



Las bandejas estuvieron cubiertas de biofouling



Los organismos se encontraron fijados a la bandeja



Se tomó datos con papel milimetrado para crecimiento en talla (mm) de los organismos, en los monitoreos, durante el tiempo de cultivo (70 días)

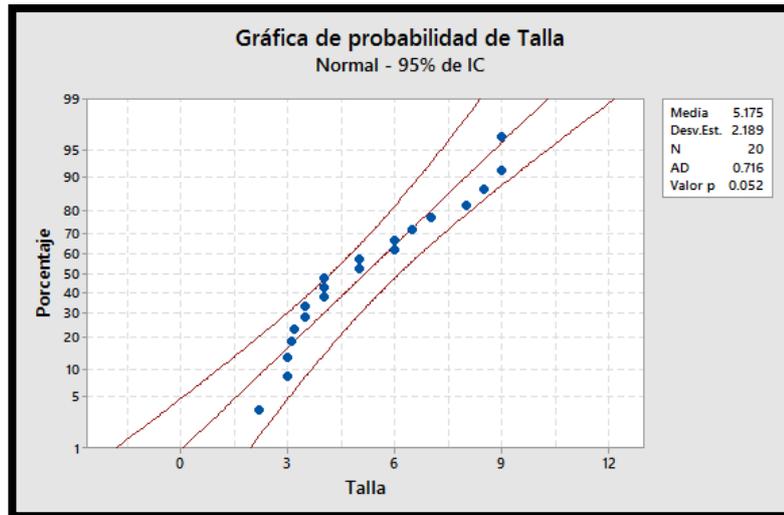


Se tomó datos con una balanza analítica del crecimiento en peso (mg) de los organismos tomados en los monitoreos, durante el tiempo de cultivo (70 días)

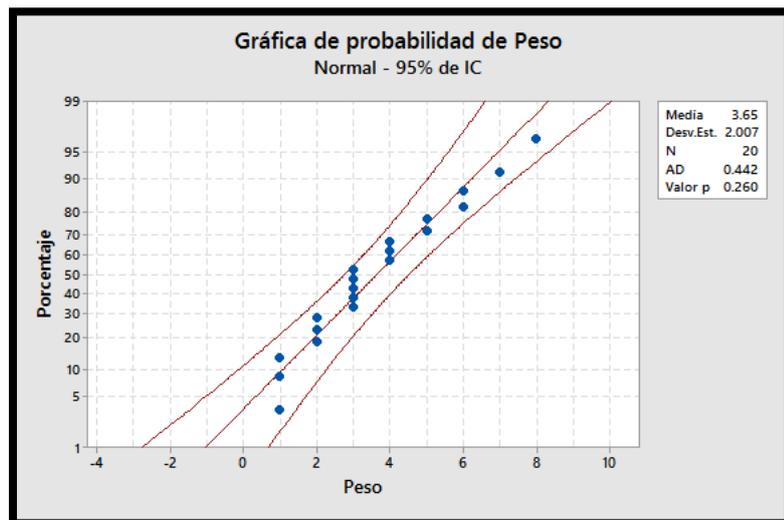
Anexo 6: Tabla del promedio en talla (mm), peso (mg) y desviación estándar de juveniles de “pepino de mar” *P. mollis*

	Talla (mm)	Peso (mg)
	2.2	1
	3	1
	3	1
	3.1	2
	3.2	2
	3.5	2
	3.5	3
	4	3
	4	3
	4	3
	5	3
	5	4
	6	4
	6	4
	6.5	5
	7	5
	8	6
	8.5	6
	9	7
	9	8
PROMEDIO	5.17	3.65
Desviación estándar		2.01

Anexo 7: Prueba de normalidad para la talla de “pepino de mar” *P. mollis*



Anexo 8: Prueba de normalidad para el peso de “pepino de mar” *P. mollis*



Anexo 9: Tabla de Promedios quincenales de la talla (mm) y peso (mg) de juveniles de pepino de mar *P. mollis*, en cultivo de sistemas suspendidos a profundidades de 3, 6 y 9 m.

MONITOREO	Tratamiento (3 m)		Tratamiento (6 m)		Tratamiento (9 m)	
	Talla (mm)	Peso (mg)	Talla (mm)	Peso (mg)	Talla (mm)	Peso (mg)
0 días	5.175	3.65	5.175	3.65	5.175	3.65
8 días	5.9	7.5	5.6	5.5		
23 días	18.7	51	12.9	33		
36 días	18.1	100	19	61.5		
51 días	20.5	227				
70 días	31.5	340.5				

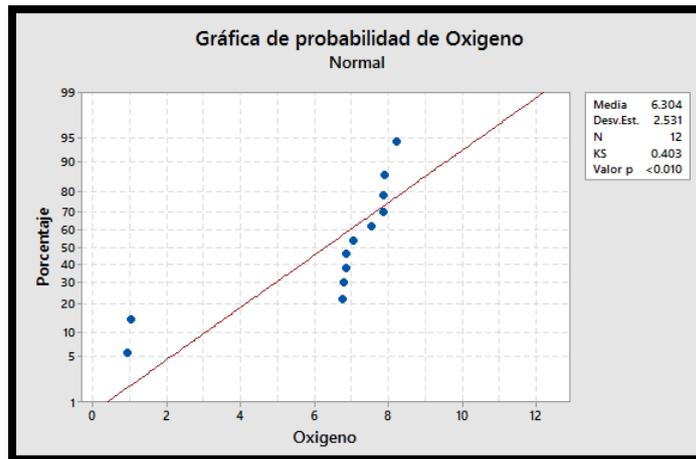
Anexo 10: Tabla de supervivencia en cantidad de los organismos de “pepino de mar” *P. mollis*.

SUPERVIVENCIA			
Monitoreo	Tratamiento (3 m)	Tratamiento (6 m)	Tratamiento (9 m)
0 días	40	40	40
8 días	39	35	0
23 días	33	20	
36 días	27	6	
51 días	22		
70 días	17		

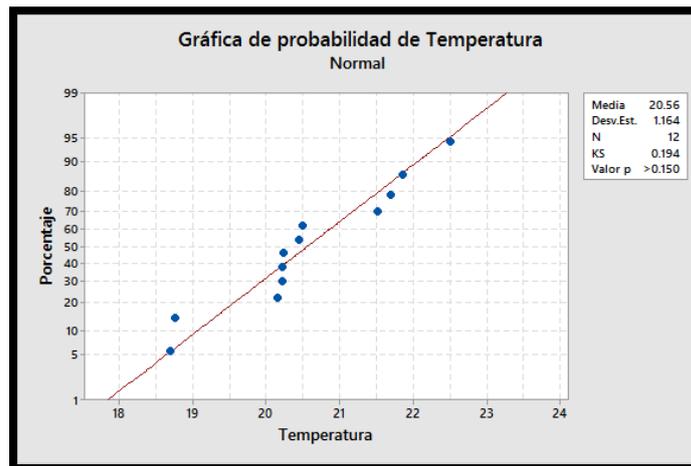
Anexo 11: Tabla de supervivencia en porcentaje de los organismos de “pepino de mar” *P. mollis*

SUPERVIVENCIA			
Monitoreo	Tratamiento (3 m)	Tratamiento (6 m)	Tratamiento (9 m)
0 días	100%	100%	100%
8 días	97.5%	87.5%	0%
23 días	82.5%	50.0%	
36 días	67.5%	15.0%	
51 días	55.0%		
70 días	42.5%		

Anexo 12: Prueba de normalidad para el oxígeno en el cultivo de “pepino de mar” *P. mollis*



Anexo 13: Prueba de normalidad para la temperatura en el cultivo de “pepino de mar” *P. mollis*



Anexo 14: Tabla de variación de los parámetros físico-químico de los tres tratamientos en el cultivo de “pepino de mar” *P. mollis*

Parámetros Físicos - Químicos	Monitoreo	Tratamiento (3 m)	Tratamiento (6 m)	Tratamiento (9 m)
Temperatura (°C)	0 días	21.69	20.49	18.76
	8 días	20.23	22.51	18.69
	23 días	20.22	20.22	
	36 días	20.45	20.15	
	51 días	21.51		
	70 días	21.85		
Salinidad (%)	0 días	36.16	36.15	36.09
	8 días	36.17	36.19	36.05
	23 días	35.09	35.09	
	36 días	35.17	35.05	
	51 días	35		
	70 días	35.02		
Oxígeno disuelto (mg/L)	0 días	7.04	6.75	1.04
	8 días	7.86	7.55	0.95
	23 días	6.86	6.85	
	36 días	7.88	6.8	
	51 días	7.86		
	70 días	8.21		
pH	0 días	8.94	8.84	8.75
	8 días	7.94	7.91	7.49
	23 días	7.91	7.91	
	36 días	8.35	7.85	
	51 días	8.01		
	70 días	8.62		
Transparencia (m)	0 días	2.55	2.55	2.55
	8 días	2.4	2.4	2.4
	23 días	3	3	3
	36 días	2.5	2.5	2.5
	51 días	2.8	2.8	2.8
	70 días	3.5	3.5	3.5

Anexo 15: Tabla de la relación de la supervivencia con la temperatura y el oxígeno en el cultivo de “pepino de mar” *P. mollis*

Parámetros Físicos - Químicos	Monitoreo	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	pH	Supervivencia
Tratamiento (3 m)	0 días	21.69	7.04	8.94	40
	8 días	20.23	7.86	7.94	39
	23 días	20.22	6.86	7.91	33
	36 días	20.45	7.88	8.35	27
	51 días	21.51	7.86	8.01	22
	70 días	21.85	8.21	8.62	17
Tratamiento (6 m)	0 días	20.49	6.75	8.84	40
	8 días	22.51	7.55	7.91	35
	23 días	20.22	6.85	7.91	20
	36 días	20.15	6.8	7.85	6
	51 días				
	70 días				
Tratamiento (9 m)	0 días	18.76	1.04	8.75	40
	8 días	18.69	0.95	7.49	0
	23 días				
	36 días				
	51 días				
	70 días				

Anexo 16: Tabla de peso promedio, oxígeno y temperatura del tratamiento de 3 m en el cultivo de “pepino de mar” *P. mollis*

Parámetros Físicos - Químicos	Monitoreo	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Peso (mg)
Tratamiento de 3 m.	0 días	21.69	7.04	36.5
	8 días	20.23	7.86	7.5
	23 días	20.22	6.86	51
	36 días	20.45	7.88	100
	51 días	21.51	7.86	227
	70 días	21.85	8.21	340.5

Anexo 17: Tabla del peso promedio, oxígeno y temperatura del tratamiento de 6 m en el cultivo de “pepino de mar” *P. mollis*

Parámetros Físicos - Químicos	Monitoreo	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Peso (mg)
Tratamiento de 6m.	0 días	20.49	6.75	3.65
	8 días	22.51	7.55	5.5
	23 días	20.22	6.85	33.0
	36 días	20.15	6.8	61.5
	51 días			
	70 días			

Anexo 18: Tabla del peso promedio, oxígeno y temperatura del tratamiento de 9 m en el cultivo de “pepino de mar” *P. mollis*

Parámetros Físicos - Químicos	Monitoreo	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Peso (gr)
Tratamiento de 9m.	0 días	18.76	1.04	3.65
	8 días	18.69	0.95	0
	23 días			
	36 días			
	51 días			
	70 días			