



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
“PENÍNSULA DE SANTA ELENA”  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA**

“Crecimiento de concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) a  
diferentes profundidades en la comuna Palmar”

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO MARINO**

AUTOR

JARA TOMALÁ FRANKLIN ENMANUEL

TUTOR

Ing. JIMMY VILLÓN MORENO, M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2019

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
“PENÍNSULA DE SANTA ELENA”  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

“Crecimiento de concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) a  
diferentes profundidades en la comuna Palmar”

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO MARINO**

AUTOR

JARA TOMALÁ FRANKLIN ENMANUEL

TUTOR

Ing. JIMMY VILLÓN MORENO, M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2019

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Franklin Enmanuel Jara Tomalá

C.I 0923395701

## **DEDICATORIA**

Esta tesis es dedicada principalmente a Dios, a mis padres Franklin Jara y Manuela Tomalá que con su amor y paciencia me han permitido llegar a cumplir un sueño más. Dedicada también muy especialmente a la Lic. Griselda Tomalá el apoyo brindado representando para mí un ejemplo de superación.

Esta dedicatoria también es para toda mi familia su cariño, apoyo incondicional y estar pendiente de mi progreso, por inculcarme valores en todos los ámbitos de mi vida, por siempre escuchar y ayudar en cualquier momento.

Quiero también dedicar esta tesis a todos mis amigos y amigas, en especial a los miembros de la fundación Neo Juventud, por apoyarme cuando los y las he necesitado, extendiendo su mano en momentos difíciles. Finalmente, dedico esta tesis tanto a mis compañeros y compañeras como a mi equipo de trabajo ya que sin ellos esta meta no se hubiera logrado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la cooperativa COOPROACMAR por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo en especial al Blgo. Marcelo González por la asesoría técnica.

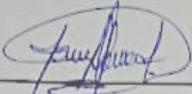
Mi agradecimiento a María Herminia Cornejo Ph.D, Luis Freites Ph. D y César Lodeiros Ph.D por sus inestimables comentarios, sugerencias y asesoramiento que permitieron mejorar este trabajo.

También agradecer a las autoridades y personal académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena que han permitido el desarrollo de esta tesis, en particular a Maria Gregori Ph. D, y al Ing. Jimmy Villón tutores de tesis que con su experiencia científica y profesional orientaron adecuadamente el este trabajo. Agradecer al proyecto JOYA SENPLADES IN-PI41-2018-1 UPSE sin el cual no hubiera podido llevar a cabo esta tesis.

Finalmente, gracias a mis compañeros Nohelia López, Pedro Gonzabay y en especial a Andrea Villamar que me brindaron su ayuda en las salidas de campo, dándome un enorme apoyo emocional que hizo realidad el desarrollo de este proyecto.

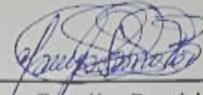
Gracias por su alentador apoyo.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



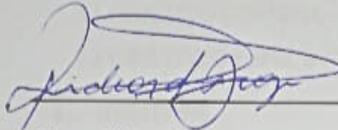
Blga. Mayra Cuenca Zambrano, Mgt.

Decana



Blga. Tanya González Banchón, Mgt.

Directora de Carrera



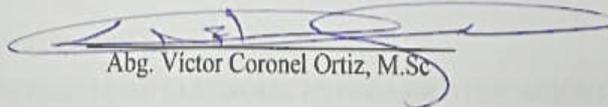
Blgo. Richard Duque Marin, M.Sc.

Docente de área



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc

Docente Tutor



Abg. Víctor Coronel Ortiz, M.Sc

Secretario General

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	JUSTIFICACIÓN	5
3.	OBJETIVOS	7
3.1	OBJETIVO GENERAL	7
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4.	HIPÓTESIS	8
5.	MARCO TEÓRICO	9
5.1	MARICULTURA	9
5.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LONG – LINE	9
5.3	SISTEMA DE FLOTABILIDAD	10
5.4	SISTEMA DE ANCLAJE Y FONDEO	11
5.5	SISTEMA DE CRECIMIENTO	11
5.6	ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE OSTRAS PERLERAS	11
5.7	ETAPAS DEL PROCESO DE CULTIVO DE <i>Pteria sterna</i> EN MÉXICO	13
5.8	GENERALIDADES DE <i>Pteria sterna</i>	14
5.9	CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS PARA IDENTIFICACIÓN DE <i>P. sterna</i>	15
5.10	CLAIFICACIÓN TAXONÓMICA	15
5.11	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y HÁBITAT	16
5.12	IMPORTANCIA DE LA CONCHA NÁCAR COMO RECURSO NATURAL APROVECHABLE	16
5.13	INFLUENCIA DE LA PROFUNDIDAD EN CULTIVO DE MOLUSCOS	17
6.	MARCO METODOLOGICO	19

6.1	ÁREA DE ESTUDIO	19
6.2	DISEÑO EXPERIMENTAL	19
6.3	MUESTREO DE PARÁMETROS AMBIENTALES	21
6.4	TRABAJO DE LABORATORIO	21
6.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	22
7.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	23
7.1	PARÁMETROS AMBIENTALES:	23
7.1.1	CLOROFILA	23
7.1.2	SESTON	24
7.1.3	SALINIDAD	25
7.1.4	TEMPERATURA	26
7.2	CRECIMIENTO	28
7.2.1	TALLA DE LA CONCHA	28
7.2.2	MASA DE LA CONCHA Y TEJIDO	30
7.3	ÍNDICE DE CONDICIÓN	32
7.4	MASA DE BIOFOULING	35
7.5	SUPERVIVENCIA	36
7.6	RELACION DE FACTORES AMBIENTALES CON EL CRECIMIENTO	38
8.	CONCLUSIONES	39
9.	RECOMENDACIONES	41
10.	BIBLIOGRAFÍA	43
11.	ANEXOS	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de los componentes y disposición de un sistema "long-line": sistema de flotación (superficie), sistema de crecimiento (línea madre del cultivo), sistema de anclaje (fondo). Editado de Ferreira, 2009.....	10
<b>Figura 2.</b> Vista externa de la concha. Se muestran la talla antero-posterior, dorso-ventral y eje entre valvas.....	15
<b>Figura 3.</b> Distribución geográfica de <i>Pteria sterna</i> . Fuente: FAO, 2014.....	16
<b>Figura 4.</b> Ubicación espacial del área de estudio. A) Mapa general de la península de Santa Elena; B) Mapa en detalle del área concesionada donde se sitúan las líneas de cultivo. Fuente: Google Earth, 2018; modificado por Franklin Jara.....	19
<b>Figura 5.</b> Diseño experimental con las variables contrastables: CrT = Crecimiento en talla (la altura dorsoventral, longitud anteroposterior, y grosor entre valvas de la concha), CrM = Crecimiento en masa, IC= Índice de Condición, Sv = Supervivencia, Ep= Epibiontes en la concha, Vam= parámetros ambientales (temperatura, salinidad, clorofila, seston).....	20
<b>Figura 6.</b> Representación gráfica de la variación mensual de la biomasa fitoplanctónica estimada por la clorofila a (A), seston total (B), seston inorgánico (C), salinidad (D), temperatura (E) en el periodo octubre 2018-Marzo 2019 en la comuna Palmar.....	27
<b>Figura 7.</b> Variación mensual de la talla dorso-ventral (A), talla antero-posterior (B) y talla intervalvar (C) de la concha nacar <i>P. sterna</i> , cultivado a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis "a posteriori" de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo). .....	29
<b>Figura 8.</b> Variación mensual en gramos de la masa del tejido suave (A), masa de la concha (B) y masa total (C) de la concha nacar <i>P. sterna</i> cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis "a posteriori" de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo). .....	31

<b>Figura 9.</b> Variación mensual del índice de condición (A) y de la masa del biofouling de la concha (B) de <i>P. sterna</i> cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis “a posteriori” de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo).....	33
<b>Figura 10.</b> Variación mensual de la supervivencia de <i>P. sterna</i> cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis “a posteriori” de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo). .....	37
<b>Figura 11.</b> Análisis de correspondencia canónica de los parámetros ambientales y el crecimiento de <i>P. sterna</i> cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. MOP = Materia Orgánica Particulada; Clorofil = Clorofila; Salinida = Salinidad; Temperat = Temp.....	38
<b>Figura 12.</b> Siembra de juveniles.....	57
<b>Figura 13.</b> Juveniles de <i>Pteria sterna</i> .....	57
<b>Figura 14.</b> Toma de muestras de agua de las tres profundidades usando botella Niskkin .....	57
<b>Figura 15.</b> Muestreo mensual .....	58
<b>Figura 16.</b> Cesta a 2 metros de profundidad. ....	58
<b>Figura 17.</b> <i>Stramonita (Thais) biserialis</i> encontrados en cestas de cultivo. ....	58
<b>Figura 18.</b> Procesamiento de muestras en laboratorio.....	59
<b>Figura 19.</b> Secado de concha y tejido de <i>P. sterna</i> . ....	59
<b>Figura 20.</b> Extracción de biofouling. ....	59

## GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

**Acuicultura:** La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción.

**Ácidos grasos:** son biomoléculas de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, muy energéticas y necesarias en todos los procesos celulares en presencia de oxígeno, ya que por su contenido en hidrógenos pueden oxidarse en mayor medida que los glúcidos u otros compuestos orgánicos que no están reducidos. Son por tanto la fuente principal de energía del organismo ayudando en la absorción de las vitaminas liposolubles y de los carotenoides.

**Alimento balanceado:** Término que describe a un pienso (mezcla de ingredientes molidos que no está peletizada), dieta o ración que contiene todos los nutrientes requeridos conocidos en las cantidades y proporciones adecuadas, con base a las recomendaciones de autoridades reconocidas en nutrición animal para un conjunto dado de requerimientos fisiológicos y condiciones ambientales de los animales cultivados.

**Afloramientos de fitoplancton:** fenómeno oceanográfico que consiste en el ascenso de masas profundas de agua, desde la zona abisal del océano hacia la superficie en las zonas de la plataforma continental. A este fenómeno también se le llama afloramiento, surgencia o emersión. Este evento proporciona elevadas cantidades de nutrientes que aumentan la población de fitoplancton.

**Artes de cultivo:** infraestructura utilizada para el cultivo de especies acuícolas, con características, dimensiones, materiales que mantenga a la especie en cautiverio en condiciones adecuada para su crianza.

**Biofouling:** Bioincrustación o incrustación biológica, es el acúmulo indeseable de microorganismos, plantas, algas y/o animales sésiles sobre estructuras sumergidas o sobre otros organismos vivos como las conchas de los bivalvos.

**Biso:** Sustancia de origen proteico, filamentosa y elástica con la que algunos bivalvos se pueden adherir al sustrato. Esto es importante en especies como el mejillón y en algunas vieiras pues permite al animal sujetarse y mantener su posición.

**Bivalvos:** bi = dos; valvia = valva o placa: lamelibranquios (Lamellibranchia) o pelecípodos (Pelecypoda) son seres vivos clasificados biológicamente en el Filo de los Moluscos con simetría bilateral y un pie muy desarrollado. Existen aproximadamente unas 13.000 especies de moluscos bivalvos, la mayoría marinas. Presentan un caparazón con dos valvas laterales simétricas, generalmente, unidas por una bisagra y ligamentos, que se cierran por acción de uno o dos músculos aductores.

**Ciclo reproductivo:** Fase fisiológica en la cual el organismo se acondiciona para reproducirse.

**Cesta:** Instrumento del cultivo de forma cilíndrica de 35 cm de diámetro y 50 cm de largo recubierta de una malla plástica.

**Colectores (bolsa cebollero):** Utilizado para la captación de juveniles de moluscos, está formada por bolsas cebollera de polipropileno colocada una dentro de otra

**Charnela:** Parte del borde dorsal a lo largo del cual se unen las valvas.

**Concha:** Exoesqueleto de carbonato de calcio que protege a los moluscos.

**Cultivo suspendido:** Sistema de cultivo extensivo empleada en maricultura en el que las artes de cultivo son colgadas en estructuras flotante, ya sea de una línea madre, o de una balsa ubicada en la superficie del mar.

**Depredador:** En ecología, la depredación es un tipo de interacción biológica en la que un individuo de una especie animal (el predador o depredador) caza a otro individuo (la presa) para subsistir. Un mismo individuo puede ser depredador de

algunos animales y a su vez presa de otros, aunque en todos los casos el predador es carnívoro u omnívoro. Esta interacción ocupa un rol importante en la selección natural. En el caso de los cultivos en el mar estos organismos perjudiciales ya que tienen la capacidad de triturar y perforar las valvas de las ostras, causando además daños materiales en los artes de cultivo.

**Epibiontes:** Organismos sésiles que viven adheridos en la superficie de otros organismos.

**Fitoplancton:** Comunidad de algas microscópicas que forman partes del plancton.

**Hipostraco:** Capa prismática de la concha formada de nácar.

**Incrustaciones:** Es la deposición de organismos que se adhieren sobre superficies de un sustrato en un medio acuoso.

**Iridiscencia:** Fenómeno óptico que refleja los colores del iris, variando los colores dependiendo del ángulo de donde se lo observa, la iridiscencia es causada por múltiples reflexiones de la luz en múltiples superficies semitransparentes.

**Linternas de cultivo:** Aparejo cilíndrico para el cultivo de ostras revestida de una malla de nylon de entre 2 a 9 mm que envuelve el sistema.

**Mabé:** Perla cultivada de forma semiesférica que crece adherida en el interior de la concha por debajo del manto.

**Músculo aductor:** Músculo que conecta las dos valvas de la concha, cerrándolas al contraerse.

**Nácar:** Es una sustancia orgánico-inorgánica, ya consolidada, dura, blanca, brillante y con reflejos irisados o iridiscentes. Sustancia iridiscente de la concha de algunos moluscos bivalvos, consta de una matriz orgánica de carbonato de calcio (en forma de aragonita), depositándose en delgadas capas en la parte interna de la concha.

**Perjudicial:** Que causa daño, lastima y perjudica el desarrollo de la especie.

**Perla:** Concreción de carbonato de calcio o nácar producida naturalmente por algunos moluscos bivalvos, como un mecanismo de defensa a la intrusión de algún objeto extraño (arena, piedrecilla o parásito) al tejido blando del animal.

**Pearl nets:** Estructuras de cultivo de forma piramidal envuelto en una malla de nylon con base cuadrangular de 35 x 35 cm, utilizado en cultivo de juveniles de bivalvos.

**Periostraco:** Es de naturaleza escleroproteíca, constituida por una proteína cornea llamada conquiolina es la capa más externa de la concha de los moluscos Bivalvos.

**Perlicultura:** Técnicas por medio de las cuales se induce artificialmente la formación de perlas en algunos moluscos como las ostras perleras, el abulón, caracol, etc.

**Profundidad:** Distancia entre el fondo y el punto de referencia.

**Sobreexplotacion:** Extracción deliberada de alguna especie animal o vegetal que excede el límite impuesto entre la captura y el reclutamiento, y que por consecuencia puede poner en riesgo el equilibrio natural de la especie y provocar su extinción.

## ABREVIATURAS

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura

**m:** Metros

**mm:** Milímetros

**cm:** Centímetros

**°C:** Grados Celsius

**Ups:** Unidades prácticas de salinidad

**mg/L:** Miligramo por cada litro

**\$:** Dólares

**ω:** Omega

**kg:** Kilogramos

**g:** Gramo

**μgL<sup>-1</sup>:** Microgramo por litro

**mgL<sup>-1</sup>:** Miligramo por litro

**ppt:** Partes por mil

**%:** Porcentaje

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de la concha nácar *Pteria sterna* bajo condiciones de cultivo suspendido, a 2, 6 y 10 metros de profundidad. El periodo experimental estuvo comprendido entre octubre de 2018 y marzo de 2019. Los juveniles de *P. sterna* mostraron una talla inicial de  $42,6 \pm 0,94$  mm. Los individuos fueron colocados en cestas de cultivo y suspendidas en un long line ubicado en la zona concesionada de la Cooperativa COOPROACMAR ubicada en la comuna Palmar, en la zona norte de la península de Santa Elena. El crecimiento se evaluó mensualmente tomando en cuenta los axis antero-posterior, dorso-ventral e intervalvar de la concha, y las masas de la concha y de los tejidos suaves. Estas últimas variables permitieron determinar el índice de condición de los individuos cultivados. También se registró la masa de la fauna incrustante fijada sobre la concha (biofouling). Junto con estas variables biométricas se llevaron registros mensuales de las variables ambientales temperatura, salinidad, seston y clorofila *a*, en cada una de las profundidades estudiadas. La supervivencia de las ostras fue evaluada en cada muestreo, manteniendo la misma densidad de cultivo en todas las profundidades estudiadas. Los resultados evidenciaron un incremento sostenido en talla y masa de los individuos en las tres profundidades, alcanzando el mayor crecimiento en talla a la profundidad de 10 m ( $82,2 \pm 0,91$  mm), seguido de 6 m ( $78,4 \pm 1,5$  mm) y 2 m ( $77,2 \pm 0,91$  mm). En lo que respecta a la masa de tejido blandos, no se observaron diferencias significativas entre las profundidades alcanzando valores alrededor de 4,6 g de masa seca, al final del periodo experimental. El biofouling no ejerció un efecto negativo en el crecimiento de las ostras, a juzgar por el incremento sostenido observado en las mismas. Al final del estudio la supervivencia obtenida fue elevada, mostrando valores mayores al 90% en las tres profundidades. El incremento sostenido en la talla de las ostras cultivadas puede ser atribuido a la constante disponibilidad de alimento (clorofila *a* y seston). Los resultados obtenidos indican que la especie puede ser cultivada aprovechando a columna de agua hasta profundidades de 10 metros. Basados en el desempeño

(crecimiento/supervivencia) de los individuos cultivados se discuten las ventajas de llevar a cabo futuros proyectos de producción de la concha nácar *P. sterna*, en las costas del Ecuador.

**PALABRAS CLAVE:** *Pteria sterna*, crecimiento, profundidad, variabilidad ambiental

## 1. INTRODUCCIÓN

Los moluscos, como recurso biológico brindan una amplia variedad de utilidades. Por un lado, son recursos pesquero-extractivos a nivel mundial y, por otro lado, son cultivados con el fin de abastecer la gran demanda mundial de proteína animal (FAO, 2016). En este último caso, el cultivo de moluscos y concretamente el de bivalvos es un modelo a seguir para el desarrollo económico sostenible y la conservación marina ya que brinda a las comunidades costeras una actividad económica alternativa a la pesca (Cartier et al., 2012; Castiñeira, 2013). Entre los moluscos más rentables y provechosos en la producción acuícola destacan las ostras perleras cuya capacidad de formar gemas preciosas ha fascinado a la humanidad que las ha apreciado como tesoros, símbolos de riqueza, poder y prestigio, desde los albores del tiempo (Gutiérrez, 2003). En sus inicios, la actividad perlera se basó en la explotación de los bancos perleros que mostraron signos de sobreexplotación y agotamiento ya en el año de 1900 (Southgate y Lucas, 2008). Es por ello que a mediados del siglo XX se fue implantando progresivamente la actividad acuícola cuya rentabilidad se maximizó en la perlicultura (Ivanova et al., 2017). Actualmente, el cultivo de ostras perleras es una gran industria que aporta divisas a países donde el cultivo se realiza industrialmente, como es el caso de Japón, que es considerado como el primer productor de perlas a nivel mundial, reportando exportaciones anuales que sobrepasan los USD\$200 millones (Nosis, 2017).

Entre los bivalvos perleros se encuentran los géneros *Pinctada* y *Pteria* de la familia Pteriidae, en la que destacan varias especies por presentar una gran gama de color en el nácar, muy vistoso y exótico a partir del cual se extraen las perlas (Ruiz et al., 2006; Monteforte y Cariño, 2013). En América el país pionero en el cultivo de ostras perleras es México con la concha nácar *Pteria sterna* y la madre perla *Pinctada mazatlanica* que además soportan la industria perlera del país (Gallo et al., 2014). De estas dos especies, *P. sterna* presenta una excelente calidad de nácar, con una fuerte iridiscencia y gran variedad de exóticos colores (azulados, verdosos,

morados y dorados) produciendo perlas enteras o mabés (medias perlas) de alta calidad (AAA), utilizando diferentes técnicas como la implantación de núcleos esféricos o semiesferas (Monteforte, 1990; 1991; 1996; Kiefert et al., 2004).

En el Ecuador y particularmente en la península de Santa Elena el cultivo de *P. sterna* se ha realizado a nivel experimental con resultados alentadores que apuntan a que el cultivo de moluscos se pueda diversificar con la utilización de esta especie. Una de las principales características del cultivo de concha nácar es el rápido crecimiento que muestran alcanzando tallas de 90 mm en tan sólo 11 meses de cultivo (Jara et al., 2016; Lodeiros et al., 2018). Además, la producción de medias perlas se ha logrado en tan solo 5 meses, lo que demuestra que esta actividad podría ser rentable y competitiva frente a la producción mexicana que tarda más de 2,5 años aproximadamente (Jara et al., 2017). Considerando que la producción de perlas puede ser considerada como un modelo de desarrollo económico sostenible y de conservación del medio ambiente, el interés por el cultivo de *P. sterna* se ha incrementado considerablemente (Cartier et al., 2012; Cáceres, 2012).

En relación a la biología y los procesos vitales de los bivalvos se refiere, incluidas las ostras perleras, se sabe que están controlados por factores ambientales como la profundidad, la temperatura y la disponibilidad de alimentos, los cuales condicionan el crecimiento, el estado fisiológico y el ciclo reproductivo, por lo que su conocimiento resulta de vital importancia en acuicultura (Gómez-Robles et al., 2013; Buendía, 2017). El conocimiento del efecto de estos factores sobre el crecimiento, reproducción y estado fisiológico, es fundamental para garantizar la optimización del cultivo y la producción de proteínas de alta calidad, así como de perlas (Pit y Southgate, 2003; Sará et al., 2008; Saucedo et al., 2015). En este sentido, en los estudios llevados a cabo por Freites et al., (sometida) y Gregori et al., 2018 se llevó a la conclusión de que hubo un crecimiento diferencial entre dos sitios de cultivo (Ayangué vs Palmar) debido a condiciones medioambientales distintas dadas a diferentes profundidades. Así, las condiciones del sitio de cultivo

pueden influir en el crecimiento de juveniles de ostras perleras (Yoo et al., 1986; Pouvreau y Prasil, 2001) y la profundidad puede mostrar diferencias en cuanto el crecimiento y mortalidad que se atribuyen a la variabilidad de factores ambientales que se presentan en la columna de agua (Freites et al., 1996; Acosta et al., 2009). Además del desconocimiento de la biología de los bivalvos productores de perlas en el Ecuador, los cultivos se enfrentan a una serie de problemáticas como por ejemplo la depredación y las incrustaciones o biofouling. En este sentido, algunos autores sugieren que el crecimiento de los bivalvos es limitado por la intensa fijación del biofouling sobre las mallas y conchas de los bivalvos cultivados en estos recintos (Claereboudt et al., 1994; Taylor et al., 1997; Lodeiros y García, 2004); y que el crecimiento de la masa del músculo de las vieiras fue un 68% en las cestas limpias que en las afectadas por el biofouling, y que el mismo mostraba una menor incidencia a mayor profundidad de cultivo (Claereboudt et al., 1994).

Los bivalvos, como cualquier otro animal no están exentos de depredadores como peces principalmente de la familia Ballistidae, gasterópodos de las familias Ranellidae y Muricidae, los cuales causan pérdidas económicas a tener en cuenta, ya que destruyen las cestas de cultivo al tiempo que eliminan las ostras cultivadas en sistemas de cultivo suspendido o Long-line (Zhou y Pan, 1999; Malavé et al., 2012). Así mismo, las incrustaciones en la concha o biofouling se conoce que afectan el crecimiento y la supervivencia de las ostras debido a la competencia por el alimento, puesto que la mayoría de estos epibiontes son también filtradores (Pit y Southgate, 2003; Kimani et al., 2008; García et al., 2016), ocasionando un incremento del trabajo en los cultivos de ostras, ya que, la limpieza de los animales se vuelve un requerimiento necesario en las faenas de mantenimiento.

Por lo antes mencionado la profundidad es un factor a tener en consideración en el cultivo de ostras, ya que podría modificar del crecimiento, que junto con a la relación existente entre temperatura, disponibilidad de alimento y profundidad, son los principales reguladores fisiológicos en los moluscos bivalvos (Côté et al., 1993; Smitasiri et al., 1994; Lodeiros et al., 1998; García, 2016;). Es por ello que los estudios de crecimiento comparativo en función de la profundidad y las variables

biológico-ambientales permitirán determinar la profundidad óptima para el cultivo de las ostras perleras.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Algunos de los principales factores directos que impactan y amenazan la biodiversidad son la pérdida de hábitats, la introducción/aparición de especies invasoras, la sobreexplotación, la contaminación, el cambio climático y la acidificación de los océanos, pero a pesar de ello el cultivo de moluscos bivalvos es ventajoso porque: (i) son una importante fuente de proteína animal de origen marino con elevados niveles de ácidos grasos esenciales ( $\omega 3$  y  $\omega 6$ ) que los hacen un buen candidato para su cultivo; (ii) en comparación con el cultivo de peces y crustáceos los moluscos no necesitan alimento balanceado, ya que al ser filtradores captan su propio alimento del medio (fitoplancton), reduciendo el impacto ambiental y la presión pesquera para la producción de harinas de pescado con las que se elabora dicho balanceado (Uriarte et al., 2007; González et al., 2009; Leonart, 2011); (iii) en Ecuador los productores de bivalvos son escasos abasteciendo un mercado en crecimiento; (iv) el sector perlero está todavía por explotar. El cultivo de esta especie de bivalvo, *Pteria sterna* presenta un beneficio dual que favorece, además, el cumplimiento del objetivo 6 del ejercicio 2 del Plan Nacional de Desarrollo *Toda una Vida*, que impulsa los modelos de producción alternativa e incluyentes que permitan favorecer el poder organizativo de las localidades impulsando el desarrollo de sistemas productivos bajo el enfoque agroecológico, garantizando la soberanía alimentaria (Aportes Gremios GAD, 2017). Dentro de las políticas desarrolladas en el Plan Nacional de Desarrollo *Toda una Vida*, esta actividad se enmarca en los puntos 6.1; 6.4; 6.5 y 6.7.

Por otra parte, con el fin de diversificar la acuicultura marina en Ecuador, los estudios relacionados con el cultivo de *P. sterna* la poseen como una especie que surge para implementar la perlicultura. Por todo ello, los estudios enfocados en la mejora de las condiciones de crianza de esta especie pueden brindar información más certera sobre las técnicas adecuadas para su cultivo, por lo que este trabajo pretende identificar la profundidad a la cual situar los cultivos que proporcionen el crecimiento óptimo de la especie generando así el conocimiento

necesario que maximice la producción de *P. sterna* en miras a implantar esta actividad acuícola en Ecuador.

## 2. OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento y supervivencia de la concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) bajo la influencia de variables ambientales y epibiontes, en tres profundidades diferentes.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir el crecimiento en talla, masa de concha y de los tejidos siveles de la concha nácar *Pteria sterna*.
- Cuantificar la supervivencia de la concha nácar *Pteria sterna*.
- Monitorear los factores ambientales (temperatura, salinidad, clorofila a y seston) en las tres profundidades de cultivo.
- Estimar la masa del biofouling adherido a las conchas sobre el crecimiento *P. sterna*.

#### 4. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** La profundidad es un factor que afecta de manera significativa al crecimiento, al estado fisiológico y la supervivencia de *P. sterna*.

**H<sub>a</sub>:** La profundidad es un factor que no afecta de manera significativa al crecimiento, al estado fisiológico y la supervivencia de *P. sterna*.

## **5. MARCO TEÓRICO**

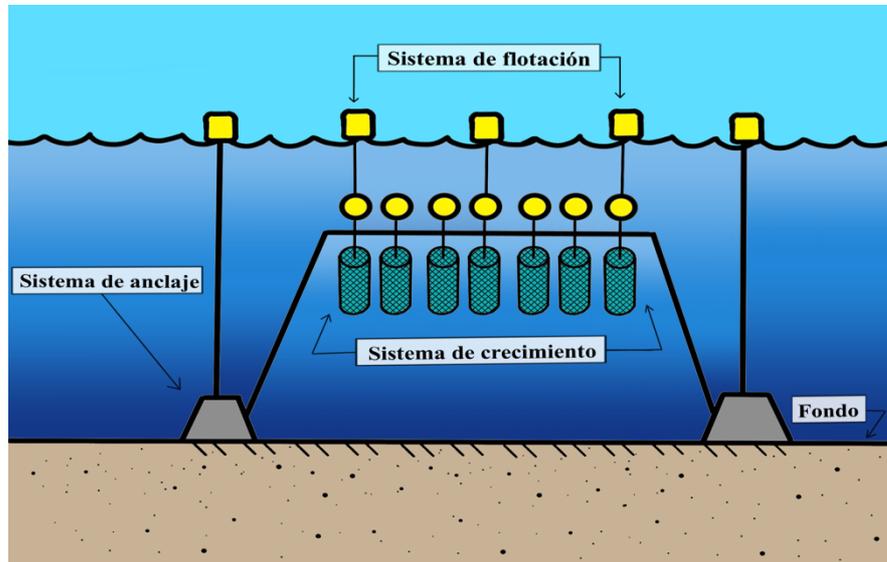
### **5.1 MARICULTURA**

La maricultura es una actividad productiva semejante a la agricultura ya que ambas se dedican a cultivar y engordar organismos, salvo que la maricultura se realiza en las zonas marítimo-costeras. La maricultura o acuicultura marina es por tanto definida como el conjunto de técnicas orientadas a la crianza de organismos acuáticos en su propio medio, aunque también en algunos casos esta actividad está dirigida a la recuperación de recursos que beneficien a la humanidad (Portilla, 1991). Existen muchas especies marinas de interés comercial que se han logrado cultivar con éxito, sobresaliendo los moluscos bivalvos por ser altamente productivos y fáciles de domesticar, como es el caso del mejillón gallego. Este tipo de cultivos se ha desarrollado a través de diferentes métodos y técnicas en el que destaca el empleo de sistemas suspendidos o “long lines”. Este sistema de origen japonés permite colocar múltiples artes de cultivo para la crianza de moluscos bivalvos como las pearl nets, las linternas pre-cultivo o de crecimiento y las linternas de cultivo final o de engorde en función de la talla que va adquiriendo el bivalvo cultivado (Callon, 1986).

### **5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LONG – LINE**

Es una estructura flotante de forma trapezoidal (Fig. 1) que está formada por una línea principal o línea madre de 100 metros de longitud (cabo de polipropileno o nylon), anclada al fondo por los extremos a un sistema de anclaje que se mantiene a unos 5 metros de profundidad, desde la superficie del mar con la ayuda de sistemas de flotación (Fig. 1). En dicha línea principal se encuentran distribuidas argollas u “orejas” donde se sujetan unas 100 unidades de cultivo (Basurto, 2017).

A continuación se describen detalladamente los componentes de un sistema de “long-line”:



**Figura 1.** Esquema de los componentes y disposición de un sistema "long-line": sistema de flotación (superficie), sistema de crecimiento (línea madre del cultivo), sistema de anclaje (fondo). Editado de Ferreira, 2009.

### 5.3 SISTEMA DE FLOTABILIDAD

La función principal de este componente es mantener en suspensión la línea principal impidiendo su hundimiento (Fig. 1). Se compone de boyas de alto impacto que soportan el embate de las olas, o de flotadores de diversas formas, materiales y capacidades situados a unos 10 metros cada uno y ubicados en los tramos donde existe mayor tensión producida por el peso de los artes de cultivo (Quayle, 1981).

#### **5.4 SISTEMA DE ANCLAJE Y FONDEO**

Este sistema está conformado por lastres de concreto fondeados en cada uno de los extremos de la línea madre con un peso que oscila entre 500 a 800 kg (Fig. 1). Este lastre impide que el sistema de cultivo sea desplazado por el efecto de las fuerzas dinámicas y empuje que experimentan las unidades de cultivo por las corrientes marinas, mareas, etc. El número de lastres dependerá de las condiciones oceanográficas del sitio donde se instale el sistema de cultivo.

#### **5.5 SISTEMA DE CRECIMIENTO**

El sistema de crecimiento está conformado la línea madre de la que cuelgan distintos tipos de cestas en función del tamaño de los organismos cultivados, siendo el primero de ellos el pearl nets en donde se siembra la semilla de 3 – 4 mm. Las linternas de crecimiento para tamaños de 5 – 11 mm y engorde para tallas de más de 11mm. Este sistema se encuentra anclado a la línea madre a la profundidad deseada hasta que los organismos alcanzan la talla de comercialización. En ese lapso de tiempo se realizarán maniobras de mantenimiento, limpieza del sistema y desdoble en cada una de las unidades de cultivo que garanticen su máximo rendimiento (Colusso, 2015).

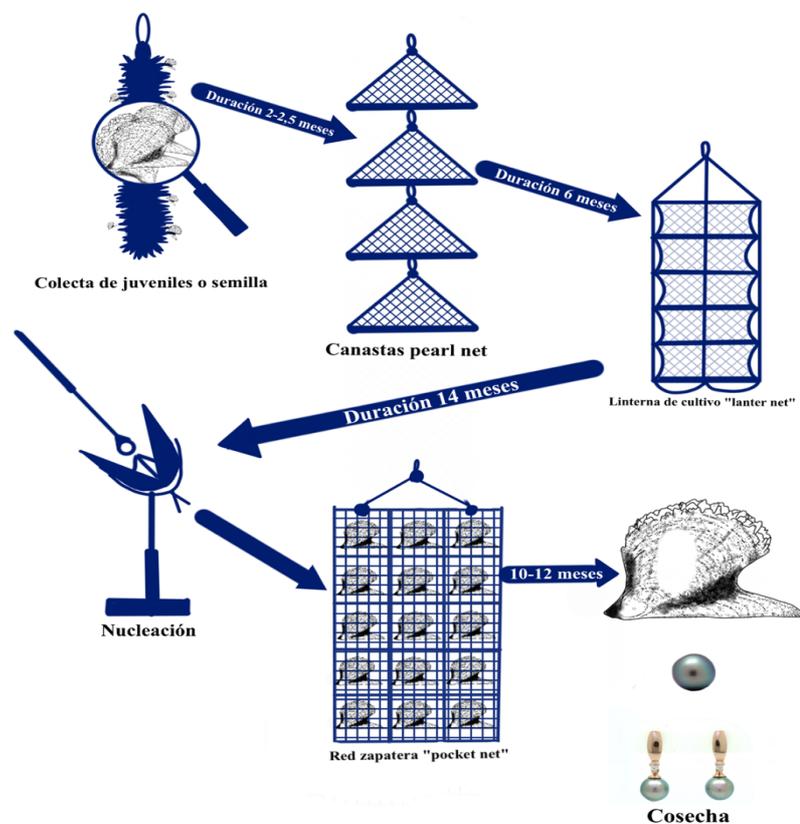
#### **5.6 ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE OSTRAS PERLERAS**

Las ostras perleras son especies que tienen la capacidad de ser aprovechadas integralmente para generar productos con un alto valor agregado como medias perlas, perlas esféricas, concha, nácar y callo que evidencia su alta competitividad de la acuicultura como especies (Monteforte, 1991; Saucedo, 2001). A nivel

internacional la industria perlera es apreciada como actividad afianzada e incluso en crecimiento en algunos países del Pacífico Sur, siendo los principales países productores de perlas Japón, Australia, Tahití y China (Southgate y Beer, 1997). En América el único país con cultivos de ostras perleras es México, en donde la perlicultura representa una actividad con un prominente potencial de desarrollo (Monteforte, 1996). Las especies de ostras perleras en el litoral del Pacífico Americano son: la madreperla *Pinctada mazatlanica*, con una talla máxima de hasta 18 cm de altura de concha y la concha nácar *Pteria sterna*, que llega a alcanzar una talla máxima de hasta 16 cm de altura (Saucedo, 2008). Históricamente, el primer cultivo de ostras perleras en América se registró en México, en la Isla Espíritu Santo de la Bahía de la Paz, en donde se fundó una empresa denominada “Compañía Productora de Concha y Perlas” administrada por Juan Gastón Vives, entre 1898 y 1914 mostrando un éxito formidable en el cultivo, comercialización y exportación de perlas naturales (Cariño y Monteforte, 1995). Diferentes problemas políticos y guerra civil esta empresa fue destruida, por lo que para abastecer el mercado la obtención de las perlas desde ese entonces se realizó capturando las ostras de los bancos naturales generado la sobreexplotación y agotamiento de estos que hasta ahora no se han recuperado. Con los bancos naturales agotados, fue en los años 1980 que se iniciaron notables estudios de repoblación que, en su mayoría se orientaron al desarrollo de técnicas de cultivo y perlicultura con resultados no muy exitosos. Desde estas primeras experiencias y bajo la tutela de expertos perleros mundiales, se desarrollaron trabajos de investigación dirigidos por Mario Monteforte que les permitió cerrar el ciclo biológico completo en una granja de perlas, logrando así el desarrollo tecnológico para la producción de perlas de buena calidad. Este proceso propició la aparición de empresas especializadas como Perlas del Mar de Cortez y Perlas de Cortez, las cuales han desarrollado exitosamente el cultivo de ostras perleras como *P. sterna* cuyas perlas son reconocidas por la gran calidad de la joyería que producen posicionando a México como el único país productor de perlas de esta especie a nivel mundial.

## 5.7 ETAPAS DEL PROCESO DE CULTIVO DE *Pteria sterna* EN MÉXICO

Las etapas del proceso de cultivo pueden resumirse en 5 (Fig. 2). La primera etapa consiste en la obtención de juveniles de ostra o semilla que se realiza mediante un sistema de colectores (bolso cebollero) se instalan en el sistema de cultivo “long-line” de 2 a 2,5 meses concordando con la época de mayor reclutamiento que coinciden con los meses más fríos, con temperaturas de las masas de agua de entre 22 °C y 23 °C. Pasado ese tiempo se retiran los colectores y se selecciona la semilla que será utilizada en el cultivo. Es aquí donde comienza la segunda etapa en la que la semilla seleccionada se coloca en canastas “pearl net” en elevadas densidades y se colocan de nuevo a la línea madre. Esta etapa dura aproximadamente unos 6 meses con un estricto control de mantenimiento que minimice la mortalidad de las ostras. Durante este periodo las ostras alcanzan una longitud dorso-ventral de 40 - 45 mm. a partir de la cual son trasladadas a las cestas de engorde “lanter net” dando inicio a la tercera etapa, donde se mantendrán aproximadamente 14 meses (Monteforte, 2013) hasta que alcancen la talla apropiada para la implantación de núcleos. La cuarta etapa, la perlicultura, en la que las ostras son cosechadas y preparadas para la cirugía de implantación de núcleos. En esta etapa se considerará si se realiza perla entera o mabé. En ambos casos las ostras se trasladan al quirófano de perlicultura donde se ejecutará la cirugía de implantación de núcleos. En el primer caso (perla entera) se utilizan núcleos redondos de 7-8 mm de diámetro previamente rodeados con manto secretor de una ostra donante que se colocan en el tejido cercano a la gónada de la ostra receptora. En el segundo caso (mabés) se colocan medias esferas de entre de 13,5 a 14 mm en la cara interna de la concha que serán recubiertas con nácar. Posteriormente, las ostras nucleadas pasan por la fase de recuperación de cirugía siendo las sobrevivientes colocadas en la red zapatera “pocket net”, dando inicio a la quinta etapa aquí descrita para la formación de las perlas en la que los organismos recubren los núcleos con nácar. En unos 16 a 18 meses se formarán las perlas libres o enteras y entre 10 a 12 meses las mabé. Pasado ese tiempo las perlas se cosechan para extraer las perlas para los diferentes fines comerciales.



**Figura 2.** Esquema explicativo de las distintas etapas del cultivo de *P. sterna* y producción de perlas. Las etapas del cultivo comprenden la colecta de semilla, cultivo en canastas pearl net, linternas de cultivo, nucleación, cultivo en red zapatera y cosecha. Editada de Cortezpearl, 2018.

### 5.8 GENERALIDADES DE *Pteria sterna*

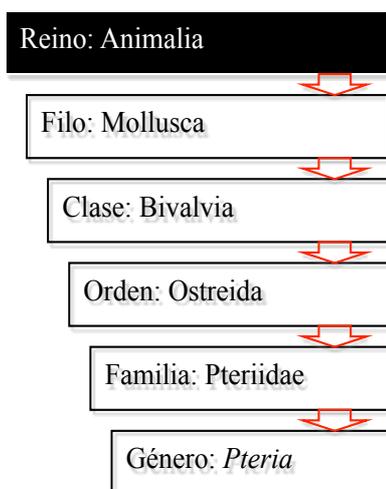
Dentro de la familia Pteriidae se encuentra la concha nácar *Pteria sterna* cuyas valvas son convexas, irregulares, parcialmente delgadas y rugosas (Fig. 3). La concha generalmente, es ovalada con una prolongación en el margen posterior. Esta prolongación parecida a un ala da el nombre a la especie puesto que *pterion* proviene del griego que significa ala (Saucedo, 1991). La superficie de la concha puede presentar escamas radiales aplanadas y espinas que se presentan más fuertes

y densas en el borde ventral de la concha (Barnes, 1985; Fisher et al., 1995). La cara externa de la concha o periostraco es de color café oscuro con ligeros tonos claros mientras la cara interna de concha o hipostraco es nacarada con iridiscentes colores de rosáceos a púrpura. La longitud máxima registrada es de 120 mm, alcanzando la madurez sexual a los 50 mm (Saucedo y Monteforte, 1990; Shirai y Sano, 1979).

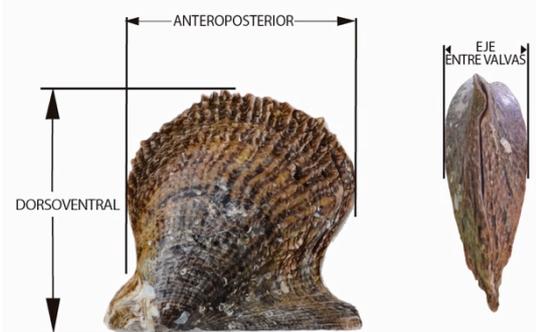
### 5.9 CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS PARA IDENTIFICACIÓN DE *P. sterna*

Concha bastante comprimida, valvas a menudo desiguales. Superficie externa escamosa a lamelada. Línea de la charnela recta, con tendencia a formar una proyección triangular (orejuela) en cada extremo. Ligamento alargado, externo, pero embutido. Charnela sin dientes, o con dientes muy atrofiados. Superficie interna nacarada. Impresiones musculares muy desiguales, la anterior pequeña a ausente. Seno paleal ausente. Bisó presente. (Guía de campo de las especies comerciales marinas y de agua salobre de la costa septentrional de sur América, FAO, 1992, Pág. 71)

### 5.10 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA



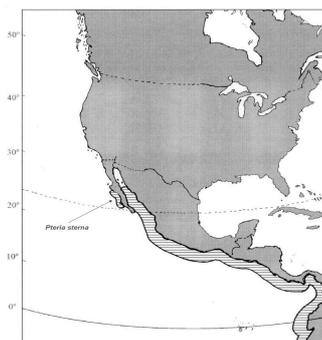
Especie: *Pteria sterna* (Gould, 1851)



**Figura 2.** Vista externa de la concha. Se muestran la talla antero-posterior, dorso-ventral y eje entre valvas.

### 5.11 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y HÁBITAT

Se distribuye desde California (México) hasta Pimentel (Perú) (Fig. 4) con poblaciones bien identificadas en la costa del Pacífico tropical y subtropical de América, desde el Golfo de California a Talara, Perú (Valdivieso, 1997; Ordinola et al., 2013). Es una especie que puede sobrevivir en aguas muy turbias, soportando temperaturas menores a 18 °C y mayores a 32 °C, y salinidades menores a 34.5 ups y mayores a 37 ups, características que le confieren una gran diversidad de estrategias para permanecer en una zona o extender su distribución geográfica (Araya-Nuñez O et al., 1991).



**Figura 3.** Distribución geográfica de *Pteria sterna*. Fuente: FAO, 2014

### 5.12 IMPORTANCIA DE LA CONCHA NÁCAR COMO RECURSO NATURAL APROVECHABLE

La concha nácar se destaca por su importancia en la diversificación de recursos naturales aprovechables y sustentables con miras a desarrollar actividades productivas que mantengan las condiciones ambientales saludables y productivas, siendo apreciada por los beneficios que puede brindar. El aprovechamiento de esta especie no solo ocurre por la comercialización del músculo aductor, también se aprovechan su concha y su capacidad de producir perlas, cuyo nácar es de mejor

calidad que *Pinctada mazatlanica*, según afirman expertos internacionales (Avilés y Mazón, 1989). A pesar de todas sus ventajas la investigación científica sigue siendo importante para ayudar a comprender la biología y fisiología de las ostras en sistemas de cultivo, que provea el conocimiento adecuado para fomentar los proyectos productivos con garantías suficientes en países como Ecuador.

### **5.13 INFLUENCIA DE LA PROFUNDIDAD EN CULTIVO DE MOLUSCOS**

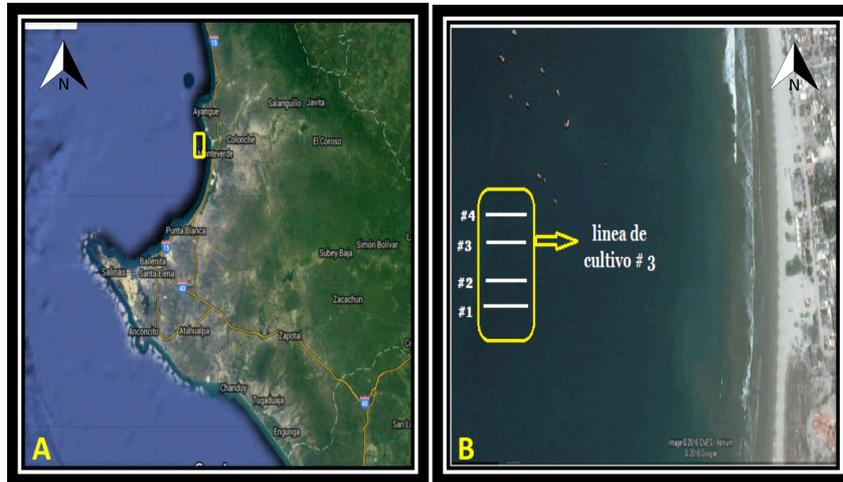
La acuicultura es considerada como el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas posicionada como una importante actividad económica de producción de alimentos, materias primas de uso industrial y farmacéutico, y organismos vivos para repoblación u ornamentación. Por lo tanto, el conocimiento de las condiciones ambientales idóneas para que una especie en concreto crezca en óptimas condiciones es un requerimiento básico para garantizar el rendimiento de los organismos en el cultivo y por ende, la actividad económica. En el caso de los moluscos bivalvos cultivados en sistemas suspendidos se ha descrito que a diferentes profundidades el crecimiento de las ostras es distinto puesto que existen variaciones en las condiciones ambientales de las masas de agua donde está instalado el cultivo. Así, Lodeiros et al., 1998, 2012 cultivando scallop *Nodipecten nodosus* y *Euvola ziczac* determinó que a mayor profundidad el crecimiento fue menor. García et al., 2016 observó en *Perna Perna* y *Perna viridis* que el crecimiento fue menor también a mayores profundidades. En el caso de ostras perleras se describen resultados similares, como en *Pinctada fucata martensii* y *Pinctada margaritifera* en las que su tasa de crecimiento decrece con el aumento de la profundidad (Tomaru, et al., 2002; Gasca-Carreón, 2019). En todos estos casos, la relación inversa entre crecimiento y profundidad se atribuyó a una disminución de la biomasa de fitoplancton y la variación de la temperatura que

desciende a medida que aumenta la profundidad. Se sabe que temperatura juega un papel importante en la fisiología y el metabolismo de las ostras regulando procesos vitales, mientras que la disponibilidad de alimento, su composición y la cantidad del mismo regula los eventos reproductivos (Vite y Saucedo, 2008; Cáceres-Puig et al., 2009; Helmuth et al., 2010;). Por otra parte, los factores biológicos como la aparición de organismos incrustantes en la concha (biofouling) también son importantes, ya que pueden limitar el crecimiento y supervivencia de las ostras como consecuencia del agotamiento del alimenticio, puesto que en su mayoría son organismos que compiten por el alimento (Lodeiros y Himmelman, 1996; Pit y Southgate, 2003). Además, la presencia de depredadores puede causar estrés y mortalidad entre las ostras, donde se han registrado gasterópodos de la familia Ranellidae y Muricidae que son de los depredadores más perjudiciales para el cultivo de ostras ocasionando pérdidas en la producción (Freites et al., 2000). Debido a que ha sido mostrado que los factores ambientales físico-químicos y biológicos varían a lo largo de la columna de agua (Acosta et al; 2009; Miliones y Southgate, 2012) se hace indispensable conocer a cuántos metros se deben de colocar los artes de cultivo con la intención de maximizar el crecimiento de las ostras rentabilizando al máximo la actividad productiva.

## 7. MARCO METODOLOGICO

### 7.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en la Comuna de Palmar (Fig. 5 A) en la concesión otorgada a la Cooperativa de producción acuícola-COOPROACMAR ( $2^{\circ} 1'47.69''$  S;  $80^{\circ}45'16.30''$  W; Fig. 5 B)

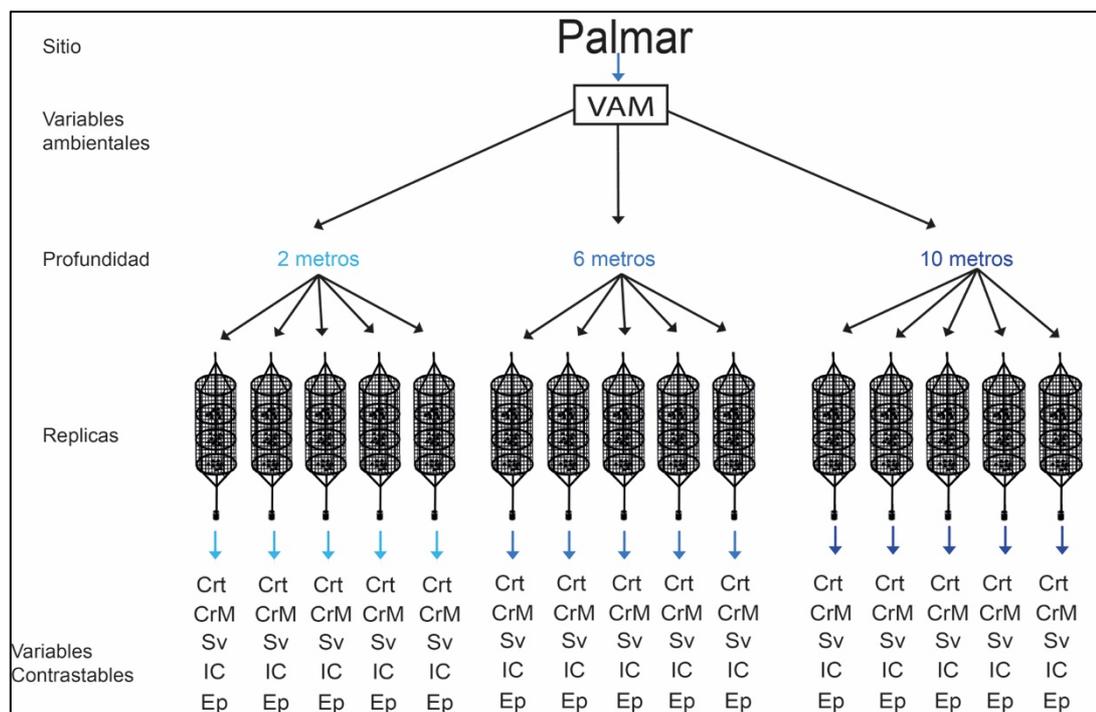


**Figura 4.** Ubicación espacial del área de estudio. A) Mapa general de la península de Santa Elena; B) Mapa en detalle del área concesionada donde se sitúan las líneas de cultivo. Fuente: Google Earth, 2018; modificado por Franklin Jara.

### 7.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la Comuna de Palmar se sembraron un total de 675 individuos reclutados en colectores artificiales y distribuidos en 15 cestas, 5 en cada una de las profundidades estudiadas, por lo que a 2 metros se instalaron 5 cestas, a 6 metros otras 5 y

finalmente a 10 m los 5 restantes (Fig. 6). Las cestas utilizadas, de 3 pisos, fueron artesanalmente construidas siguiendo la recomendación del Dr. Freites en estudios previos (Freites et al., sometido). En cada uno de los pisos se colocaron un total de 15 ostras con una talla inicial promediada de altura dorso-ventral de 43 mm (n= 15), por lo que en cada profundidad se colocaron 225 animales. Mensualmente se realizaron los muestreos retirando 15 organismos de forma aleatoria en cada una de las profundidades tomando la talla, el peso, n° animales muertos, la masa de epibiontes, y se calculó el índice de condición (IC) además de registrar las variables ambientales.



**Figura 5.** Diseño experimental con las variables contrastables: CrT = Crecimiento en talla (la altura dorsoventral, longitud anteroposterior, y grosor entre valvas de la concha), CrM = Crecimiento en masa, IC= Índice de Condición, Sv = Supervivencia, Ep= Epibiontes en la concha, Vam= parámetros ambientales (temperatura, salinidad, clorofila, seston).

### **6.3 MUESTREO DE PARÁMETROS AMBIENTALES**

Mensualmente se registraron la temperatura y la salinidad en las tres profundidades con la ayuda de una sonda multiparámetros HANNA HI 9829 cedida por la Fac. CCMar-UPSE. Para la cuantificación de la biomasa fitoplanctónica y el seston se tomaron tres muestras de agua de 1 litro por cada profundidad. Estas fueron transferidas a recipientes de plásticos y transportadas al laboratorio. Las muestras de agua fueron pre filtradas (153  $\mu\text{m}$ ) para eliminar partículas grandes y zooplancton y fueron filtradas a través de filtros Whatman GF/F de 0.7  $\mu\text{m}$  prelavados y secados a 450 °C durante 4 h. Luego de filtradas las muestras, los filtros fueron enjuagados con formiato de amonio isotónico (0,5 M) para eliminar las sales marinas. El seston total y su fracción orgánica, fue obtenido por el método gravimétrico después de la combustión de los filtros en una Mufla (450 °C, 4 h). La abundancia de fitoplancton se estimó mediante la clorofila empleando la técnica fotométrica descrita por Strickland y Parson, (1972). Estos análisis fueron realizados en el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas-ESPOL, Ecuador. La salinidad se expresa en unidades prácticas de salinidad (UPS).

### **6.4 TRABAJO DE LABORATORIO**

Las ostras se trasladaron al laboratorio de biotecnología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena donde las conchas se midieron teniendo en cuenta la altura dorso-ventral, longitud antero-posterior y el grosor entre valvas (Fig. 3) con la ayuda de un vernier con una precisión de 0.01 mm. Los ejemplares se pesaron separadamente con la ayuda de una balanza de 0,1g de precisión. una vez separado el tejido blando de la concha. Ambos se deshidrataron en una estufa de marca Nemmer a 80°C durante 48 horas. Una vez deshidratadas se volvió a tomar el peso seco del tejido blando y de la concha, procediendo a la extracción mediante raspado de la superficie de los epibiontes adheridos. Con los datos obtenidos se calculó el índice de condición siguiendo la fórmula propuesta por Narváez et al., (2009):

$$IC = (\text{peso de tejido blando seco} / \text{peso total seco del animal}) \times 100$$

Donde IC es el índice de condición y el peso total es la sumatoria del peso seco del tejido suave más el peso seco de la concha.

## 6.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar diferencias en el crecimiento entre los diferentes axis de la concha, la masa seca de la concha, los tejidos blandos y la masa seca de los epibiontes adheridos a la concha, además del índice de condición y la supervivencia, se analizaron utilizando un ANOVA de una vía, después de la verificación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad de las varianzas. Si alguno de estos factores mostrara un efecto significativo ( $p < 0.05$ ), se aplicó un análisis post-hoc de Duncan.

Para la evaluación del efecto de los factores ambientales sobre el crecimiento (en los diferentes axis de la concha), índices de condición, masa seca de los tejidos blandos y de los epibiontes, estos fueron contrastados con la media de cada factor ambiental, correspondiente al mismo periodo.

Con la finalidad de observar la influencia de las variables ambientales sobre los parámetros biométricos de las ostras y sus tasas de crecimiento se aplicó como método exploratorio de ordenación gráfica el análisis de correspondencia canónica utilizando software estadístico R (R Core Team 2015).

## 8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 8.1 PARÁMETROS AMBIENTALES:

#### 7.1.1 CLOROFILA

De manera general, las concentraciones de clorofila *a* mostraron una serie de incrementos y disminuciones alternativos a lo largo del periodo de estudio (Fig. 6A), observando que en el periodo comprendido entre octubre y diciembre, las mayores concentraciones fueron obtenidas a la profundidad de 6 m. seguido de caídas en la concentración de clorofila *a* a 6 y 10 m de profundidad, y nuevos incrementos al final del periodo de estudio, sobre todo a la profundidad de 10, donde se registraron los más altos valores en febrero ( $3,95 \pm 0,07 \mu\text{g L}^{-1}$ ) y marzo ( $3,83 \pm 0,06 \mu\text{g L}^{-1}$ ) del 2019. Las menores concentraciones de clorofila *a* fueron observadas al inicio del estudio, con valores comprendidos entre los 0,7 y  $1,3 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Aunque es notable la fluctuación de las concentraciones de la biomasa fitoplanctónica, en casi todo el periodo de estudio las concentraciones de esta variable supera los  $1 \mu\text{g L}^{-1}$ , misma que es considerada como adecuada para el cultivo de bivalvos (Lodeiros y Freites, 2008; Moreno et al., 2010). No obstante, se ha considerado que una biomasa media anual de fitoplancton por debajo de 2-3 mg Clorofila *a*  $\text{m}^{-3}$  puede limitarse al cultivo intensivo de bivalvos (Saxby, 2002). Esto no parece ser cierto en nuestro caso, si tomamos en cuenta que el crecimiento en talla y biomasa fue sostenido durante todo el periodo de estudio, alcanzando tallas de 8 cm. Esto último sugiere que las relativas altas tasas de crecimiento de *P. sterna* observadas en nuestro estudio ponen en evidencia el potencial de la especie para obtener rápidamente las tallas mínimas recomendadas para la producción de perlas (70–80 mm; Saucedo et al., 1998; Serna-Gallo et al., 2014), que se puede lograr en aproximadamente 7 a 8 meses, de acuerdo con la curva de crecimiento obtenida en

el presente estudio. Estos resultados contrastan con la proyección de 24 meses que Gaytan-Mondragon et al., (1993) estiman necesarias para alcanzar el apropiado tamaño para la implantación de núcleos en esta especie, en el Pacífico mexicano.

### 7.1.2 SESTON

La concentración de seston total mostró similar comportamiento en magnitud y tendencia en las profundidades de 6 y 10 m (Fig. 6B), mientras que en la más superficial (2 m) mostró un comportamiento diferente a las de mayor profundidad, mostrando los menores valores en noviembre del 2018 ( $5,30 \text{ mg L}^{-1}$ ) y los más altos en febrero del 2019 ( $11,87 \text{ mg L}^{-1}$ ), evidenciando así las mayores variaciones. Inicialmente, los contenidos de seston total registrados en octubre fueron bajos en las tres profundidades ( $7,10\text{-}8,80 \text{ mg L}^{-1}$ ), luego se vieron incrementados a contenidos que superaron los  $10 \text{ mg L}^{-1}$  en los meses de diciembre (6 y 10 m) y febrero (10 m), para finalmente disminuir en todas las profundidades a valores alrededor de  $7\text{-}8 \text{ mg L}^{-1}$ , en el mes de marzo. En cuanto a la concentración total de seston a los 2 m de profundidad, claramente se detectó una elevación de esta variable ambiental en los meses de diciembre a febrero, donde se registró el pico máximo ( $12 \text{ mg L}^{-1}$ ), para luego disminuir abruptamente en marzo (Fig. 6B). Este incremento del seston total en la profundidad más superficial probablemente pudiese estar relacionado con el inicio del periodo de lluvias que acontecieron a partir del mes de febrero del 2019, como una intrusión de una masa de agua o cuña salina proveniente de la boca del estero que se encuentra ubicado en el extremo norte de la playa del Palmar y que normalmente viene cargado de altas concentraciones de materiales terrígenos. Lo antes expuesto se ve confirmado por la disminución de la salinidad en el mes de febrero, en las dos profundidades más superficiales (Fig. 6D)

Las variaciones mensuales en las concentraciones de seston orgánico, en general mostraron un comportamiento similar a lo largo del experimento, en todas las profundidades, destacando dos picos máximos en los meses de diciembre y febrero, siendo la profundidad de 2 m la que alcanzó el registro más alto en el mes de marzo ( $6,6 \text{ mg L}^{-1}$ ), en general el seston mostró concentraciones altas, probablemente influenciadas en gran parte por la clorofila, lo que se traduce en una elevada disponibilidad de alimento. En este sentido, Cranford y Gran (1990) informaron que, aunque el fitoplancton es importante como fuente de alimento para bivalvos, los detritos orgánicos pueden contribuir a la energía ingerida en períodos en que las concentraciones de fitoplancton son demasiado escasas para satisfacer las demandas de energía. Resultados similares han resaltado la importancia de concentración del seston orgánico en ensayos comparativos para evaluar diferencias entre sitios y profundidades de cultivo de algunas especies de bivalvos (Toro et al., 1995; Kleinman et al. 1996, Freitas et al., 2003).

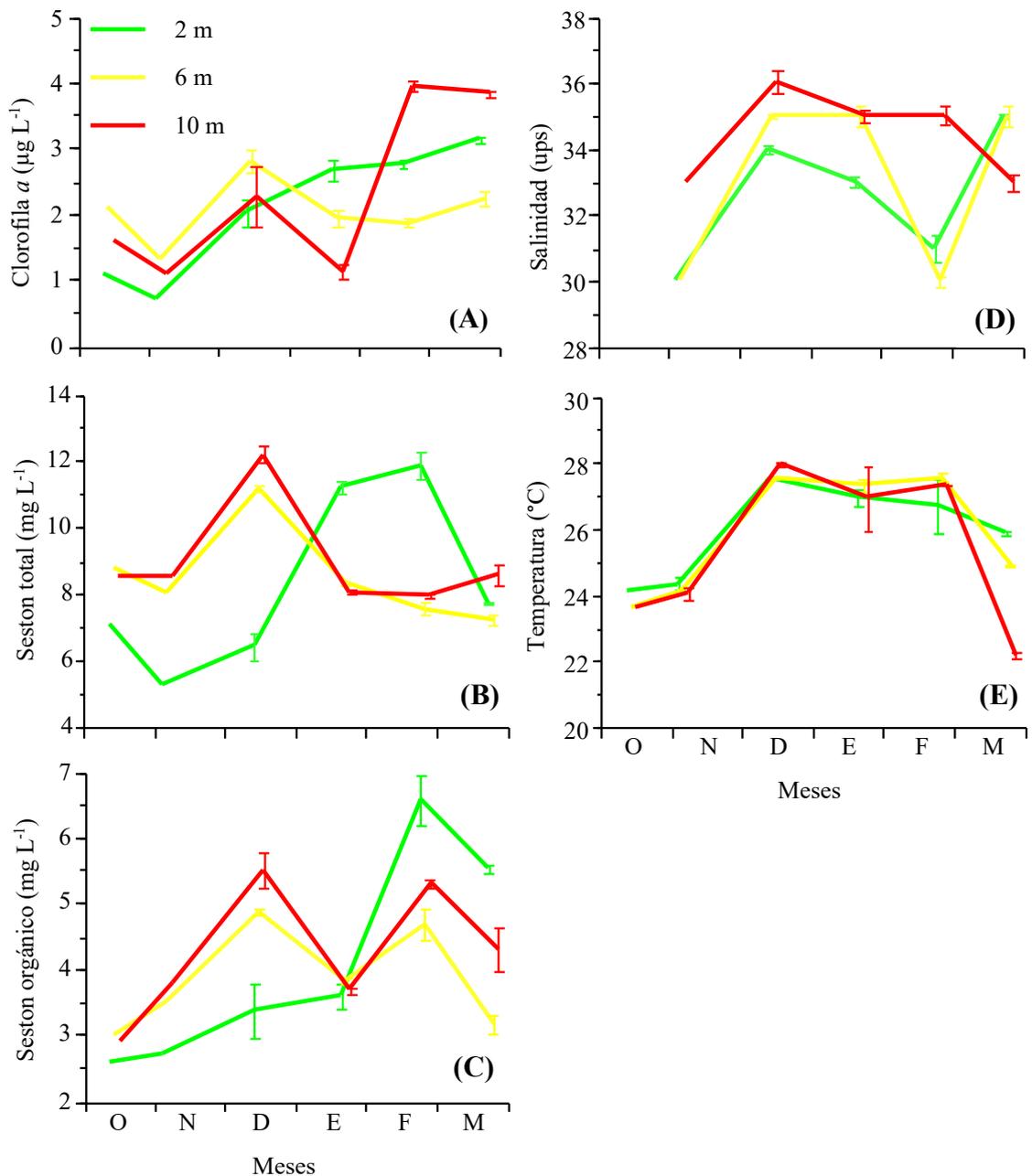
### **7.1.3 SALINIDAD**

Entre 2 y 6 metros de profundidad se mantuvo una fluctuación de la salinidad similar, que osciló entre 30-36 ups, descendiendo hasta un mínimo de 30 ups en el mes de febrero. En el mes siguiente en ambas profundidades volviendo a registrar 35 ups (Fig. 7D), mientras que a los 10 metros de profundidad la salinidad se mantuvo entre 33-36 ups en todo el periodo experimental. Cabe destacar que la variación observada en el mes de febrero en las aguas más superficiales se debió a las precipitaciones registradas en dicho mes, que probablemente incrementaron el aporte de agua dulce en el sistema, a través de la cuña salina proveniente de la salida del estero antes mencionado. El mínimo valor de salinidad observado en el mes de febrero concuerda con una caída en el promedio de la temperatura mostrado por Lodeiros et al. (2018) en un área de cultivo de *Pteria sterna*, en un área cercana a nuestro estudio (Ayangué, Península de Santa Elena, Ecuador).

En estudios realizados sobre el efecto de la salinidad en el metabolismo de las ostras perleras *Pinctada fucata* (Liu et al., 2011) y *Pteria penguin* (Chen et al., 2012), mostraron que de acuerdo con la tasa de consumo de oxígeno y la relación O:N, su rangos de salinidad adaptativa fue de 26 a 36. Ambas especies de ostras alada fueron vulnerable a salinidades por debajo de 18 de salinidad, por lo que era necesario ajustar la profundidad de cultivo de acuerdo con la variación de la salinidad en el proceso de producción. Esto resultados nos sugieren que probablemente el rango de variación observado (30-36 ppm) en el sitio de cultivo localizado en las costas de la comuna de Palmar, no llegan a superar las salinidades que causen un estrés metabólico, y por tanto, afecten de manera negativa su desempeño, tal y como lo demuestran las tasas de crecimiento y supervivencias alcanzadas en este estudio.

#### **7.1.4 TEMPERATURA**

Al inicio del periodo experimental, en el mes de octubre, la temperatura del agua se mantuvo entre 23,5-24,3 °C en las tres profundidades. Entre noviembre-diciembre se observó el cambio estacional (verano-invierno) en la que la temperatura se elevó hasta 28 °C. Entre los meses de diciembre y febrero la temperatura se mantuvo elevada variando entre 26,9-28°C para descender en el mes de marzo a los 25,8 °C a 2 metros, 24,8 °C a 6 metros y 22,1 °C a 10 metros de profundidad, temperaturas en los rangos normales para la época de invierno, ya anteriormente registradas en la zona (Saa, 2015). De manera general, las temperaturas observadas a través de todo el periodo de estudio variaron entre los 22,1 y 27.55 °C. Al igual que lo ocurrido para la salinidad, el mínimo valor de temperatura observado en el mes de febrero concuerda con una caída en el promedio de la temperatura mostrado por Lodeiros et al. (2018) en un área de cultivo de *Pteria sterna*, en un área cercana a nuestro estudio (Ayangué, Península



**Figura 6.** Representación gráfica de la variación mensual de la biomasa fitoplanctónica estimada por la clorofila a (A), seston total (B), seston inorgánico (C), salinidad (D), temperatura (E) en el periodo octubre 2018-Marzo 2019 en la comuna Palmar.

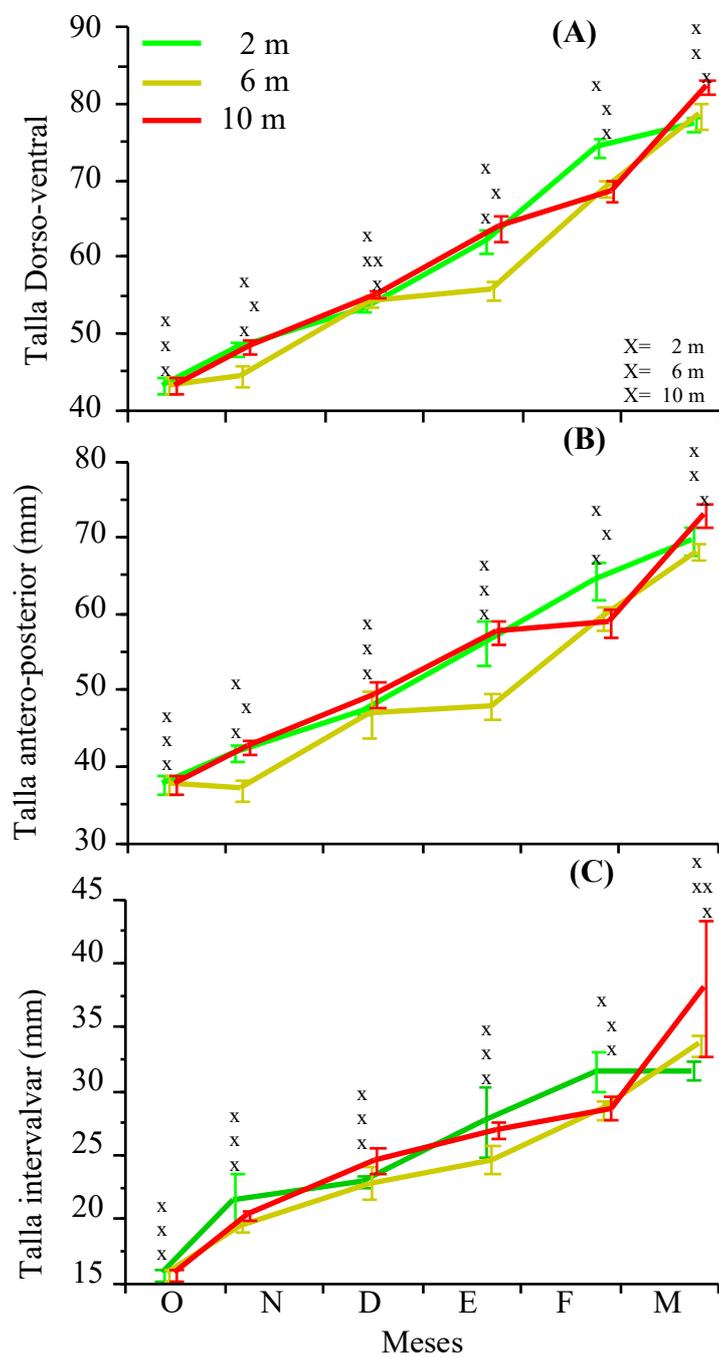
de Santa Elena, Ecuador). Por otro lado, Serna-Gallo et al. (2014) cultivaron a la ostra alada en una zona del Pacífico Tropical de México, específicamente en

Acapulco, mostrando las más altas tasas de crecimiento en talla en aquellos meses donde fueron observadas temperaturas en un rango que varió entre los 25,3 y 27,7 °C, mismas que coinciden con el rango de talla observado en el presente estudio.

## **8.2 CRECIMIENTO**

### **7.2.1 TALLA DE LA CONCHA**

En general, tanto en el axis o talla dorso-ventral (Fig. 7A), antero-posterior (Fig. 7B) e intervalvar (Fig. 7C) se observaron patrones de crecimiento exponencial similar en todas las profundidades, destacando que a 10 m se produjo el mayor crecimiento hacia el final del experimento (Fig. 7), seguido de 2 m y 6 m que no mostraron diferencias significativas, alcanzando tallas similares en estas dos profundidades. Este elevado crecimiento observado en el mes de marzo a 10 m de profundidad coincide con un incremento paralelo en la concentración de clorofila *a* (Fig 6A) y seston orgánico (Fig. 6C), y por tanto con uno de los periodos con mayor disponibilidad de alimento, que explicaría este crecimiento diferente entre profundidades. A 2 y 6 m, por el contrario, la salinidad bajó en ese mismo mes lo que probablemente podría haber causado estrés fisiológico en las ostras y por tanto desacelerando su crecimiento, fenómeno que también fue observado por Román et al. (1999) en un cultivo de *Aequipecten opercularis* donde las vieiras fueron afectadas negativamente en su crecimiento por las caídas en la salinidad en la profundidad más superficial (2 m).

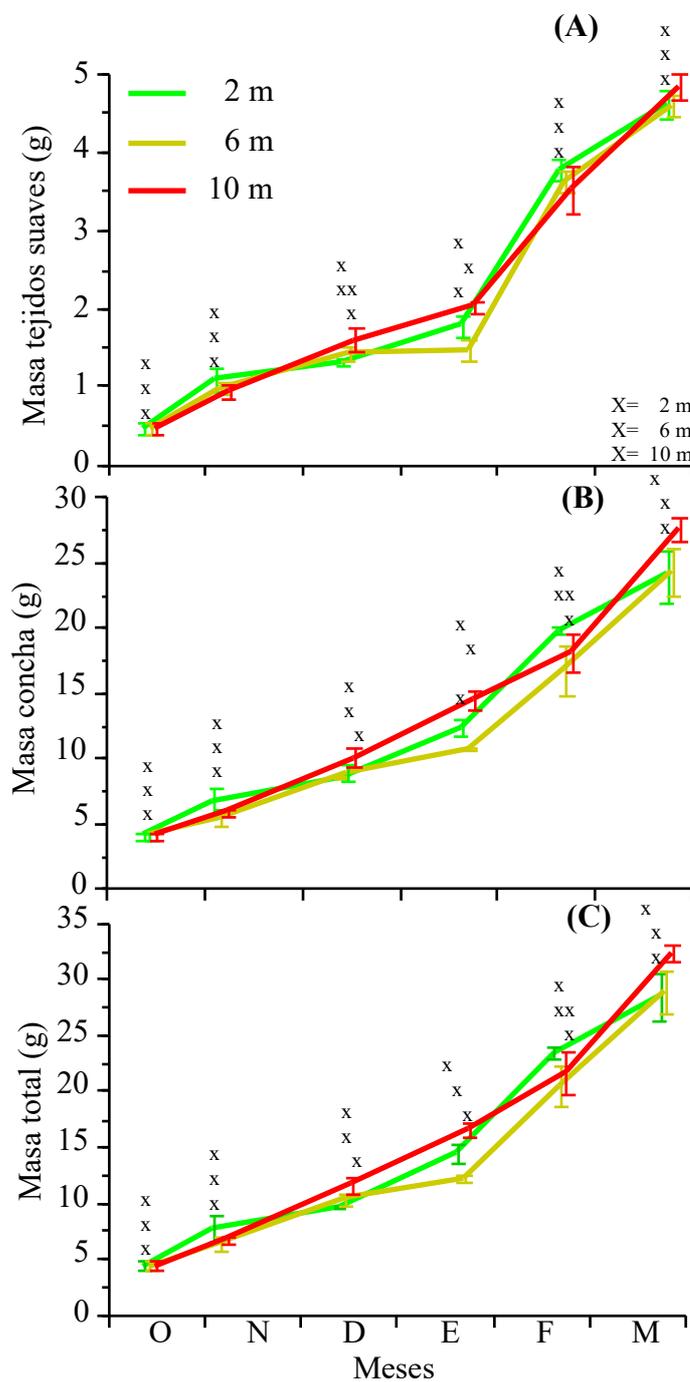


**Figura 7.** Variación mensual de la talla dorso-ventral (A), talla antero-posterior (B) y talla intervalvar (C) de la concha nacar *P. sterna*, cultivado a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis “a posteriori” de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo).

Por otra parte, se observó que en tan sólo 5 meses las ostras alcanzaron, en todas las profundidades, la talla mínima (75 mm) recomendada para la implantación tanto de medias perlas (mabés) como de perlas libres según Ruiz-Rubio et al., (2006) coincidiendo con los estudios presentados por Lodeiros et al., (2018) que cultivando dos cohortes de *P. sterna* en la bahía de Ayangue evidenció un crecimiento acelerado, alcanzando una talla de 100 mm en un año. Igualmente, en Palmar se ha registrado un crecimiento similar (Jara et al., 2016, 2017, 2018). Este crecimiento acelerado difiere enormemente con los estudios realizados en Baja California Sur, México, en donde dicha talla se alcanza entre los 15-17 meses de cultivo (Gaytan-Mondragón, 1992; Gallo et al., 2014). Esta relativa alta tasa de crecimiento presente en la zona es un indicativo de la potencialidad de la especie para obtener las tallas mínimas para la inducción de perlas y desarrollar esta actividad en menos tiempo.

### **7.2.2 MASA DE LA CONCHA Y TEJIDO**

En general, aunque fue observado un patrón de crecimiento similar al observado en las tallas antes descritas, es destacable señalar un notable incremento en las tendencias de las tres curvas de las masas de los tejidos suaves, con similares magnitudes, a partir del mes de enero y mantenida esta tendencia hasta finales del estudio. Debido a que los incrementos observados fueron muy similares, no fueron determinadas diferencias significativas en la masa de los tejidos de los individuos cultivados a 2 m ( $4,61 \pm 0,18$  g), 6 m ( $4,58 \pm 0,13$  g) y 10 m ( $4,83 \pm 0,16$  g) (Fig. 8A). En cuanto al incremento masa de la concha, al final del periodo de estudio fueron observadas diferencias significativas (ANOVA,  $P < 0,05$ ), entre los individuos cultivados a 10 m ( $27,50 \pm 0,94$  g), con respecto a los cultivados a 2 m ( $23,91 \pm 2,07$  g) y 6 m ( $24,23 \pm 1,78$  g), no observando diferencias entre estas dos últimas profundidades (Fig. 8B). Similares resultados fueron obtenidos para la masa total, la cual fue aumentando de manera sostenida hasta finales del estudio,

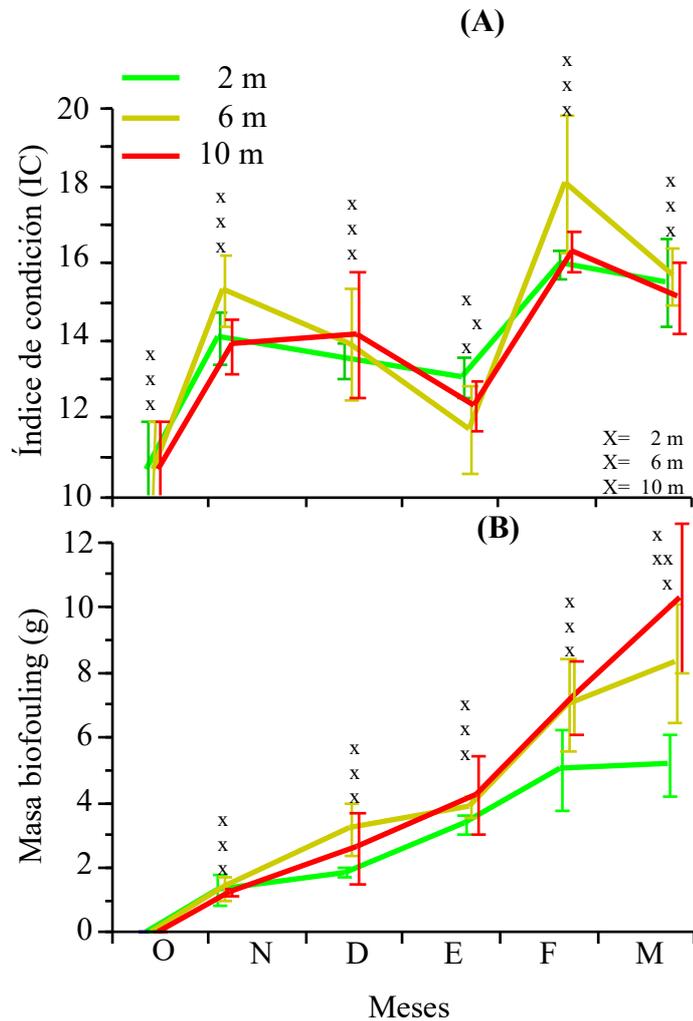


**Figura 8.** Variación mensual en gramos de la masa del tejido suave (A), masa de la concha (B) y masa total (C) de la concha nacar *P. sterna* cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis “a posteriori” de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo).

alcanzando valores de  $28,52 \pm 2,10$  y  $28,81 \pm 1,91$  g a 2-6 m, respectivamente, mientras que a 10 m fue de  $32,34 \pm 1,91$  g, por lo que fueron observadas diferencias significativas entre los individuos cultivados a 10 m (ANOVA,  $P < 0,05$ ), con respecto a los cultivados a 2 y 6 m, no observando diferencias entre estas dos últimas profundidades (Fig. 8C). Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Lodeiros et al. (1998, 2012) y García et al. (2016) que observaron mayores crecimientos en las vieiras *Euvola ziczac* y el mejillón *Perna perna*, respectivamente, cuando fueron cultivados a menores profundidades, atribuyendo este mayor el crecimiento a las mayores concentraciones de alimento de origen fitoplanctónico. Similares resultados fueron obtenidos en las ostras perleras como *Pinctada fucata martensii* y *Pinctada margaritifera*, en donde fueron registrados crecimientos lentos de la masa de tejidos, asociadas a profundidades donde la disponibilidad de alimento es bajo (Tomaru, et al., 2002; Carreón, J. 2019). En nuestro caso la concentración de clorofila en las tres profundidades fue aumentando desde enero hasta el final del experimento, por lo que este aumento favoreció el crecimiento en masa de los animales estudiados. Estos resultados además concuerdan con el mayor crecimiento en talla expuesto en el apartado anterior.

### 7.3 ÍNDICE DE CONDICIÓN

Los índices de condición (IC) de los individuos de *P. sterna* cultivados a las tres profundidades (Fig. 9A), solamente presentaron diferencias significativas (ANOVA,  $P < 0,05$ ), en el mes de enero entre la profundidad de 6 m ( $10,68 \pm 0,15$  g) con respecto a 2 m ( $12,25 \pm 0,64$  g) y 10 m ( $14,39 \pm 0,65$  g), en el resto de los meses muestreados no fueron observadas diferencias significativas. Se observaron dos picos máximos uno en el mes de noviembre y el otro en el mes de febrero.



**Figura 9.** Variación mensual del índice de condición (A) y de la masa del biofouling de la concha (B) de *P. sterna* cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis “a posteriori” de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo).

Teniendo en cuenta que la talla de madurez sexual se alcanza con longitudes mayores 50 mm de altura dorso-ventral (Saucedo y Monteforte, 1997), y que nuestros individuos presentaron tallas de 75 mm a final del experimento, es muy probable que se produjeran varios eventos de desove a partir del mes de noviembre, lo que estaría relacionado con el descenso del IC a partir de este mismo mes. Estos desoves se han relacionado con las variables ambientales las cuales pueden impulsar eventos reproductivos Gallo et al., (2014). De hecho, condiciones ambientales de alta productividad primaria como las observadas desde el mes de diciembre pueden desencadenar desoves en *P. sterna* según Gregori et al., (2019). Casos similares se han registrado en otras especies de invertebrados marinos, encontrado una relación directa entre afloramientos de fitoplancton y alta tasa de reclutamientos de juveniles de moluscos comerciales en condiciones de alta productividad primaria (Soria et al., 2014). Por otra parte, en el mes de febrero, el IC se incrementó notablemente en todas las profundidades, teniendo el pico más elevado a 6m. Las condiciones ambientales registradas en el mes de febrero (Fig. 7) concuerdan con las condiciones óptimas que favorecen la madurez sexual de la concha nácar, con temperaturas cercanas a los 28°C y la alta disponibilidad de alimento (Gómez-Robles et al., 2013; Treviño, 2018), el aumento de la masa de tejido suave (Fig. 9A) y el incremento del IC (Fig. 10A) podrían relacionarse con la estrategia reproductiva de tipo oportunista que presenta de *P. sterna* que como otras especies tropicales incrementan la masa de los tejidos somático y gonadal cuando las condiciones son favorables (Freites et al., 2010).

#### 7.4 MASA DE BIOFOULING

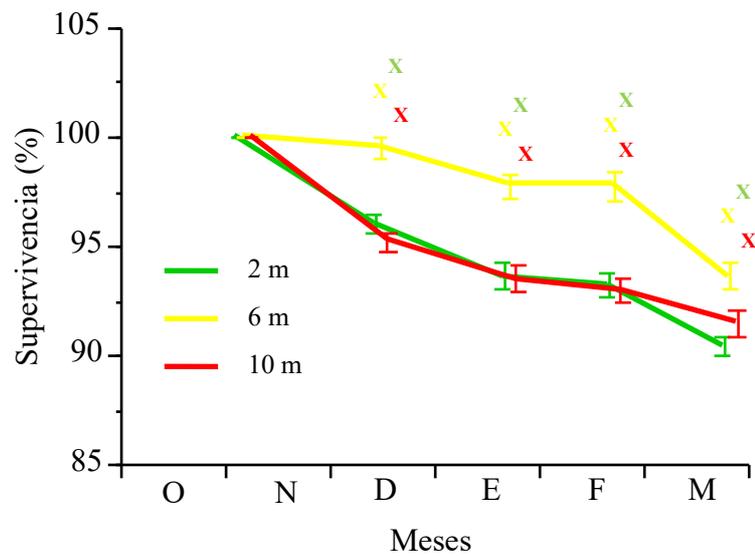
Con respecto a la masa de los organismos incrustantes depositados en la concha de *P. sterna* se observó un incremento mensual similar en las tres profundidades que no presento diferencias significativas hasta el mes de febrero. Este incremento de la masa de biofouling se relaciona con la mayor disponibilidad de sustrato para los animales sésiles, por lo tanto, a medida que la concha fue creciendo (en talla) los organismos se fueron adhiriendo a la nueva superficie creada (Gregori et al., 2015; Pérez et al., 2016). Además del propio crecimiento de los miembros de biofouling. Además, podemos observar que a 2 m de profundidad hubo menos masa de organismos incrustantes en comparación con los 6 y 10 m (Fig. 10B). Este incremento se mantuvo hasta el mes de febrero cuando alcanzó los  $4,99 \pm 1,22$  g y su máximo en marzo de  $5,12 \pm 0,93$  g. A pesar de que a 6 y 10m de profundidad hubo mayor cantidad de organismos incrustantes ( $9,25 \pm 0,91$ g) no se detectaron diferencias significativas entre estas dos variables.

Si bien el estudio no contempló la identificación de los organismos incrustantes, se observaron abundantes colonias de *Balanus trigonus* y *Megabalanus coccopoma*, además de la presencia de ascidias, briozoos y algunas esponjas las cuales también se han identificado como organismos incrustantes en los cultivos de *Crassostrea gigas* ubicados en la península de Santa Elena (Sonnenholzner, 2017). Estos organismos han sido descritos como competidores directos por el alimento que comparten con las ostras dentro de las cestas de cultivo, que en ocasiones pueden afectar su crecimiento (Lodeiros y Himmelman, 1996), aunque en el presente trabajo este fenómeno no fue detectado, Es probable que el posible efecto negativo del biofouling no se haya hecho patente debido al relativamente corto periodo de estudio, por lo que se recomienda desarrollar futuros bioensayos que investiguen este tópico.

## 7.5 SUPERVIVENCIA

En general, en las tres profundidades de cultivo podemos observar que los valores promedios de la supervivencia se mantuvieron por encima del 90% hasta finales del periodo de estudio, no obstante, la supervivencia observada en la profundidad de 6 m fue significativamente más alta (ANOVA,  $P < 0,05$ ) que la observada a 2 y 10 m, a lo largo de todo el periodo experimental, mientras que, no fueron observadas diferencias significativas en la supervivencia de las ostras cultivadas a 2 y 10 m. Al final del estudio la supervivencia a 2, 6 y 10 m fueron de  $90,42 \pm 0,49\%$ ,  $93,61 \pm 0,58\%$  y  $91,42 \pm 0,54\%$ . La relativamente elevada supervivencia podría deberse a la utilización de cestas de cultivo diseñadas y manufacturadas específicamente para evitar la depredación, las cuales han demostrado su efectividad (Freites et al., (sometido); Gregori et al., 2018). A partir de febrero, que es cuando se observó la disminución generalizada de la supervivencia se detectaron depredadores en el interior de las cestas, pero en todas las profundidades estudiadas, contabilizándose hasta 4 *Stramonita (Thais) biserialis* por cesta.

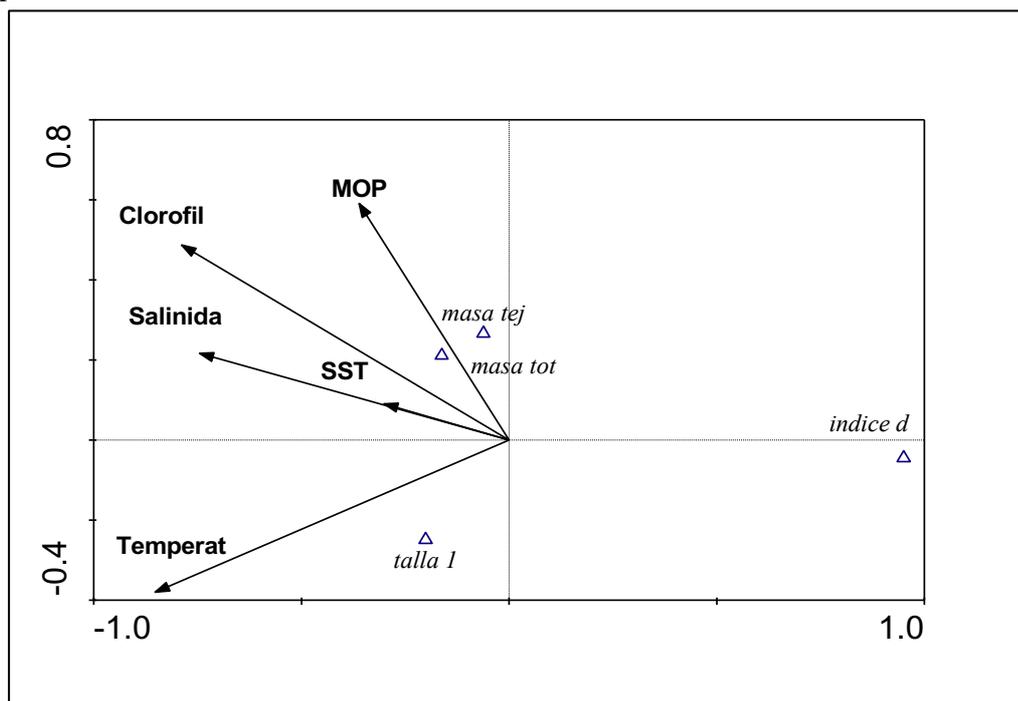
Los gasterópodos del género *Stramonita spp*, perteneciente a la familia Muricidae y han sido reportados como depredadores de bivalvos que causa mortalidades en los cultivos de ostras (Brown & Mcdonough, 2004; Herbert, 2004; Ramírez & Tuya, 2009). Por otra parte, y a pesar de que los peces de la familia Balistidae (*Balistes polylepis* y *Pseudobalistes naufragium*), atacan y perforan las cestas de cultivo (Lodeiros et al., 2018), en este estudio no se registraron estos ataques por lo que la supervivencia se mantuvo elevada.



**Figura 10.** Variación mensual de la supervivencia de *P. sterna* cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. Las x representan los resultados del análisis “a posteriori” de Duncan, donde se puede observar si existieron diferencias o no, entre los tratamientos (profundidad de cultivo).

## 7.6 RELACION DE FACTORES AMBIENTALES CON EL CRECIMIENTO

El análisis de correspondencia canónica entre los parámetros de crecimiento y los factores ambientales muestran que la varianza observada en la masa de los tejidos y la masa total de las ostras mostraron una relación directa y significativa con la clorofila *a*, el seston total y su fracción orgánica y la salinidad e inversa con la temperatura y el índice de condición, mientras que la talla fue relacionada de manera significativa y directa con la temperatura. Las variaciones del IC cuando descendieron las concentraciones de clorofila fueron altas (Fig. 7A y Fig.10 A) concordando con el comportamiento reproductor oportunista explicado en el apartado 9.1.



**Figura 11.** Análisis de correspondencia canónica de los parámetros ambientales y el crecimiento de *P. sterna* cultivada a diferentes profundidades en la comuna Palmar. MOP = Materia Orgánica Particulada; Clorofil = Clorofila; Salinida = Salinidad; Temperat = Temp

## 8. CONCLUSIONES

El desempeño (crecimiento/supervivencia) de *Pteria sterna* cultivada en las diferentes profundidades fueron relativamente similares, que nos sugiere que la totalidad de la columna de agua en el sitio de estudio (al menos hasta los primeros 10 m) puede ser aprovechada para llevar a cabo proyectos de cultivo intensivo de *Pteria sterna*, alcanzando altos niveles de producción (alto crecimiento/ alta supervivencia).

Los parámetros ambientales en la columna de agua en Palmar durante el periodo de estudio mostraron las condiciones óptimas para el cultivo de estas ostras, lo que permite cultivar a *P. sterna* dentro del rango de profundidades estudiadas.

La clorofila tuvo el comportamiento típico que se observa en las aguas ecuatoriales para los meses de estudio, participando de manera significativa y directa sobre la varianza observada en la masa de los tejidos en conjunción con el seston, lo que nos sugiere que son variables ambientales reguladoras de la ecofisiología de *Pteria sterna*.

Aunque se observaron depredadores durante el experimento en las cestas de cultivo la supervivencia de las ostras se mantuvo elevada, por lo que la profundidad no es un factor a tener en cuenta para colocar las cestas de cultivo.

En general y a la luz de nuestros resultados *P. sterna* se presenta como una especie con un elevado potencial para la acuicultura en Ecuador la cual permitirá el desarrollo económico de las zonas costeras cumpliendo además con las políticas

desarrolladas en el Plan Nacional de Desarrollo “*Toda una Vida*” presentándose como alternativa a la pesca extractiva.

## 9. RECOMENDACIONES

Realizar estudios a medio y largo plazo que confirmen los resultados aquí obtenidos que permitan predecir el crecimiento de las ostras en función de las variables ambientales cambiantes, incluso en los eventos del Niño, Niña.

La profundidad máxima disponible en la zona concesionada a la Cooperativa COOPROACMAR, ubicada en la comuna Palmar, donde fue realizado el presente estudio, fue de aproximadamente 14 m, razón por la cual fue restringido este estudio hasta los 10-11 m de profundidad, garantizando que las cestas se mantuvieran sin contacto con el fondo marino, lo que afectaría las condiciones de las cestas colocadas a la mayor profundidad, introduciendo una nueva variable que afectaría el diseño experimental originalmente planteado. Por tal motivo, y en el caso de llevar a cabo un cultivo de *Pteria sterna* en un sitio con mayor rango de profundidad, se recomienda desarrollar un nuevo estudio que permita investigar el efecto de estas nuevas profundidades en el desempeño de esta especie, bajo condiciones de cultivo suspendido.

Identificar todos los depredadores de la especie, tanto reales como potenciales con el fin de desarrollar tecnología adecuada y respetuosa con el medio ambiente que los mantenga alejados del cultivo con miras a incrementar la supervivencia de las ostras, minimizando las pérdidas económicas causadas por este factor.

Estudiar a corto y largo plazo el efecto de los organismos incrustantes sobre el crecimiento de las ostras para determinar qué sucede en las épocas más desfavorables cuando la disponibilidad de alimento es menor.

Identificar qué organismos incrustantes son más competidores y abundantes a lo largo del año, para establecer procedimientos de limpieza periódicos que permitan maximizar el crecimiento de las ostras, incrementando estas labores durante las épocas donde se presenten con mayores densidades, lo que disminuiría el costo de las intervenciones en el mar.

Estudiar el ciclo reproductivo a nivel histológico, tanto a corto como a largo plazo, que faciliten el proceso de reclutamiento natural de la especie maximizando las maniobras de instalación de colectores que aseguren, en función de las variables ambientales predichas la continuidad y suministro de individuos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, V., Lodeiros, C., Prieto, A., Glem, M., y Natera, Y. (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. *Zootecnia Tropical*, 27(3), 315-328.
- Alvarez, R., Cobo, L., Sonnenholzner, S., y Stern, S. (2008). Estado actual de la acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*.
- Araya Nuñez, O., Ganning, B., y Bückle-Ramírez, F. (1995). Embryonic development, larval culture, and settling of American pearl-oyster (*Pteria sterna*, Gould) spat. *California Fish and Game*, 81, 10-21.
- Avilés-Quevedo, A., y Mazón-Suástegui, J. (1989). Acondicionamiento gonádico e inducción al desove de *Pteria sterna* (Gould 1851) con dietas artificiales. In VII Simposio Int. Biol. Mar (pp. 1-5).
- Barnes, R. D. (1985). *Zoología de los invertebrados Traducción Ramón Elizondo Mata*.
- Basurto Aguirre, A. J. (2017). Estudio de pre-factibilidad para implementar un cultivo de ostras (*Crassostrea gigas*) en fase de engorde (Doctoral dissertation, Universidad Tecnica de Manabi, Facultad de Ciencias Veterinarias, Carrera de Acuicultura y Pesqueria). Faltan las páginas
- Buendía, A. (2017). Respuesta fisiológica de *Pteria sterna* (Gould, 1851) en relación a la concentración de alimento y temperatura (Doctoral dissertation, Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional).

- Brown, K. M., McDonough, M. y Richardson, T. D. (2004). Intraspecific life history variation in the southern oyster drill *Stramonita haemastoma*: patterns and causes. *J. Shellfish Res.* 23, 149-155.
- Cáceres-Puig, J. I., Cáceres-Martínez, C., y Saucedo, P. E. (2009). Annual reproductive effort of pacific winged pearl oyster *Pteria sterna* and its relation with the timing for planning pearl seeding operations. *Journal of Shellfish Research*, 28:471-476.
- Cáceres Puig, J. I. (2012). Dinámica del reclutamiento de juveniles de concha nácar *Pteria sterna* en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.
- Camara Nacional de Acuicultura. (2018). Ministros de Estado y representantes del gremio camaronero inauguración “Aqua Expo El Oro 2018”. Recuperado de <http://www.cna-ecuador.com/ministros-de-estado-y-representantes-del-gremio-camaronero-inauguracion-aqua-expo-el-oro-2018/>.
- Cariño M., y Monteforte, M. (1995). History of pearling in the Bay of La Paz, South Baja California, Mexico (1533–1914). *Gems Gemol.* 31: 88–108.
- Carreón, J. A. (2019). Growth comparison study of black-lip pearl oysters, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus, 1758) at different depths in Savusavu bay, Fiji Islands. MSc. Thesis. School of Marine Studies. Faculty of Sciences, Technology and Environment. University of the South Pacific. <http://digilib.library.usp.ac.fj/gsd/collect/usplibr1/index/assoc/HASHd7dc.dir/doc.pdf>
- Cartier, L., Krzemnicki, M., y Ito, M. (2012). Culture pearl farming and production in the Federated States of Micronesia. *Gems & Gemology*, 48(2), 108-122.
- Castiñeira, J. (2016). La Acuicultura social de bivalvos: un nuevo concepto. *Revista AquaTIC*, (39).

- Claereboudt, M. R., Bureau, B., Côté, J., y Himmelman, J. H. (1994). Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture* 121:327–342.
- Cheng, S., Huang G., Li-Ling., y YU, D. (2012). Effects of salinity on oxygen consumption and ammonia-N excretion rates in winged pearl oyster, *Pteria penguin*. *Guangdong Agricultural Sciences*. 16: 177-187.
- Colusso, G. (2015). Guía de buenas prácticas de producción en la Acuicultura Orgánica para unidades productivas de pequeña y mediana escala (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/55489/Documento\\_completo.pdf?sequence=3](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/55489/Documento_completo.pdf?sequence=3)
- Cortés, J. (2013). Implantación de un método original para el cultivo extensivo de concha nácar *Pteria sterna* y madre perla *Pinctada mazatlantica* para la producción comercial de perlas. Tesis de Grado. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México.
- Côté, J., Himmelman, J.H., Claereboudt, M.R., y Bonardelli, J., (1993). Influence of density and depth on the growth of juvenile giant scallops *Placopecten magellanicus*, (Gmelin, 1791). in suspended culture in the Baie des Chaleurs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 1857–1869.
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.
- Freites, L., Vélez, A. y Hurtado, L. (1996). Crecimiento y producción secundaria del bivalvo *Euvola (Pecten) ziczac* (L.), en cultivo suspendido a tres profundidades. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 35(1 & 2): 17-26.

- Freites, L., Himmelman, J. H., y Lodeiros, C. J. (2000). Impact of predation by gastropods and crabs recruiting onto culture enclosures on the survival of the scallop *Euvola ziczac* (L.) in suspended culture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244(2), 297–303.
- Freites, L., Lodeiros, C., Narváez, N., Estrella, G. y Babarro, J. M. F. (2003). Growth and survival of the scallop *Lyropecten* (= *Nodipecten*) *nodosus* (L., 1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf (Venezuela), during a non-upwelling period. *Aquaculture Research*, 34, 709-718.
- Freites, L., Montero, L., Arrieche, D., Babarro, J. M. F., Saucedo, P. E., Cordova, C., y García, N. (2010). Influence of Environmental Factors on the Reproductive Cycle of the Eared Ark *Anadara notabilis* (Röding, 1798) In Northeastern Venezuela. *Journal of Shellfish Research*, 29(1), 69–75.
- Freites, L., Jara, F., Gregori, M., Villón, Jimmy., Márquez, A., y Rodríguez-Pesantes D. Hanging culture of juveniles of the winged oyster *Pteria sterna* in two baskets of different design. *AquaTechnica* (sometido).
- Fischer, W. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vertebrados, 647-1813.
- Gaytan-Mondragon, L., Caceres-Martinez, C. y Tobias-Sanchez, M. (1992). Growth of the pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in different culture structures at La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *J World Aquac Soc.* 24(4), 541-546.
- Gallo, I. S., Ruíz-Velazco, J. M., Acosta-Salmón, H., Peña-Messina, E., Torres-Zepeda, G., y Saucedo., P. E. (2014). Patrones de crecimiento y reproducción de la concha nácar, *Pteria sterna*, cultivada en un ambiente tropical de México: Implicaciones para el cultivo de perlas. *Ciencias Marinas*.40, 75–88.

- García, M., Seijo, C. L., Freitas, L., Córdova, H., Suástegui, J., y Babarro, J. (2016). Comparative performance of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis*, cultivated at four different depths. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(3), 249-262.
- Gómez-Robles, M. E. (2013). Evaluación de la calidad gonádica de la Concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) y su Influencia en la viabilidad larvaria. Tesis (Doctoral en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.).
- Gómez-Robles, E., Mazón-Suástegui, J. M., Acosta-Salmón, H., Hawkyns-Martínez, M., y Saucedo, P. E. (2013). Internal nutrient management associated with gonad quality and successful reproduction in the winged pearl oyster *Pteria sterna*. *Aquaculture*, 412, 45-51.
- González, A. (2009). Actividad enzimática digestiva y evaluación de dietas para el destete de larvas de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae) (Doctoral dissertation).
- Gregori, M., Fernández-Leborans, G., Roura, Á., González, Á. F., y Pascual, S. (2015). Description of a new epibiotic relationship (Suctorian-Copepoda) in NE Atlantic waters: from morphological to phylogenetic analyses. *Acta Zoologica*, 97(2), 165–176.
- Gregori, M., Villón, J., Jara, F., Gonzabay-Tomalá, P., y Freitas, L. (2019). Spatial and temporal spatfall of the winged Pearl Oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851), in Equatorial Coasts. *Aquaculture*, 73: 42-58.
- Gutiérrez, A. (2003). Interrelación hombre-fauna en el Ecuador prehispánico (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones).

- Helm, M., Bourne, N., y Lovatelli, A. (2006). Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 471. Roma, FAO. 2006. 184 pp.
- Helmuth, B., Broitman, B. R., Yamane, L., Gilman, S. E., Mach, K., Mislan, K. A. S. y Denny, M. W. (2010). Organismal climatology: analyzing environmental variability at scales relevant to physiological stress. *Journal of Experimental Biology*, 213:995-1003.
- Herbert, G. S. (2004). Observations on diet and mode of predation in *Stramonita biserialis* (Gastropoda:Muricidae) from the northern Gulf of California. *Festivus* 36: 41-45.
- Hernández-López, C. G. (2012). Efecto de la dieta en el desarrollo y composición de la gónada y tejidos somáticos de la concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851). (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
- Ivanova, A., Olvera, M. M. C., Monteforte-Sánchez, M., Ivanova, E., y Domínguez, W. (2017). La economía azul como modelo de sustentabilidad para estados costeros: el caso de Baja California Sur. *Sociedad y Ambiente*, (14), 75-98.
- Jara, F., Gregori, M., y Freites, L. (2016). Prospección del crecimiento de la ostra nacarada *Pteria sterna* con miras a la futura viabilidad de la perlicultura en el Ecuador. Congreso Ecuatoriano de Acuicultura-AQUAEXPO 2016.
- Jara, F., Gregori, M., y Freites, L. (2017). Cultivo de la ostra nacarada *Pteria sterna* y nucleación de medias perlas en Palmar. Galardones nacionales SENESCYT.
- Jara, F., Gregori, M., y Freites, L. (2018). Cultivo de la ostra nacarada *Pteria sterna* en nuevos diseños de cesta experimentales. Presentado en Jornadas Nacionales de biología, La libertad, Ecuador

- Kiefer, L., McLaurin, D., Arizmendi, E., Hänni, H., y Elen, S. (2004). Cultured pearls from the Gulf of California, Mexico. *Gems & Gemology* 40: 26–38.
- Kimani, E., Mavuti, K., Mukiyama, T., y Wambiji, N. (2008). Macrofauna Settlement on Pearl Oyster Collectors in Kenya: Seasonality and Abundance. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 7(1).
- Kleinman, S., Hatcher, B., Scheibling, R., Taylor, L. y Hennigar, A. (1996) Shell and tissue growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended and bottom culture in Lunenburg bay, Nova Scotia. *Aquaculture*. 142, 75-97.
- Liu, J., Yu, D., y Li, J. (2011). Effects of salinity and ph on oxygen consumption and ammonia excretion rates in *Pinctada fucata*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*. 04: 304-312.
- Lodeiros, C., y Garcia, N. (2004). The use of sea urchins to control fouling during suspended culture of bivalves. *Aquaculture*. 231: 293-298.
- Lodeiros, C., y Freitas, L. (2008). Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 135–150.
- Lodeiros, C., Freitas, L., Maeda-Martínez, A., y Himmelman, J. H. (2012). Influence of environmental factors on the growth of the juvenile, maturing juvenile, and adult tropical scallop, *Euvola ziczac* (Pteroida: Pectinidae), in suspended culture conditions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(1), 53-62.

- Lodeiros, C. y Himmelman, J. (1996). Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquaculture Research*, 27(10), 749-756.
- Lodeiros, C., Rengel, J., Freitas, L., Morales, F. y Himmelman, J. H. (1998). Growth and survival of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* maintained in suspended culture at three depths. *Aquaculture*. 165: 41-50.
- Lodeiros, C., Rodríguez-Pesantes, D., Márquez, A., Revilla, J., Chávez-Villalba, J., y Sonnenholzner, S. (2018). Suspended cultivation of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the Eastern Tropical Pacific. *Aquaculture international*, 26(1), 337-347.
- Lodeiros, C., Rodríguez-Pesantes, D., Márquez, A., Revilla, J., Freitas, L., Lodeiros-Chacón, C., y Sonnenholzner, S. (2018). Growth and survival of the winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) in suspended culture in the tropical Eastern Pacific: Influence of environmental factors. *Aquaculture Research*, 49(2), 832-838.
- Lopez, C. (2012). Efecto de la dieta en el desarrollo y composición de la gónada y tejidos somáticos de la concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851).
- Lleonart, J. (2011). Los recursos pesqueros del Mediterráneo. *Quaderns de la Mediterrànea Cuadernos del Mediterráneo*, 16, 246-51.
- Malavé, C., Freitas, L., Lodeiros, C., Mendoza, J., Troccoli, L., y Dale, A. W. (2012). Annual recruitment, predation rates and biocontrol of *Linatella caudata* (Mollusca: Gastropoda) in suspended enclosure culture of the pearl oyster *Pinctada imbricata*. *Aquaculture*, 354-355: 75-83

- Milione, M., y Southgate, P. (2012). Growth of the winged pearl oyster, *Pteria penguin*, at dissimilar sites in northeastern Australia. *Journal of Shellfish Research*, 31(1), 13-21.
- Monteforte, M. (1990). Ostras perleras y perlicultura: situación actual en los principales países productores y perspectivas para México. *Serie científica*. 1, 13-18.
- Monteforte, M. (1991). Las perlas, leyenda y realidad: un proyecto actual de investigación científica. *Revista Panorama Nueva Época*. UABCS. 38, 28-31.
- Monteforte, M. (1996). Cultivo de ostras perleras y perlicultura. Diagnóstico Pesquero y Acuícola del Estado de Baja California Sur. Convenio interinstitucional CIBNOR/CICIMAR/UABCS/CET-MAR/SEMARNAP/FAO. 2, 571-613.
- Monteforte, M., y Cariño, M. (2013). Condiciones para el desarrollo de granjas perleras y producción de perlas: estado del arte, potencial y perspectivas. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(1), 1-16.
- Monteforte, M. (2013). Instalación y operación de granjas perleras. Un manual para *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*. Editorial Académica Española.
- Moreno, D., J. Quintero y A. López. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contactos*. 78: 25-33.
- Narváez, M., Freites, L., Mendoza, J., y Guevara, M. (2009). Influence of spat origin and environmental parameters on biochemical composition and biometry of the brown mussel *Perna perna* (Linné, 1758), under culture conditions. *Revista de biología marina y oceanografía*, 44(2).
- Newell, R. (2004). Ecosystem influence of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish Research*

- Nosis. (2017). Informe Comex “Exportaciones - Evolución - NCE: perlas - perlas finas (naturales)\*o cultivadas”. Recuperado de [https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion\\_Exportacion/Mundial/perlas-perlas-finas-naturales-o-cultivadas-incluso-trabajadas-o-clasificadas-pero-sin-ensartar-mont/WD/7101](https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion_Exportacion/Mundial/perlas-perlas-finas-naturales-o-cultivadas-incluso-trabajadas-o-clasificadas-pero-sin-ensartar-mont/WD/7101).
- Ordinola, E., Alemán, S., y Vera, M. (2013). Características biológicas de una población de *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) en Zorritos, Tumbes, Perú. *Revista peruana de biología*, 20(2), 181-186.
- Pérez, E., Lodeiros, C., Semidey, D., Uribe, E., y Freites, L. (2016). Crecimiento, supervivencia e influencia de factores ambientales en tres cohortes de la ostra perla *Pinctada imbricata*, en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Latin american journal of aquatic research*, 44(1), 99-112.
- Pit, J., y Southgate, P. (2003). Fouling and predation; how do they affect growth and survival of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, during nursery culture?. *Aquaculture international*, 11(6), 545-555.
- Portilla, M. (1991). Crecimiento de *Pteria sterna* (Gould, 1851)(Mollusca Bivalvia), bajo diferentes condiciones de temperatura y de concentración de alimento.
- Pouvreau, S., y Prasil, V. (2001). Growth of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, at nine culture sites of French Polynesia: synthesis of several sampling designs conducted between 1994 and 1999. *Aquatic Living Resources*, 14(3), 155-163.
- Quayle, D. B. (1981). *Ostras tropicales: cultivo y métodos*. CIID, Ottawa, ON, CA.
- Ramírez, R., Tuya, F., y Haroun, R. (2009). Spatial patterns in the population structure of the whelk *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1766)

(gastropoda: Muricidae) in the canarian archipelago (eastern Atlantic). *Sci. Mar.* 73, 431-437.

Román, G., Campos, M. J., Acosta, C. P., y Cano, J. (1999). Growth of the queen scallop (*Aequipecten opercularis*) in suspended culture: influence of density and depth. *Aquaculture*, 178(1-2), 43-62.

Ruiz-Rubio, H., Acosta-Salmón, H., Olivera, A., Southgate, P. C., y Rangel-Dávalos, C. (2006). The influence of culture method and culture period on quality of half-pearls (“mabé”) from the winged pearl oyster *Pteria sterna*, Gould, 1851. *Aquaculture*, 254(1-4), 269–274.

Saá Gómez, J. (2015). Distribución espacio-temporal de organismos encostrantes en colectores artificiales en la comuna Palmar provincia de Santa Elena, Ecuador Enero-Mayo 2015 (Tesis de Grado, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.).

Sarà, G., y Pusceddu, A. (2008). Scope for growth of *Mytilus galloprovincialis* (Lmk., 1819) in oligotrophic coastal waters (Southern Tyrrhenian Sea, Italy). *Marine biology*, 156(2), 117.

Saucedo, P. (2008). Aprovechamiento integral de ostras perleras. Recuperado de <http://pcti.mx/articulos/item/aprovechamiento-integral-de-ostras-perleras> (25 de marzo de 2017).

Saucedo P., Castillo-Domínguez, C., y Melgar-Valdes. (2015). Aprovechamiento de almejas dulceacuícolas en Tabasco para producción de perlas y Artesanía. Colecciones Robirosa, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco. Primera edición. Editorial de Publicaciones No Periódicas de la Dirección de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica de la UJAT. Villahermosa, Tabasco, México. 133 p.

- Saucedo, P., y Monteforte, M. (1997). Breeding cycle of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) at Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research*, 16(1), 103-110.
- Saucedo, P., Rodríguez-Jaramillo, C., Aldana-Aviles, C., Monsalvo- Spencer , P., Reynoso-Granados, T., Villareal, H., y Monteforte, M. (2001) . Gonadic conditioning of the Calafi a mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), under two temperature regimes. *Aquaculture* 195, 103 – 119.
- Serna-Gallo, I., Ruíz-Velazco, J., Acosta-Salmón, H., Peña-Messina, E., Torres-Zepeda, G. y Saucedo, P. (2014). Growth and reproduction pat-terns of the winged pearl oyster *Pteria sterna*, cultivated in tropical environments of Mexico: Implications for pearl farming. *Ciencias Marinas*, 40, 75-88
- Shirai, S., y Sano, Y. (1979). Reporte de una investigación sobre los recursos perleros del Golfo de California. Reporte interno, Secretaria de Pesca, México DF.
- Smitasiri, R., Kajitwiwat, J., y Tantichodok, P. (1994). Growth of a winged pearl oyster, *Pteria penguin*, Suspended at different depths. In: Workshop of The Tropical Marine Mollusc Programme (TMMP), Phuket (Thailand), 27 October- 2 November 1993. Special Publication, Phuket Marine Biological Center, 13, 213-216.
- Sonnenholzner, J., Alcivar, G., Marquez, A., y Lodeiros, C. (2017). Los erizos *Arbacia incisa* y *Eucidaris thouarsii* (Echinodermata) como agentes de biocontrol del “fouling” en canastas de cultivo de *Crassostrea gigas* (Mollusca: Ostreidae). *Revista de Biología Tropical*, 65(1-1), S35-S41.
- Soria, G., Lavín, M., y Cudney-Bueno, R., (2014). Spat availability of commercial bivalve species recruited on artificial collectors from the northern Gulf of

- California. Seasonal changes in species composition. *Aquacult. Res.* 46(12), 2829-2840.
- Southgate, P., y Bee, A. (1997). Hatchery and early nursery culture of the blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera*). *Journal Shellfish Research* 16:561–567 p.
- Southgate, P., y Lucas, J. (2008). *The pearl oysters*. Elsevier.
- Taylor, J., Southgate, P., y Rose, R. (1997). Fouling animals and their effect on the growth of silver-lip pearl oysters, *Pinctada maxima* (Jameson) in suspended culture. *Aquaculture*, 153(1-2): 31-40.
- Thébault, J., Thouzeau, G., Chauvaud, L., Cantillánez, M., y Avendaño, M. (2008). Growth of *Argopecten purpuratus* (Mollusca: Bivalvia) on a natural bank in Northern Chile: sclerochronological record and environmental controls. *Aquatic Living Resources*, 21(1), 45-55.
- Tomaru, Y., Kumatabara, Y., Kawabata, Z. y Nakano, S. (2002). Effect of water temperature and chlorophyll abundance on shell growth of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*, in suspended culture at different depths and sites. *Aquaculture Research*, 33(2), 109-116.
- Toro, J., Sanhueza, M., Winter, J., Senn, C., Águila, P. y Vergara, A. (1995). Environmental effects on growth of the Chilean oyster *Ostrea chilensis*, in five mariculture locations in the Chiloé Island, Southern Chile. *Aquaculture*. 136, 153-164.
- Treviño, L., Vélez-Falcones, J., y Lodeiros, C. (2019). Effects of stocking density in the grow-out culture of winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851). *Aquaculture Research*, 50(3), 964-967.
- Uriarte, I., Lovatelli, A., Fariás, A., Astorga, M., Molinet, C., Medina, M., Avendaño, M., Lodeiros, C. (2007). Cultivo y manejo de moluscos bivalvos

en América Latina: resultados y conclusiones del primer taller – ACUIBIVA 2007. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 1–23.

Valdivieso, V. (1997). Lista sistemática de moluscos marinos.

Vite-García N., y Saucedo P. (2008). Energy storage and allocation during of Pacific winged pearl oyster *Pteria sterna* at Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research*, 27:375-383.

Yoo, S., Chang, Y., y Lim, H. (1986). Growth comparison of pearl oyster, *Pinctada fucata* between the two culturing areas. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(6), 593-598.

Zhou, Y., y Pan, J., (1999). Species, distribution and damage of *Cymatium* in sea water pearl oyster culture zones of Hainan Island. *Tropic Oceanology* 18 (1), 83–89.

## 11. ANEXOS



**Figura 12.** Siembra de juveniles



**Figura 13.** Juveniles de *Pteria sterna*



**Figura 14.** Toma de muestras de agua de las tres profundidades usando botella Niskkin



**Figura 15.** Muestreo mensual



**Figura 16.** Cesta a 2 metros de profundidad.



**Figura 17.** *Stramonita (Thais) biserialis* encontrados en cestas de cultivo.



**Figura 18.** Procesamiento de muestras en laboratorio.



**Figura 20** Secado de concha y tejido de *P. sterna*.



**Figura 19.** Extracción de biofouling.