



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

TEMA:

**CARACTERIZACIÓN DEL BIOFOULING ASOCIADO A LOS CULTIVOS DE
Crassostrea gigas y *Argopecten purpuratus*, REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 2021.**

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO MARINO

AUTOR:

GISSELLA STEFANY REYES VALENCIA

TUTOR:

BLGA. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M.Sc.

LA LIBERTAD-ECUADOR

2021

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Firmado electrónicamente por:
MAYRA MAGALI
CUENCA ZAMBRANO

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, Mgt.
Decana (e)
Facultad de Ciencias del Mar



Firmado electrónicamente por:
JIMMY AGUSTIN
VILLON MORENO

Ing. Jimmy Agustín Villón Moreno, M.Sc
Director (e)
Carrera de Biología

Blga. Dennise Tomalá Solano M.Sc.
Docente Tutor

Qui. Farm. Mery Ramírez Muñoz Mgt.
Docente de Área

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer primero a Dios y a la Vida por permitirme llegar hasta donde estoy ahora, por darme la fuerza y voluntad para poder plasmar mis objetivos.

A mis Padres Misael Reyes y Daira Valencia las personas más lindas del mundo y que amo mucho, les agradezco por el apoyo incondicional en esta etapa académica y en cada paso y proyecto de mi vida, por la motivación para seguir adelante y abrazos tras cada tropiezo.

A la memoria de mi hermano Whiston (†) quien me enseñó a ser constante y perseverante, y que siempre estará en mi corazón, A mi hermana Michelle Reyes y a mi pareja Ulises Vásquez por la ayuda incondicional en cada momento, a mi hijo Jared por ser mi fortaleza de superación y a toda mi familia, quienes nunca dudaron que alcanzaría este triunfo y con ello mi meta profesional.

Sobre toda a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en lugar donde que formé y me eduqué como profesional y donde plasmé mi más anhelado sueño. A la Blga. Dennis Tomalá, profesional a carta cabal que fue mi guía durante este proceso de culminación de la tesina.

A todas y cada una de las personas que han estado en mi vida durante este proceso. Gracias.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	8
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4. MARCO TEÓRICO	12
4.1. El Cultivo de Moluscos.....	12
4.2. Características de la especie <i>Crassostrea gigas</i>	12
4.3. Cultivo de la <i>Crassostrea gigas</i>	13
4.4 Características de la especie <i>Argopecten purpuratus</i>	14
4.5 Cultivo de <i>Argopecten purpuratus</i>	15
4.6 Los Bentos Marinos Costeros	15
4.7 El Biofouling	16
4.8 Clasificación del biofouling	16
4.9 Efectos en los cultivos.....	16
4.10 Control del Biofouling.....	17
4.11 Generalidades de los Phylum que componen el biofouling.....	18
5. METODOLOGÍA	20
5.1 Obtención de ideas de la investigación.	20
5.2 Fuentes de información.....	20
5.3 Selección de información	21
5.4 Criterios de inclusión	21
5.5 Análisis y síntesis de la información	21
5.6 Análisis de datos	21
6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	22
6.1 Identificación de los grupos que componen el biofouling en los sistemas de cultivo de moluscos bivalvos	22
6.2 Caracterización de los macroinvertebrados incrustantes en los cultivos.	24

6.3 Comparación de la predominancia de los organismos del biofouling presentes en los cultivos de <i>Crassostrea gigas</i> y <i>Argopecten purpuratus</i>	38
6.4 Predominancia de sustratos en los cultivos de <i>C. gigas</i> y <i>A. purpuratus</i>	40
6.5 Efectos causados por la incrustación de organismos del biofouling en la infraestructura utilizada de los sistemas de cultivos.	42
7. CONCLUSIONES.....	44
8. RECOMENDACIONES	45
9. BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Descripción taxonómica de los organismos incrustantes adheridos a los sistemas de cultivo de <i>Argopecten purpuratus</i> y <i>Crassostrea gigas</i>	23
Tabla 2 Descripción de los efectos del biofouling en el cultivo de moluscos bivalvos, y el tipo de sustrato	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Dominancia de los Phylum registrados en <i>Crassostrea gigas</i> y <i>Argopecten purpuratus</i>	22
Gráfico 2 Dominancia de Phylum en el cultivo de <i>Crassostrea gigas</i>	36
Gráfico 3 Dominancia de los Phylum registrados en el cultivo de <i>Argopecten purpuratus</i>	37
Gráfico 4 Representación del dominio de los sustratos más colonizados.....	39

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Vista de la <i>Crassostrea gigas</i>	13
Imagen 2. Vista del bivalvo <i>Argopecten purpuratus</i>	14
Imagen 3. Vista superior de una colonia muerta de <i>Balanus trigonus</i>	24
Imagen 4. <i>Balanus amphitrite</i>	25
Imagen 5. Vista dorsal de <i>Pollicipes elegans</i> (percebe).....	26
Imagen 6. Vista frontal de <i>Callinectes arcuatus</i>	27
Imagen 7. <i>Hydroides sp</i>	28
Imagen 8. <i>Nereis sp</i>	29
Imagen 9. <i>Ciona intestinalis</i>	30
Imagen 10. Colonia masiva de <i>Didemnum sp</i> . En la cuerda de un cultivo la Bahía de San Francisco.....	31
Imagen 11. Colonia de <i>Scrupocellaria californica</i>	32
Imagen 12. Vista de la especie <i>Calpensia sp</i> en una malla de cultivo.....	33
Imagen 13. Vista frontal del Erizo <i>Tetrapygyus niger</i>	34
Imagen 14. Vista frontal de <i>Balanus Laevis</i>	36

RESUMEN

Los cultivos de moluscos bivalvos representan una de las actividades acuícolas más importantes ya que representa una fuente de ingreso para las comunidades, en los últimos años esta labor se ha visto afectada por el desarrollo del

“biofouling” en sus estructuras y de los cuales constituye uno de los problemas más graves para las operaciones de cultivo, provocando grandes impactos económicos. El siguiente trabajo de investigación busca identificar las especies que componen el biofouling en las linternas de cultivo de moluscos bivalvos de *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus* mediante el análisis de 25 documentos científicos entre tesis de grado, revistas e información bibliográfica de bibliotecas virtuales, donde se registró 5 Phylum dominantes que correspondían a Annelida (Polychaeta), Bryozoa (Gymnolaemata), Echinodermata (Echinoidea), Arthropoda (Maxillopoda y Malacostraca) y Chordata (Ascidiacea), siendo Arthropoda el filo más frecuente, representado por el género *Balanus* que en su mayoría se adherían a las valvas, boyas, y linternas del cultivo, estos grupos en altas densidades llegan a colonizar los cultivos en mar abierto, llegando a competir por espacio y alimento. Finalmente, los organismos del biofouling en los cultivos de *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus* son semejantes a excepción de la especie *Balanus laevis* que se encuentra en las valvas de *Argopecten purpuratus*.

Palabras clave: Biofouling, efectos, *Crassostrea gigas*, *Argopecten purpuratus*, actividades acuícolas.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de moluscos se ha convertido en los últimos años en un recurso biológico importante de gran interés comercial ya que presenta una fuente de ingreso para las comunidades locales (IPAC, 2019). Según la FAO (2020) describe que en el 2018 la producción de moluscos con concha representaba 17,3 millones de toneladas mundialmente es decir 56,3% de la producción de la acuicultura marina y costera.

Este recurso brinda una amplia diversidad de utilidades, misma que está despertando el interés en el sector acuícola, puesto que el monto de inversión requerido es muy bajo por tratarse de cultivos extensivos, además de que son organismos filtradores que no necesitan de alimento balanceado y solo requieren de sistemas suspendidos en mar abierto (Tomalá, 2019).

La maricultura en Ecuador es una actividad que ha tenido un éxito limitado ya que existen pocas regulaciones para este sector (Álvarez et al, 2007). Sin embargo, se describe como una actividad sostenible que genera beneficios económicos y puestos de trabajo, a pesar de estas ventajas, con frecuencia se muestran impactos negativos contra el medio ambiente, y con ello se busca la sostenibilidad del cultivo (Loayza, 2011).

Hoy en día los cultivos de bivalvos como la *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus* en mar abierto se ven afectados por el desarrollo del “biofouling” en sus estructuras, término considerado como el conjunto de organismos acuáticos que se adhieren y crecen sobre objetos inertes sumergidos, este fenómeno sucede en todas las superficies sumergidas en el ambiente marino (Useche et al, 2019).

El biofouling constituye uno de los problemas más significativos en el manejo del cultivo de moluscos y el cual conlleva a grandes impactos económicos (AquaHoy, 2012). Según Cáceres y Vázquez (2014) mencionan que evaluaciones de los científicos los costos para el control del biofouling en la industria de la maricultura y acuicultura puede representar entre el 5 y 10% de

los costos de producción; se estima un costo de US\$1.5 a 3 billones/año en todo el mundo.

Estos impactos en los cultivos van desde el daño físico a los organismos de cultivos, interferencia mecánica, es decir que no permite la circulación en la columna de agua, competencia biológica y por alimento, modificación del medio ambiente hasta el incremento del peso en los sistemas de cultivo (Bannister et al. 2019).

En un estudio realizado por Loayza (2011) describe que en una linterna de cultivo acumula 87 Kg de biofouling en 2,5 a 3 meses. De igual manera, describe que en tres meses de inmersión de una linterna de 20 Kg puede llegar a pesar hasta 120 Kg de biofouling, lo que ocasiona menor disponibilidad de alimentos para el cultivo, impacto en la rentabilidad económica, se elevan costos de operación por el incremento en peso, y el deterioro de los sistemas, afectando la rentabilidad y productividad (Sánchez, 2015).

El propósito de esta investigación es identificar, en base a la literatura bibliográfica, los organismos de mayor dominancia que componen el biofouling presentes en las linternas de los cultivos de bivalvos en mar abierto. De este modo, proporcionar alternativas para minimizar los efectos por las incrustaciones en los organismos y sistemas de cultivo.

2. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de la franja costera existen cultivos de bivalvos a mar abierto, y se sabe que es una actividad productiva de gran rentabilidad, ya que es una fuente de empleo para las comunidades locales y es una alternativa para impulsar los sistemas productivos ecológicos (FAO, 2006). El desarrollo de esta actividad es muy ventajoso debido a que estos organismos son una importante fuente de proteínas de origen animal, y no requieren el uso de balanceado, puesto que son organismos filtradores, lo que hace más atractiva para el sector acuícola.

En el Ecuador son escasos los estudios relacionados con las comunidades de organismos del fouling y sus efectos en los sistemas, la Organización Marítima Internacional (2015) la describe como un problema en la maricultura, ya que el deficiente manejo de la misma puede causar daños en los ambientes marinos. Por ello, es necesario actualizar las revisiones anteriores orientadas a la contaminación biológica por incrustación para informar sobre la gestión y direccionar a la investigación futura.

Muchos de los impactos originados por estos organismos siguen sin evaluarse en gran medida. Por lo tanto, tener estudios enfocados en mejorar las condiciones del medio y crianza de estas especies, permite la producción sostenible de este recurso, con el mejoramiento de técnicas adecuadas para su cultivo. Adoptar medidas preventivas efectivas reduce menos los gastos económicos por inversión y mantenimiento, estas medidas pueden ir desde la selección de cuerdas o linternas antiadherentes, la modificación en las densidades de la población hasta el cultivo de genotipos resistentes a las incrustaciones (Bannister, Sievers, Bush & Bloecher, 2019). Maximizando el control de la bioincrustación en la maricultura.

Es fundamental conocer las especies bentónicas que en muchos casos forman microhábitats en las estructuras y las valvas de los moluscos de estos cultivos. Por lo tanto, la información generada en esta investigación beneficiará a los productores de maricultura al identificar las especies de mayor dominancia que componen estas comunidades puesto que les permitirá adoptar medidas eficientes para la limpieza de las estructuras en los cultivos.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las especies que componen el biofouling en las linternas de cultivo de *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus* mediante la revisión bibliográfica generando un registro de información para productores de maricultura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los grupos que componen el biofouling en las linternas de cultivo de moluscos bivalvos mediante la búsqueda bibliográfica
- Comparar la predominancia de los organismos del biofouling presentes en los cultivos de *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus*.
- Describir los efectos causados por incrustación de organismos del biofouling en la infraestructura utilizada de los sistemas de cultivos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. El Cultivo de Moluscos

El cultivo de molusco, en especial de bivalvos representa actualmente al tercer grupo más importante de organismos marinos producidos por las actividades acuícolas. Ecuador al ser un país megadiverso cuenta con especies de bivalvos de alto interés comercial, iniciando las actividades de cultivo de estas en 1990 con la creación del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). La primera especie cultivada en el país fue la ostra del pacífico *Crassostrea gigas*, especie proveniente de Chile e introducida exitosamente (FAO, 2007).

Los moluscos, en especial los bivalvos al ser organismos filtradores, ubicarse en la base de la cadena alimenticia, poseer un desarrollo y crecimiento rápido, tener bajos requerimientos de alimentación artificial y ser altamente demandados en los mercados nacionales y globales, califican como candidatos ideales para la acuicultura (Newkirk, 1993). A lo anterior mencionado, Cáceres (1999) añade que el cultivo de moluscos tiene un gran potencial de crecimiento como proyecto comercial puesto que para su producción no se requiere la inversión de capitales elevados, ni la utilización de equipos sofisticados.

4.2. Características de la especie *Crassostrea gigas*

4.2.1. Taxonomía Reino:

Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Subclase: Autobranchia

Orden: Ostreida

Familia: Ostreidae

Género: *Crassostrea*

Especie: *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1973).

Nombre común: Ostión u ostra japonesa

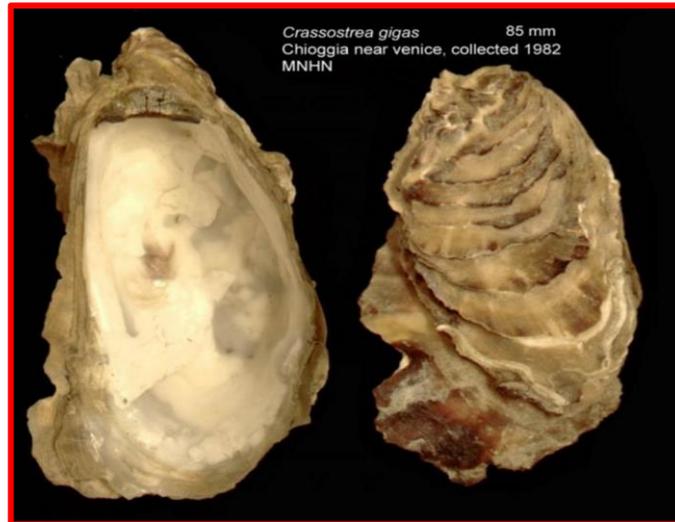


Imagen 1 Vista de la *Crassostrea gigas*

Fuente: Gofas, 2013

Crassostrea gigas especie de molusco bivalvo cuyas características morfológicas son su caparazón áspero y alargado que alcanza una longitud de 20 a 30 cm extremadamente variable (Imagen 1). Ambas valvas son sólidas con tamaño y forma desiguales (CIESM Mediterranean Science Commission, 2000). La valva superior izquierda es ligeramente convexa, mientras que la valva derecha es profunda con forma de copa. Las valvas están esculpidas con pliegues radiales grandes, irregulares y redondeados. Las costillas radiales están presentes en ambas valvas, comenzando desde el umbo. Por lo general, de color blanquecino, también muestran rayas y manchas púrpuras. La superficie interior es parcialmente blanca lechosa. La cicatriz del músculo aductor tiene forma de “riñón” (Miossec et al, 2009).

4.3. Cultivo de la *Crassostrea gigas*

El cultivo de *C. gigas* inicia con la introducción de esta especie a más de 70 países de aguas frías y subtropicales con pocas experiencias exitosas en sus cultivos. El inicio de su cultivo en Ecuador fue en la década de los 90 debido a la colaboración de la Agencia Japonesa para el Desarrollo JICA con el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior

Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL), permitiendo el desarrollo de estudios con resultados tecnológicos consolidados (Vélez et al. 2020).

Estudios recientes demuestran la viabilidad del cultivo de *C. gigas* en las costas ecuatorianas, alcanzando tallas comerciales de 80-85 mm entre 8 a 10 meses de cultivo, esto es atribuido a las altas temperaturas y a la riqueza fitoplanctónica de las aguas ecuatorianas, siendo estos resultados obtenidos en cultivos desarrollados en la Bahía de Ayangue, provincia de Santa Elena (Lodeiros et al., 2018).

4.4 Características de la especie *Argopecten purpuratus*

4.4.1 Taxonomía

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Subclase: Autobranchia

Orden: Pectinida

Familia: Pectinidae

Género: *Argopecten*

Especie: *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819).

Nombre común: Concha abanico y ostión del norte en Chile



Imagen 2 Vista del bivalvo *Argopecten purpuratus*

Fuente: Gonzales, 2019

Es molusco bivalvo marino. La concha bivalva es gruesa, orbicular, con valvas levemente desiguales, la izquierda más convexa que la derecha. Posee costillas radiales, uniformes, sobresalientes, en número variable, 23 a 26 por valva, que presentan bordes angulosos y están revestidos por escamas finas y oblicuas (Imagen 2). Posee orejuelas o alas desiguales, siendo la anterior de mayor tamaño. El borde está fuertemente denticulado. El color es variable desde el blanco al rosado y café, los que se combinan y distribuyen en forma irregular (Avendaño & Cantilláñez, 2008).

4.5 Cultivo de *Argopecten purpuratus*

Los estudios sobre esta especie son relativamente nuevos ya que estos iniciaron por parte del Centro de Investigaciones Submarinas en 1975 con la evaluación 3,059 ha, donde se calculó una densidad de 0.17 ind m^2 y una biomasa de 5.0 millones de ejemplares. Posterior a esto se han realizado más evaluaciones de la especie por parte de la Universidad Católica del Norte, siendo la última por Alarcón y Wolff (1991).

El cultivo de *A. Purpuratus* en Chile inició en 1982 en la bahía de Tongoy. Akaboshi y Illanes (1983) iniciaron con el cultivo experimental de cultivo suspendido de *A. purpuratus* en Bahía Tongoy, donde se logró ejemplares a talla comercial de 90mm en un periodo de 14 y 15 meses de cultivo, el sistema de cultivo empleado fue “long line” debido a las bajos volúmenes cultivados, ya que estos no superaban los 10 millones de ejemplares por la escasez de semilla durante los primeros años de cultivo.

4.6 Los Bentos Marinos Costeros

Se denomina bentos a grupo de organismos asociado a los fondos acuáticos, dependiendo su hábitat específico estos se clasifican en: hiperbentos que son organismos con capacidad móvil que les permite desplazarse realizando migraciones verticales sobre el sustrato; epibentos que constituyen organismos

que habitan sobre el sustrato y endobentos son organismos que habitan enterrados en el sustrato. Los organismos bentónicos también pueden ser clasificados en relación con su tamaño, siendo el macrobentos conformado por individuos mayores de 500um, meiobentos menores de 500um y mayores de 63um, finalmente el microbentos constituido por organismos menores de 63um (Pech y Ardisson, 2018).

4.7 El Biofouling

El biofouling consiste en la incrustación y formación de depósito de organismos no deseados en superficies que se encuentran en contacto con el agua. Se denomina así a organismos pertenecientes a diferentes taxones, principalmente invertebrados con capacidad de colonizar diversas estructuras sólidas que mantienen permanente contacto con el agua (Perea et al. 1990). En los sistemas de membranas el biofouling representa un grave problema ya que estos organismos pueden multiplicarse afectando una mayor área de la zona en donde se han adherido, por lo tanto, aunque se elimine el 99% de biofouling, todavía quedan células suficientes para que puedan seguirse multiplicando (Gonzales, 2019).

4.8 Clasificación del biofouling

El biofouling marino se puede clasificar en dos tipos: microfouling y macrofouling. Sin embargo, existen distintos tipos de organismos que varían según su movilidad, estos pueden ser móviles o semimóviles que pueden encontrarse depositados sobre las estructuras o superficies sumergidas. (Saá, 2015).

4.9 Efectos en los cultivos

El biofouling afecta de manera negativa en los sistemas de cultivo, puesto que los organismos que lo componen utilizan como sustrato las estructuras

suspendidas utilizadas para el proceso de cultivo de bivalvos, estas pueden ser linternas, pearl nets, boyas, bolsas colectoras y cuerdas, incluso han sido encontrados adheridos en las valvas de la especie cultivada (Lesser et al. 1992).

Al desarrollarse en abundancia, el biofouling puede desgastar y deteriorar los materiales empleados en los sistemas de cultivos, reduciendo así el tiempo de vida útil de estos. Afectan también en la flotabilidad, lo que representa gastos económicos en el mantenimiento de los materiales (Claereboudt et al. 1994). Entre las mayores complicaciones que genera el biofouling es el cubrimiento total de la superficie del material que aloja las conchas, lo cual modifica el flujo del agua disminuyendo el suministro de alimento (Uribe et al. 2001). A pesar de representar un problema, Widman y Rodhes (1991) afirman que “un incremento en la abundancia de los bioincrustantes no es un factor de mortalidad importante en cultivos de *Argopecten irradians*”, incluso, bajo ciertas circunstancias puede llegar a ser beneficioso para un cultivo, ya que en zonas de corrientes fuertes favorecen el crecimiento de las conchas cultivadas, reduciendo la fuerza de las corrientes, facilitando la alimentación (Ross et al. 2002).

4.10 Control del Biofouling

El control y eliminación del biofouling actualmente es uno de los mayores problemas que enfrentan los sistemas de cultivo puesto que los microorganismos que lo conforman son omnipresentes en cualquier sistema técnico y para un eficiente control se requiere un enorme esfuerzo técnico y económico para mantener las zonas de cultivo estériles. El potencial de bioincrustación está representado por la presencia de microorganismos y la disponibilidad de nutrientes para su proliferación (Flemming et al. 1997).

En la actualidad, el sector de la acuicultura está dejando de usar ciertos productos cobertores para sus sistemas, como los que se preparan en base a cobre. Por consiguiente, es probable que dentro de las futuras tendencias de la industria sean utilizados productos amigables con el medio ambiente (Watson et al., 2007).

4.11 Generalidades de los Phylum que componen el biofouling

4.11.1 Phylum Arthropoda

Los artrópodos se caracterizan por tener patas articuladas, son animales invertebrados que incluyen una gran variedad de especies, clases y órdenes (Calderón et al. 2004). Las más de 750.000 especies descritas representan tres veces el resto de especies animales juntas, y lo han logrado gracias a su capacidad adaptativa, ya que comprenden desde especies de vida libre hasta estrictamente parásitas, esto les ha permitido colonizar hábitats. Son organismos triblásticos, poseen simetría bilateral y la cavidad del cuerpo o celoma es reducido (Bar, 2011).

4.11.2 Phylum Annelida

Este Phylum comprende más de 16,700 especies de anélidos según lo descrito por Brusca, 2005 , incluyendo a los gusanos con cerdas o poliquetos, oligoquetos y los hirudíneos. Se caracterizan principalmente por ser gusanos de cuerpo alargado y segmentado de simetría bilateral, dividido ántero-posterior, en tres partes denominadas: prostomio (anterior), soma (media) y pigidio (posterior) donde se encuentra el ano (Lazo, Ottone, & Aguirre, 2008).

Una de las características más distintiva es la segmentación o metamería, que consiste en la división del cuerpo en segmentos (metámeros o somitos) similares y dispuestos a todo lo largo del eje del cuerpo (Báez & Ardilla, 2003).

4.11.3 Phylum Bryozoa

El phylum de los briozoos posee actualmente más de 5000 especies, en su mayoría marinas, que suelen vivir en epibiosis sobre algas, o incrustando diversos sustratos duros como piedras, valvas de moluscos, caparazones de crustáceos, entre otras (López & Sabattini, 2008). Son celomados acuáticos, sedentarios y coloniales. Cada colonia, también llamada zoario, está compuesta

por módulos denominados zooides. La colonia se origina por un proceso de brotación asexual a partir de un zooides primario o ancéstrula (Moyano, 1980). En algunas especies existen partes extrazoidales cuyo esqueleto brinda soporte a la colonia; estas suelen ser más grandes que los zooides (individuos), poseen cavidades corporales y paredes, pero carecen de órganos de alimentación (Delgadillo & Flores, 2015).

4.11.4 Phylum Chordata

Los cordados, phylum Chordata, incluye alrededor de 43000 especies agrupadas en tres subgrupos como los cefalocordados (Branchiostoma o anfibio), Urocordados o tunicados y Vertebrados (Guerrero & González, 2012).

Son animales celomados, deuterostomados y de simetría bilateral (Moral , Guadarrama, & Flores, 2016). Estos organismos comparten una serie de características en común que los hace impresionantemente diversos en forma y fisiología, como la presencia de notocorda, también denominada cuerda dorsal, hendiduras branquiales, el sistema nervioso central, endostilo, epineuria (posición dorsal del tubo neural) y una cola postanal que es una extensión corporal posterior al ano (Parker & Haswell, 1991).

4.11.5 Phylum Echinodermata

Los equinodermos son un grupo exitoso de animales marinos que integran a los invertebrados, los más conocidos son las estrellas de mar, ofiuras, erizos de mar, pepinos de mar y lirios de mar. Estos organismos presentan, en su gran mayoría, hábitos bentónicos y se distribuyen desde ambientes intermareales hasta grandes profundidades y en diferentes latitudes (Pérez, Gaspar, & Rubilar, 2014).

Presentan características anatómicas únicas, entre ellas podemos citar una simetría radial pentámera, puesto que en muchas especies sus larvas tienen simetría bilateral, finalmente poseen una zona oral y aboral en su morfología (Solís & Laguarda, 2014).

5. METODOLOGÍA

La siguiente investigación se trata de una revisión sistemática en la que se describen las principales características de los organismos incrustantes en los cultivos de bivalvos particularmente en *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus*. Para la recolección y elaboración del trabajo bibliográfico se utilizó la metodología implementada por Guirao, Olmedo & Ferrandis (2008), (Vera, 2009) y Catalá & García (2010), y quienes describen que para realizar la revisión bibliográfica se debe hacer una búsqueda exhaustiva y recopilar todas las fuentes de información relevantes, seguida de una selección crítica y lectura de todos los documentos recopilados.

5.1 Obtención de ideas de la investigación.

Consistió en generalizar las ideas de investigación que sean suficientemente claras para poder realizar una búsqueda bibliográfica e investigación documental identificando principalmente el problema, por lo tanto, esto permitió conseguir un escenario bastante amplio que permita obtener resultados con datos científicos relevantes. Cabe indicar que la presente investigación está en función de información disponible de forma gratuita.

5.2 Fuentes de información

Se realizó una búsqueda de artículos científicos, tesis, libros, sitios web, boletines de revistas y demás información, en las principales bases de datos bibliográficas disponibles en internet, en los meses de enero y febrero del 2021. Se recopiló información en bibliotecas virtuales como: Scielo, Redalyc, Researchgate, Taylor & Francis Online, revistas de divulgación científica como: Biología Tropical, Ciencias Marinas, Biología Marina, Ciencia y tecnología, entre otras, así como tesis en los repositorios de la Universidad Estatal península de Santa Elena y Universidades del Perú.

5.3 Selección de información

Los registros se obtuvieron de 25 documentos científicos entre tesis de grado y posgrado, libros, artículos científicos e investigaciones. Se seleccionaron aquellos documentos con información sobre bioincrustación o biofouling en las dos especies de estudio.

5.4 Criterios de inclusión

Se establecieron las referencias más relevantes, todas estas se limitaron a la línea bibliografía del biofouling en el cultivo de *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus*, efectos de los organismos del biofouling en los cultivos de moluscos, variación del biofouling en linternas de cultivo, el impacto y control de la bioincrustación en la acuicultura, entre otras.

Los criterios de inclusión determinantes para la selección de los artículos fueron los siguientes:

- Artículos sobre estudios científicos o experimentales.
- Artículos de revistas bibliográficas

5.5 Análisis y síntesis de la información

Para el análisis se extrajo la información más relevante, con la finalidad de eliminar toda la que no sea necesaria, y así reducir el volumen de documentos que se van a manipular. Para la síntesis, se ordenó los documentos según el orden de los objetivos a cumplir, así se sistematizó y ordenó la información correspondiente de acuerdo con los dos sistemas de cultivo en estudio.

5.6 Análisis de datos

En el análisis de datos se tabuló la información en una hoja de cálculo de Excel 2013, para obtener el porcentaje de la predominancia de los organismos incrustantes, la identificación de especies reportadas para ambos cultivos y el tipo de sustrato al cual se adhieren, mediante la representación de tablas y gráficos.

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

6.1 Identificación de los grupos que componen el biofouling en los sistemas de cultivo de moluscos bivalvos

De los grupos de organismos identificados, considerados como incrustantes en la literatura, se registraron estos 5 grupos correspondientes a los Phylum: Annelida (Polichaeta) con el 31%, Bryozoa (Gymnolaemata) 4%, Echinodermata (Echinoidea) 14%, Arthropoda (Maxilípoda y Malacostraca) 39% y Chordata (ascidias) con el 12%, siendo los predominantes en los cultivos de *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus* (Gráfico 1). Estos organismos se encontraban en las valvas, las boyas y linternas del sistema de cultivo (Tabla 1).

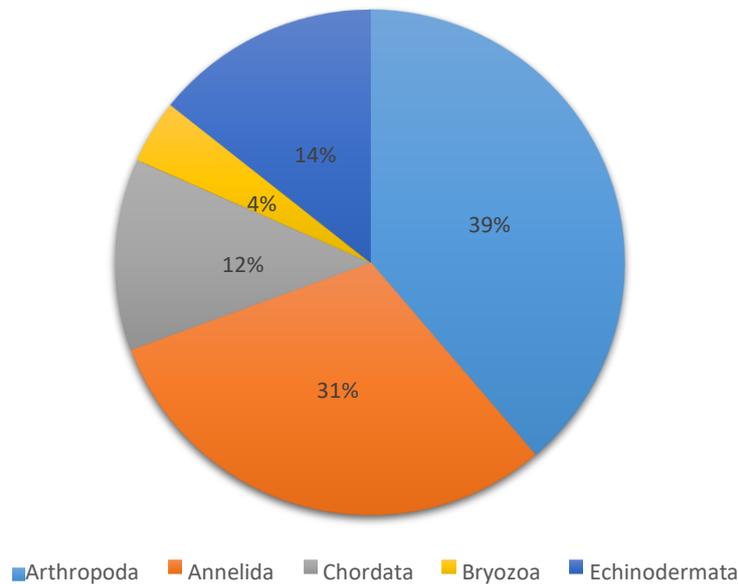


Gráfico 1 Dominancia de los Phylum registrados en *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus*

Se encontró que el grupo Arthropoda el más abundante, siendo representado principalmente por *Balanus trigonus*, *Balanus amphitrite* y *Balanus laevis* de los cultivos de *C. gigas* y *A. purpuratus*, cuyos organismos son coloniales y viven en la zona intermareal. Estos organismos pueden representar riesgos en la

acuicultura continental ya que se fijan en las valvas compitiendo por espacio y alimento de los moluscos cultivados. Tal afirmación la realizan Carraro et al. (2012) quienes mencionan que estos organismos suelen migrar por medio de las aguas lastres, fijarse e interferir con el funcionamiento de las valvas reduciendo la tasa de filtración en el animal.

Para el Phylum Arthropoda se integró una lista de 3 familias compuesta por Balanidae, Pellicipedidae y Portunidae, identificando 4 especies; mientras que, el Phylum Annelida reporta 2 familias compuestas por Serpulidae y Nereididae, identificando 2 especies. Por otro lado, el Phylum Chordata presenta 2 familias Cionidae y Didemnidae, identificando 2 géneros y especies. Consecuentemente, el Phylum Bryozoa reportó 2 familias, Candidae y Membraniporidae, identificando 2 especies. Finalmente, el Phylum Echinodermata registró 1 familia Arbaciidae y 1 género y 1 especie (Tabla 1).

Tabla 1 Descripción taxonómica de los organismos incrustantes adheridos a los sistemas de cultivo de *Argopecten purpuratus* y *Crassostrea gigas*.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Phylum	Clase	Orden	Especie	Sustrato	Autores
Arthópoda	Maxilípoda	Sessilia	<i>Balanus trigonus</i>	Boyas, linternas y epibionte	(Alcívar,2015) (Saá,2015) (Tejada,2013)
			<i>Balanus amphitrite</i>	Linternas y valvas	(Sánchez,2015) (Tejada,2013)
		Scalpelliformes	<i>Pollicipes elegans</i>	boyas, cuerdas y linternas	(Pacheco & Garete, 2005)
	Malacostraca	Decápoda	<i>Callinectes arcuatus</i>	cestos y valvas	(Rodríguez & Ibarra,2008)
	<u>Thecostraca</u>	Balanomorpha	<i>Balanus laevis*</i>	Linternas y valvas	(Rodríguez & Ibarra,2008)
Annelida	Polychaeta	sabellida	<i>Hydroides sp</i>	valvas y toda estructura de cultivo	(Rodríguez & Ibarra,2008) (Tejada,2013)
		Phyllococida	<i>Nereis sp.</i>	valvas, cestos y en casos epibiontes	(Pacheco & Garete, 2005)
Chordata	Ascidiacea	Phlebobranchia	<i>Ciona intestinalis</i>	valvas y las boyas	(Fitridge et al. 2012), (Alcívar,2015)
		Aplousobranchia	<i>Didemnum sp</i>	Cestos	(Fitridge et al. 2012)
Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	<i>Scrupocellaria californica</i>	linternas, boyas y las valvas	(Pacheco & Garete, 2005) (Hernández,2017)
			<i>Calpensia sp.</i>	valvas y cestos	(Saá, 2015)

Echinodermata			<i>Tetrapygyus niger</i>	linternas y boyas	(Hernández,2017)
---------------	--	--	--------------------------	-------------------	------------------

(*) Especie reportada en las valvas del cultivo de *A. purpuratus*

6.2 Caracterización de los macroinvertebrados incrustantes en los cultivos.

A continuación, se describen características morfológicas, hábitat y distribución de los organismos incrustantes en cultivos de *C. gigas* y *A. purpuratus*, enfocándose en trabajos disponibles y en línea de Ecuador y Perú.

6.2.1 Phylum Arthropoda

Nombre científico: *Balanus trigonus* (Darwin, 1854).



Imagen 3 Vista superior de una colonia muerta de *Balanus trigonus* **Fuente:**
Hendrick & Ramírez, 2019

Características Morfológicas:

El *B. trigonus*, es un percebe que tiene forma cónica de coloración moteado, blanco violáceo, alcanzando 2.5 con de diámetro, con 6 placas superpuestas longitudinales con estrías radiales estrechándose en la parte superior. Su orificio es de forma triangular (Saá, 2015).

Hábitat:

Se encuentran en zonas submareales e intermareal, en mares tropicales y subtropicales y templados. Esta especie es cosmopolita (Imagen 3).

Distribución geográfica:

Especie común en el Mediterráneo y Atlántico oriental, Ecuador.

Sustrato:

Se adhiere a boyas, linternas y epibiontes en cultivos de moluscos

Nombre científico: *Balanus amphitrite* (Darwin, 1854).



Imagen 4 *Balanus amphitrite*

Fuente: Hendrick & Ramírez, 2019

Características morfológicas:

Es un percebe pequeño, aproximadamente cónico o cilíndrica que alcanza un diámetro máximo de unos 20 mm. Tiene 2 o 4 líneas verticales moradas o rojo marrón con paredes blancas (Imagen 4). Tanto las rayas como los espacios en blanco entre ellos suelen ser más anchos en la parte inferior y estrechos hacia la parte superior (Penchaszadeh, 2003).

Hábitat:

Organismo marino del litoral y la intermareal, vive en áreas cercanas sub litorales, se alimenta por filtración cuando está sumergido.

Distribución:

Originario del Océano Pacífico e Índico.

Sustrato:

Se adhiere a cualquier superficie marina, linternas y valvas de los organismos.

Nombre científico: *Pollicipes elegans* (Darwin, 1851).



Imagen 5 Vista dorsal de *Pollicipes elegans* (percebe)

Fuente: Fockedey, 2010

Características morfológicas:

Presenta dos regiones distinguibles; el pedúnculo o tallo y el capítulo. El pedúnculo es el soporte del cuerpo, este contiene las glándulas de fijación además del ovario. El capítulo pertenece al cuerpo menos la parte pre oral, y está rodeado por el manto. En la superficie se encuentran las placas calcáreas (Imagen 5).

Hábitat:

Habita el piso mesolitoral rocoso de las orillas expuestas al fuerte oleaje, estas suelen tener gran pendiente y ser de difícil acceso (grietas, fisuras y frentes verticales).

Distribución:

Se distribuye desde Baja California, México hasta Perú (Ladinez, 2018).

Sustrato:

Se adhiere con facilidad a las boyas, cuerdas y linternas que se encuentran cerca de la superficie del cultivo (Pacheco & Garete, 2005)

Nombre científico: *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863)



Imagen 6 Vista frontal de *Callinectes arcuatus*

Fuente: Alcívar, 2015

Características morfológicas:

Presentan un caparazón ancho aplanado, 9 dientes anterolateral incluyendo el diente orbitario externo y la espina lateral, con ojos grandes. Su coloración en adultos es azul grisáceo y en juveniles café claro (Imagen 6).

Hábitat

Se encuentra por lo general en aguas del litoral poco profundas. Según Alcívar, 2015 se lo observó a esta especie en los cultivos de *C. gigas* a 5 metros de profundidad

Distribución:

Su distribución abarca desde los Ángeles, California hasta Mollenda, Perú e Islas Galápagos Ecuador

Sustrato:

Se incrustan a los cestos, al inicio presionan la concha por la parte central y rompe el borde de la valva.

Nombre científico:

6.2.2 Phylum: Annelida

Nombre científico: *Hydroides sp* (Marenzeller, 1884)



Imagen 7 *Hydroides sp.*

Fuente: Alcívar, 2015 Características

morfológicas:

Es un género de gusanos serpúlidos formadores de tubos que se encuentran en rocas, conchas y barcos sumergidos. Tienen forma tubícola y solitario; tubo calcáreo, delgado, frágil con costillas transversales (Imagen 7). Su cuerpo mide hasta 14 mm de longitud; tórax y abdomen color crema. Corona con 11 pares de radiolos; púrpura, con una banda anaranjada ancha en la parte media. Opérculo diferenciado en embudo y verticilo (Bastida, 2000).

Hábitat:

Viven formando colonias, adherido a moluscos y sistemas de sustratos sumergidos

Distribución:

Se encuentran en sustratos sumergidos en el Atlántico Occidental hasta el mar del Pacífico y Ecuador.

Sustrato:

Se colocan sobre la superficie de las valvas, cercos de alambres rígidos y tubos de PVC que conforma cada colector de cultivo

Nombre científico: *Nereis sp.* (Linnaeus, 1758)



Imagen 8 *Nereis sp.*

Fuente: Villalobos, 1847

Características morfológicas:

Gusanos poliquetos nereis pertenecer a la familia Nereida Las dimensiones de sus cuerpos dependen de la especie y varían de 8 a 70 cm. Posee colores a menudo amarillo verdoso y las cerdas son de color naranja o rojo brillante. Se mueven a lo largo de la parte inferior con excrecencias laterales emparejadas, en las que hay haces de setas elásticas con antenas táctiles, y cuando nadan juegan el papel de aletas (Imagen 8).

Hábitat

Esta es una especie de vida libre. Habitan en visones en el fondo marino, pero con mayor frecuencia los gusanos suelen estar enterrados en el limo. A menudo, flotan sobre el fondo marino en busca de alimento (Monzerrate, 2013).

Distribución:

En los litorales de los océanos Atlántico y Pacífico, en los dos hemisferios.

Sustrato:

Se adhieren a las valvas y cestos, además son epibiontes en el cultivo de *A. purpuratus*, tendencia a ser carnívoros

6.2.3 Phylum Chordata

Nombre científico: *Ciona intestinalis* (Linnaeus, 1767).



Imagen 9 *Ciona intestinalis*

Fuente: Postlethwait, 2003

Características morfológicas:

Es una ascidia translúcida y solitaria que puede tener color amarillo o verde pálido, posee diez bandas musculares que recorre el largo del cuerpo y los órganos internos de color naranja pálido (Imagen 9). El sifón braquial tiene ocho lóbulos y el sifón auricular tiene seis lóbulos. Ambos sifones pueden tener márgenes amarillos o anaranjados.

Hábitat:

Conocido desde las submareales hasta profundidades moderadas, bentónico marino; se lo ha observado en cascos de barcos e instalaciones portuarias, solitario o forma agregaciones densas. Suspensívoras.

Distribución:

Es una especie cosmopolita que habita en aguas templadas y tropicales. Del Indo-Pacífico, Océano Atlántico y Mediterráneo.

Sustrato:

Se caracteriza por adherirse a sustratos duros, a las valvas y las boyas de los cultivos.

Nombre científico: *Didemnum* sp (Savigny, 1816).



Imagen 10 Colonia masiva de *Didemnum* sp. En la cuerda de un cultivo la Bahía de San Francisco **Fuente:** Blackwood, 2011 **Características morfológicas:**

Las especies de este género a menudo tienen pequeñas espículas calcáreas incrustadas en la túnica y forman colonias irregulares o lobuladas (Imagen 10). Son organismos coloniales, tiene la particularidad de desarrollarse rápidamente cubriendo totalmente la superficie de los organismos

Hábitat:

Crece generalmente en bahías, puertos y aguas costeras, sobre rocas y todo tipo de estructuras artificiales, y sobre grava y cantos rodados (Alcívar, 2015). Las colonias se han encontrado a profundidades de agua que van desde la intermareal hasta la plataforma continental de 65 m.

Distribución:

Didemnum spp. Probablemente se introdujo en la costa del Pacífico de América del Norte como incrustaciones en el casco o como fragmentos de colonias en el agua de lastre (Cohen, 2005).

Sustrato:

Se fijan principalmente sobre los cestos del cultivo llegando a completar totalmente las redes impidiendo el flujo normal de agua a través del ojo de malla.

6.2.4 Phylum Bryozoa

Nombre científico: *Scrupocellaria californica* (Trask, 1857).



Imagen 11 Colonia de *Scrupocellaria californica*

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México

Características morfológicas

Es una especie de briófitas de la familia Candidae. Este organismo forma colonias erguidas, ligeramente calcificadas, de hasta dos centímetros de altura, ramificándose en bifurcaciones que siempre tienen dos caminos (Imagen 11). Hay nuevo brote cada diez y veinte individuos (Delgadillo & Flórez, 2015)

Hábitat:

Crece en lugares de corriente suave, sobre sustratos compactos. Está asociada a raíces de manglar y conchas del bivalvo *Crassostrea*. Encontrada en aguas turbias hasta 2 m de profundidad.

Distribución:

Canadá: Colombia Británica, Océano Pacífico

Sustrato:

Se adhiere a toda la infraestructura del cultivo, linternas, boyas, las valvas entre otras.

Nombre científico: *Calpensia sp.* (Busk, 1854).



Imagen 12 Vista de la especie *Calpensia sp.* en una malla de cultivo.

Fuente: Alcívar, 2015 Características

morfológicas:

Organismos colonizadores, las mismas tienen forma hexagonal y se desarrollan en la superficie de sustratos naturales y artificiales (Imagen 12) (Alcívar, 2015). Estos organismos presentan un lofóforo, corona de tentáculos ciliados que sirven para captar alimento, en los que el ano se abre fuera de dicha corona tentacular (Montoya et al. 2007).

Hábitat:

Marino, prefieren aguas no contaminadas, quietas y sin corriente

Distribución:

No se conoce su distribución, pero hay registro en las costas del Pacífico Mexicano, Costa Rica, Perú y Chile

Sustrato:

Son competidores potenciales ya que invaden las valvas y los cestos de las ostras.

6.2.5 Phylum Echinodermata

Nombre científico: *Tetrapygyus niger* (Molina, 1782)



Imagen 13 Vista frontal del Erizo *Tetrapygyus niger*

Fuente: Hernández, 2017.

Características morfológicas:

Tiene un dermoesqueleto cubierto por espinas, es de color negro violáceo, posee una simetría penta radial, donde sus placas ambulacrales poseen espinas ambulacrales, los pies ambulacrales se encuentran en la zona oral, allí también se encuentra la boca justo en el centro, en la zona aboral se encuentra el ano (Cabrera,2015)

Hábitat:

Se encuentra en la intermareal, comúnmente adherido al sustrato generalmente rocoso (Imagen 13).

Distribución:

Se encuentra en el sureste del Océano Pacífico en las costas de Perú , Chile y Ecuador, se ha reportado a profundidades de hasta unos 40 m.

Sustrato:

Se adhieren a las linternas y boyas de los cultivos.

Especies registradas en el cultivo de *Argopecten purpuratus*

6.2.6 Phylum Arthropoda

Nombre científico: *Balanus laevis* (Bruguière, 1789)



Imagen 14 Vista frontal de *Balanus Laevis*

Fuente: Instituto de Fomento Pesquero, 2018.

Características morfológicas:

Las placas forman una estructura cónica, redondeada de bordes y márgenes lisos (Imagen 14). En su superficie se diferencian seis radios estrechos correspondientes a las suturas de las placas: cuatro radios anteriores dos posteriores. Alcanzan tamaños de 11 mm de diámetro y 32 mm de largo (Instituto de Fomento Pesquero, 2018)

Hábitat:

Se encuentra en la intermareal, hasta 5 m de profundidad en discos adhesivos de algas laminariales. Pueden llegar a 73 m.

Distribución:

Perú, Cabo de Hornos en Chile, también por el Atlántico hasta el Golfo San Matías (Argentina).

Sustrato: Se adhieren a las linternas y boyas de los cultivos.

6.3 Comparación de la predominancia de los organismos del biofouling presentes en los cultivos de *Crassostrea gigas* y *Argopecten purpuratus*.

De los resultados obtenidos 31 especies pertenecieron a los organismos incrustantes registradas en el cultivo de *C. gigas*, donde predominaron el Phylum Arthropoda con 12 especies representando el 39%, Annelida con 10 representado por el 32%, Chordata 5 especies el 16%, Bryozoa 1 especie registrada 3% y finalmente Echinodermata con 3 especies representando el 10% como se presenta en el gráfico 2 comparados con Alcívar (2015) y Saá (2015) que identifican al Phylum Arthropoda como el más abundante y perjudicial durante los 15 y 30 días de inmersión del cultivo de *C. gigas* en Ecuador.

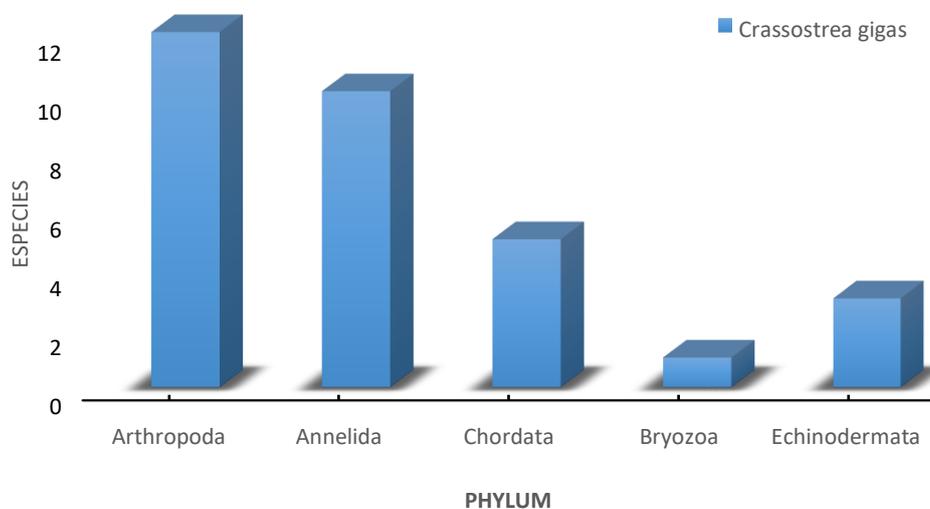


Gráfico 2 Dominancia de Phylum en el cultivo de *Crassostrea gigas* Fuente:
Elaboración propia, 2021

En el cultivo de *Crassostrea gigas* predominó el Phylum Arthropoda con un 39%, con las representaciones de las Clases Maxilipoda y Malacostraca, especies como *Balanus trigonus*, *Pollicipes elegans*, *Megabalanus coccopoma* y el género *Callinectes*. Según Tejada, 2013 describe que en el cultivo de *Crassostrea gigas* se identificaron cinco especies incrustantes del filo Cnidaria como la anémona

Diadumene sp, el filo Chordata con las ascidias *Eudistoma* sp y *Aplidium californicum*; y Arthropoda con la especie *Balanus amphitrite* y un briozoo que pertenece al género *Scrupocellaria*.

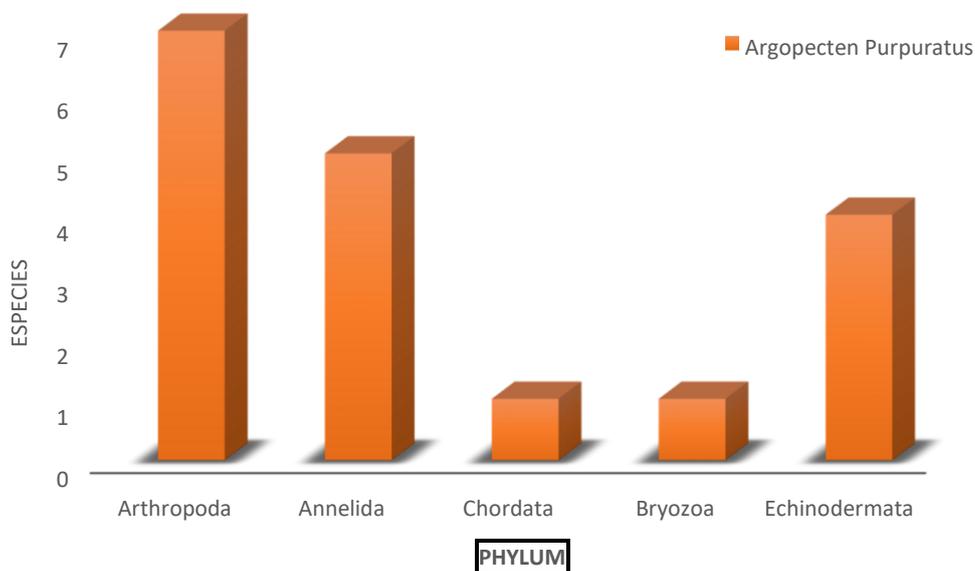


Gráfico 3 Dominancia de los Phylum registrados en el cultivo de *Argopecten purpuratus* Fuente: Elaboración propia, 2021

En el cultivo de *Argopecten purpuratus* 18 fueron los organismos incrustantes registrados donde se determinó que el Phylum más abundante fue Artrópoda con un total de 7 especies lo que representa el 39%, el segundo phylum más abundante fue Annelida con 5 especies representando el 28%, seguido de Echinodermata con 4 especies el 22%, y los menos abundantes fueron Chordata y Bryozoa ambas con 1 especie reportada. Según lo describe el gráfico 3. Estos resultados comparados con Pacheco & Garete (2005) describen que registraron en su mayoría a Crustacea, Bivalva, Polyplacophora, Brachiopoda y Echinodermata especies identificadas en Perú.

Loayza & Tresierra (2014) mencionan que en cultivo de *Argopecten purpuratus* se registraron nueve Phylum de macroinvertebrados como Annelida, Artrópoda,

Bryozoa, Cnidaria, Chordata, Equinodermata, Mollusca, Platyhelminthes y Porífera con mayor abundancia en Annelida y Artrópoda con un 20% y 25%, respectivamente.

Rodríguez & Ibarra-Obando (2008) realizaron un estudio de cobertura y colonización de fauna epibiótica en un cultivo de ostión japonés, como una respuesta a la información proporcionada registró la abundancia de una especie invasiva e inusual como la ascidia *Microcosmus squamiger*. Los resultados obtenidos del estudio revelaron que la mayoría de las comunidades incrustantes estaban compuestas por ascidias, briozoarios y esponjas.

En el estudio cualitativo de *Pteria sterna* como lo detalla Jara (2019) que los organismos del fouling más abundantes fueron las 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 (Jara, 2019).

6.4 Predominancia de sustratos en los cultivos de *C. gigas* y *A. purpuratus*

En el Gráfico 4 se presenta las estructuras que fueron más colonizadas en los cultivos, donde las boyas y linternas fueron mayormente colonizadas representando un 35%, seguido de las linternas y valvas con un 31%, las estructuras generales como cuerdas, alambres, tubos de PVC, mallas entre otras representaron el 10%, los cestos con el 16%, finalmente los organismos epibiontes representaron el 8%.

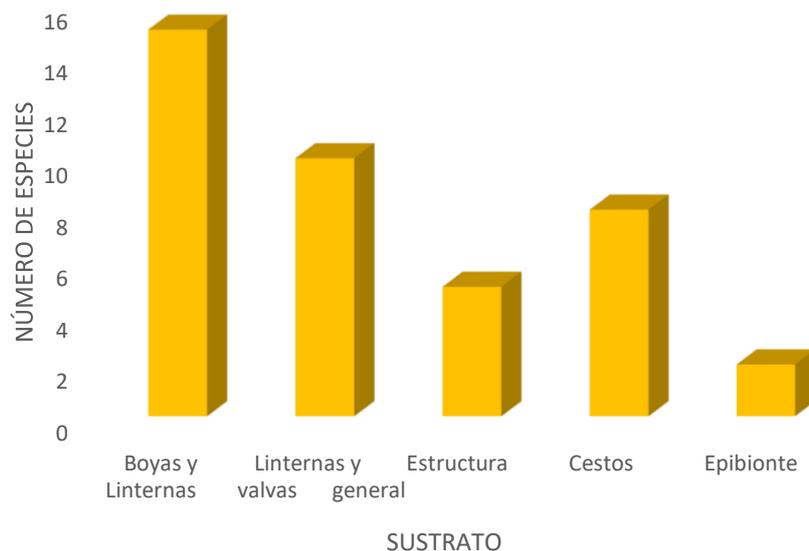


Gráfico 4. Representación del dominio de los sustratos más colonizados

Fuente: Elaboración propia, 2021

Los reportes de Pérez et al (2016) indican que el género *Balanus* tiende a colonizar las boyas, linternas y valvas de la infraestructura de los cultivos, a diferencia de Sánchez (2015) quien describe que el recubrimiento uniforme en las linternas está caracterizado por las especies más distintivas pertenecieron al Phylum Artrópoda, de las cuales encontramos las siguientes familias: Balanidae, Gammaridae, Maeridae, Majidae.

Otra referencia lo realiza Loayza & Tresierra (2014) con relación a la composición biomasa extraída en las linternas de cultivo de *Argopecten purpuratus* donde registraron especies como *Semimytilus algosus*, que constituyó el 58,69%, en los períodos de verano e invierno, respectivamente, seguido por *Ciona intestinalis* con un 73% lo que la hace altamente invasiva para los cultivos de *Argopecten purpuratus*.

6.5 Efectos causados por la incrustación de organismos del biofouling en la infraestructura utilizada de los sistemas de cultivos.

La acumulación y crecimiento de organismos sésiles que forman el biofouling en estructuras artificiales sumergidas en el mar, causa problemas serios a las industrias acuícolas.

Los sistemas de producción y la infraestructura en el cultivo de moluscos bivalvos consisten en elementos submarinos complejos tales como jaulas, flotadores, redes y cuerdas; todas estas estructuras las utilizan como superficie para incrustaciones biológicas. De igual manera, las conchas también proveen un sustrato ideal para la bioincrustación (Hernández, 2017).

Los principales efectos del biofouling en el cultivo de bivalvos son:

- La modificación del ambiente se ve alterado por el biofouling que produce grandes cantidades de desechos en el entorno, lo que provoca alternaciones en la calidad de agua y aumento en la materia orgánica del fondo, lo que provoca cambios fisicoquímicos, reduciendo la diversidad biológica (Loayza, 2011).
- Muchos de los organismos son vectores de enfermedades o parásitos. Si la condición metabólica de la especie cultivada es reducida, será susceptible a enfermedades.
- Deteriora los materiales, reduce el tiempo de duración al adherirse a las estructuras del cultivo, como cabos, boyas, linternas, pearl nets y bolsas colectoras, estos disminuyen la flotabilidad del sistema, incrementando los costos por mantenimiento.
- El biofouling puede cubrir la superficie de las linternas y alterar el flujo del agua disminuyendo, el suministro de alimento, la tasa de ingestión, la disponibilidad de oxígeno y la depuración de los residuos metabólicos afectando el crecimiento y supervivencia de los organismos (Hernández, 2017).
- Daño físico a los organismos en cultivo, debido a que forman perforaciones en las valvas lo que ocasiona grandes mortalidades.

Tabla 2 Descripción de los efectos del biofouling en el cultivo de moluscos bivalvos, y el tipo de sustrato

Especie de Cultivo	Organismos Biofouling	Efectos	Sustrato	Autores
<i>Crassostrea gigas</i>	Organismos del Phylum Artrópoda, <i>Balanus sp</i> Annelida como: <i>Hydroides sp</i> , Chordata como; <i>Ciona intestinalis</i>	Fijación y colonización en valvas, total o parcialmente compitiendo por espacio y alimento con los organismos	Se adhieren a las linternas valvas y boyas	(Alcívar, 2015), (Rodríguez & Ibarra, 2008), (Saínz & Vergara, 2018)
<i>Argopecten purpuratus</i>	Organismos del Artrópoda, Mollusca, como cnidarios, tunicados, moluscos, equinodermos, etc.	Limitan el flujo de agua hacia el interior de las linternas y con ello la disponibilidad de oxígeno y la competencia por alimento con los organismos	Se adhieren a las linternas, boyas y cestos	(Avedaño & Cantillán, 2008), (E. Gonzales, 2019), (Loayza & Tresierra, 2014) (Loayza, 2011)
<i>Crassostrea corteziensis</i>	Los epibiontes de la clase Cirrípedia	Afectan el crecimiento del bivalvo, afectan mecánicamente a los organismos, al impedirles abrir y cerrar sus valvas, cuando se fijan en la región de la charnela	Se adhieren a las valvas	(Saínz & Vergara, 2018), (Fitridge et al, 2012)
<i>Nodipecten nodosus</i>	Epibióticos, organismos del Género <i>Balanus</i> , <i>Bugula neritina</i> y Serpulidae, entre otras	Afectan en competencia por alimento en muchos casos existe perforación de la valva.	Se adhieren a las valvas y algunas estructuras del cultivo	(Carraro et al, 2012), (Valle & González, 2019)

7. CONCLUSIONES

En la recopilación bibliográfica del biofouling, se registraron 49 especies pertenecientes a 5 de los Phylum más representativos en los cultivos de *C. gigas* y *A. purpuratus*, caracterizando principalmente a las especies con alto potencial de proliferación y daños a los cultivos en mar abierto, como el género *Balanus*, *Ciona*, *Hydroides*, *Pollicipes*, *Nereis*, *Didemnum* y *Callinectes*. La bibliografía los describe como especies invasoras colonizadoras.

Los Phylum más predominantes en los cultivos de bivalvos fueron Arthropoda, Annelida y Chordata, especies como *Balanus trigonus*, *Balanus amphitrite*, *Pollicipes elegans*, *Callinectes arcuatus* se encuentran presentes en altas densidades en los cultivos y son organismos capaces de colonizar en menor tiempo las estructuras como linternas, boyas, cuerdas, y valvas de las especies de producción.

Los efectos de los organismos incrustantes pueden ir desde cubrir grandes superficies de la infraestructura del cultivo hasta llegar a desplazar las especies que se están produciendo. Estos organismos en altas densidades modifican el ambiente marino reduciendo la diversidad biológica, especies como *Ciona intestinalis* pueden llegar hacer vector de enfermedades o parásitos.

8. RECOMENDACIONES

Actualmente existen pocas publicaciones realizadas en Ecuador sobre organismos del biofouling que afectan a los sistemas de cultivo de moluscos, por lo que es necesario realizar nuevos estudios sobre los organismos asociados a las diferentes estructuras o sustratos utilizadas en los procesos de cultivo, de tal manera que esto permita tener un enfoque más amplio sobre la situación actual, el desarrollo de esta actividad en el país y las dificultades a las que se enfrenta la industria acuícola.

La presencia de organismos bioincrustantes en sistemas suspendidos para el cultivo de moluscos supone uno de los mayores retos que enfrenta esta actividad. Por lo que, es recomendable realizar limpiezas periódicas de las estructuras utilizadas para evitar posibles mortalidades y pérdidas económicas para el productor.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, G. (2015). Caracterización de la macrofauna marina perjudicial, adherida en sistemas de cultivo suspendido de *Crassostrea gigas*, en la ensenada de Palmar, Península de Santa Elena, Enero-Mayo, 2015. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 43-55 pp.
- AquaHoy. (19 de Julio de 2012). *Portal de Información Acuícola*. Recuperado el 2021, de Impacto y control del biofouling en la acuicultura marina: <https://www.aquahoy.com/i-d-i/impacto-ambiental/16536-publican-revision-sobre-el-impacto-y-control-del-biofouling-en-la-acuiculturamarina>
- Avendaño, M., & Cantillán, M. (2008). Aspectos biológicos y poblacionales de *Argopecten purpuratus* en la reserva marina La Rinconada: contribución para su manejo. *Cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina*. FAO, 249-263 pp.
- Báez, P., & Ardilla, E. (2003). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 89-109 pp.
- Bar, E. (2011). DEFINICIÓN DE LOS ARTRÓPODOS. *Biología de los Artrópodos*, 1-11 pp.
- Bastida, J. (2000). Taxonomía de invertebrados marinos revisión del género (Polychaeta: Serpulidae). *Zoología de Invertebrados*, 21-22.
- Blackwood, D. (2011). colony of *Didemnum* sp., with a typical lumpy surface, encrusting and cementing pebbles and a razor-clam shell that form the seabed. . *WoRMS taxa*.
- Blog de Zoología. (4 de Octubre de 2015). *Paradise Sphynx*. Obtenido de Cordados, phylum Chordata. Características y clasificación: <https://www.paradise-sphynx.com/animales/zoologia/cordados-caracteristicas-clasificacion.htm>
- Bruguière. (1789). *Worms*. Obtenido de Antarctic marine benthic diversity.: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=173651>
- R. (2005). *Invertebrados* (2ª Edición ed.). España: McGraw Hill.
- Busk, G. (1854). Catalogue of marine Polyzoa in the collection of the British Museum, II. Cheilostomata (part). *Trustees of the British Museum (Natural History)*, 55-120 pp.
- C. Linnaeus. (1758). *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata [10th revised edition]*, 824 pp.
- C. Linnaeus. (1767). *Systema naturae per regna tria naturae: secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. En Regnum Animale. 1 & 2* (págs. 1-532 pp).
- Carraro, J., Rupp, G., Mothes, B., Lerner, C., & Würdig, N. (2012). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados incrustantes sobre la vieira

- Nodipecten nodosus (Mollusca, Pectinidae) cultivada en Santa Catarina, Brasil. *Ciencias Marinas*, vol.38(No. 3). doi:10.7773/cm.v38i3.1982
- Chagas, A. d., Barros, F., Santos, R. d., & Herrmann, M. (2018). Composición de la comunidad bioincrustante de un cultivo de ostras tropicales en un estuario del Amazonas, Estado de Pará, Norte de Brasil. *Revista de biología marina y oceanografía*, Vol.59, 9-15 pp. doi:10.4067/S071819572018000100009
- CIESM Mediterranean Science Commission. (2000). *Global invasive species database: Crassostrea gigas (mollusc)*. Obtenido de <http://www.ciesm.org/atlas/Crassostreagigas.html>
- Cohen. (2005). Guide to the Exotic Species of San Francisco Bay. *Base de datos mundial de especies invasoras*, 1-4 pp.
- Darwin, C. (1854). A Monograph on the Sub-Class Cirripedia with Figures of All the Species. The Balanidae, (or Sessile Cirripedia). *The Ray Society, London*, 1-30 pp.
- Delgadillo, O., & Flórez, P. (2015). Primeros registros del Phylum Bryozoa asociados a hábitats artificiales en el Caribe colombiano. *Latin american journal of aquatic research*, vol.43(n1), 1-5 pp.
- E. Montoya, P. F. (2007). Listado de los Bryozoa marinos del Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, Vol. 8(1), 159 - 184 pp.
- F. Cabrera. (24 de septiembre de 2015). *Ispot Share Nature*. Recuperado el 04 de Marzo de 2021, de Erizo negro Tetrapygyus niger: <https://www.ispotnature.org/communities/chile/view/observation/581123/erizo-negro-tetrapygyus-niger>
- F. Catalá, & A. García. (2010). Revisión Bibliográfica de la Evaluación Económica de Intervenciones Sanitarias en España durante el Período 1983-2008. *Rev Esp Salud Pública*(84), 353-369 pp.
- FAO. (2006). Cultivo de bivalvos en criadero. *Documento Técnico de Pesca*(No. 471), 182 pp.
- FAO. (2007). 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*, 1-337.
- FAO. (2020). Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2020, Sostenibilidad en Acción. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 2-45 pp.
- Fockedey, N. (2010). Goose barnacle - Pollicipes elegans. *World Register of Marine Species*, 1 pp.
- Gofas, S. (18 de 04 de 2013). *Worms*. Obtenido de Crassostrea gigas. Specimen from Chioggia near Venice, Italy: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=140656&pic=72103>

- Gonzales, E. (2019). Identificación fenotípica y molecular de bacterias productoras de biofilm presentes en la formación del biofouling en cultivos de “Concha de Abanico” (*Argopecten purpuratus*), en la bahía de Huaynuma, Casma - Perú. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 10- 14 pp.
- Guerrero, R., & González, K. (2012). Algunas consideraciones sobre el origen y evolución de los cordados. *Ciencia Ergo Sum, Vol. 19(2)*, 172-178 pp.
- Hendrick, M., & Ramírez, E. (2019). Asentamiento del percebe *Balanus trigonus* Darwin, 1854, en las calles *Panulirus gracilis*, 1871, en el oeste de México. *The Journal of The Brazilian Crustacean Society*, 2-8 pp.
- Hernández, M. (2017). ESTUDIO DEL BIOFOULING ASOCIADO A CULTIVOS MARINOS “OFFSHORE” EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. *Universidad Politécnica de Valencia*, 24-33 pp.
- I. Fitridge, T. Dempster, J. Guenther, & R. de Nys. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 28:7, 649-669 pp.
doi:10.1080/08927014.2012.700478
- Instituto de Fomento Pesquero. (2018). *Macrofauna Bentónica de Chile*. Obtenido de <https://www.ifop.cl/macrofauna/balanus-laevis/>
- IPAC. (11 de Junio de 2019). *IpacAcuicultura*. Obtenido de El cultivo de bivalvos offshore, beneficios en todos los sentidos:
http://www.ipacuicultura.com/noticias/en_portada/70809/el_cultivo_de_bivalvos_offshore_beneficios_en_todos_los_sentidos_.html
- J. Bannister, M. Sievers, F. Bush, & N. Bloecher. (24 de Julio de 2019). Biofouling en acuicultura marina: una revisión de investigaciones y desarrollos recientes. *The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 35(6), 631-648 pp. doi:10.1080 / 08927014.2019.1640214
- J. Guirao, A. Olmedo, & F. Ferrandis. (2008). El artículo de revisión. *Iberoamericana de Enfermería Comunitaria*, 4-10 pp.
- J. Cáceres, & Vásquez, R. (2014). Manual de Buenas Practicas de Manejo para el Cultivos de Moluscos Bivalvos . *Organización del Sector Pesquero y Acuicola del Istmo Centroamericano*, 26-30 pp.
- Jara, F. (2019). Crecimiento de la concha nácar *Pteria Sterna* (Gould,1851) a diferentes profundidades en la comuna Palmar. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 20-56.
- L. Calderón, G. Tay, J. Sánchez, & D. Ruíz. (2004). Los artrópodos y su importancia en medicina humana. *Revista de la Facultad de Medicina, Vol.47(No.5)*, 192-196.
- Ladinez, D. (2018). Evaluación poblacional de *Pollicipes elegans* en la zona rocosa de Puerto Engabao, Cantón Playas, Provincia del Guayas.

Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar, 1-17 pp.

- Lamarck. (1819). Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. 6(1), 343 pp.
- Lazo, G., Ottone, G., & Aguirre, B. (2008). Annelida. *Los invertebrados fósiles*, 503-515 pp.
- Loayza, E., & Tresierra, E. (2014). Variación del “biofouling” en linternas de cultivo de “concha de abanico” *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco, Ancash, Perú. *Ciencia y Tecnología*, Vol. 10(Nº 2), 19-34 pp.
- Loayza, R. E. (2011). Problemática del biofouling en el cultivo de *Argopecten purpuratus* en el Perú. *Revista AquaTIC*(nº 35), 9-19 pp.
- López, J., & Sabbattini, N. (2008). Bryozoa. *Los Invertebrados Fósiles*, 221-233 pp.
- M. Nabila, J. Gaertner, P. Deslous, & M. Jean. (2001). Composition of biofouling communities on suspended oyster cultures: an in situ study of their interactions with the water column. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 214, 93-102 pp. Obtenido de <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/809/>
- Manríquez, H., Fica, E., Ortiz, V., & Castilla, J. (2014). Bio-incrustantes marinos en el canal de Chacao, Chile: un estudio sobre potenciales interacciones con estructuras manufacturadas por el hombre. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 49(Nº2), 243-265 pp. doi:DOI10.4067/S071819572014000200006
- Marenzeller, E. (1884). Südjapanische Anneliden. II. Ampharetea, Terebellacea, Sabellacea, Serpulacea. *Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Wien.*, 49 (2), 197-224.
- Molina, J. (1782). Saggio sulla storia naturale del Chile, del Signor Abate Giovanni Ignazio Molina. *Bologna*, 1-306 pp.
- Monzerrate. (1 de Mayo de 2013). *Journal Online*. Obtenido de Nereis es un gusano. Estilo de vida y hábitat de Nereis: <https://ec.highriverlabs.com/5621-nereis-is-a-worm-nereis-lifestyle-andhabitat.html>
- Moral, L., Guadarrama, M., & Flores, C. (2016). Composición taxonómica y distribución de los cefalocordados (Cephalochordata: Amphioxiformes) en México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, Vol. 44, 497-501 pp. doi:10.3856
- Moyano, H. (1980). BRYOZOA MARINOS DE CENTRO Y SUDAMERICA: EVALUACION PRELIMINAR (1). *Congresso Latinoamericano de Zoología.*, 365-380 pp.
- Newkirk, G. (1993). Do Aquaculture Projects Fail by Desing? *World Aquaculture* 24.

- Organización Marítima Internacional. (2015). El Régimen Internacional de la Bioinvasión Marina Causada por Agua de Lastre: Especial Referencia de la República de Colombia. *Universidad Autónoma de Colombia*, 36-45 pp.
- Pacheco, A., & Garete, A. (2005). BIOINCRUSTANTES EN ESTRUCTURAS DE CULTIVO DE *Argopecten purpuratus* EN BAHÍA SAMANCO, PERÚ. *Ecología Aplicada*, Nº 4(1 y 2), 149-152 pp.
- Parker, T., & Haswell, W. (1991). *Zoología de Cordados* (Séptima Edición ed., Vol. Volumen II). Barcelona: Reverte S.A.
- Penchaszadeh, E. (2003). Especies de Animales bentónicas introducidas, actual o potencialmente invasivas en el sistema del río de la Plata y la región costera oceánica aledaña de la Argentina. *Comisión Administradora del Río de la Plata*, 255-257 pp. Obtenido de <https://www.sealifebase.se/summary/Balanus-amphitrite.html>
- Pérez, A., Gaspar, D., & Rubilar, T. (2014). Echinodermata. *Los Invertebrados Marinos*, 295-316 pp.
- Pérez, E., Lodeiros, C., Semidey, D., Uribe, E., & Freitas, 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*, 1-6 pp.
- Postlethwait, J. (2003). The *Ciona* adult. *Genome Biology*, 4:208 pp.
- Rafael Alvarez, Lourdes Cobo, Stanislaus Sonnenholzner, & Samuel Stern. (2007). Estado actual de la acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*, 129–133 pp.
- Rodriguez, L., & Ibarra-Obando, S. (2008). Cover and Colonization of Commercial Oyster (*Crassostrea Gigas*) shells by fouling organisms in San Quintin Bay, Mexico. *Shellfish Res.*, 27(2), 337–343 pp.
- Saá, D. (2015). Distribución espacio - temporal de organismos encostrantes en colectores artificiales en la comuna palmar provincia de santa elena, ecuador enero – mayo 2015. *Universidad Estatal de la Península de Santa Elena*, 6-9 pp.
- Saínez, I., & Vergara, P. (2018). Identificación y cuantificación de organismos colonizadores de la ostra *Crassostrea corteziensis* cultivada en fincas camaroneras. *Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá*, 1-29 pp.
- Sánchez, K. (2015). Efectos del biofouling sobre el crecimiento y supervivencia en cultivo suspendido infralitoral de la ostra del pacífico (*crassostrea gigas*; thunberg, 1793), bajo dos sistemas de saneamiento en el puerto real alto de diciembre 2014 - julio del 2015. *Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar*, 7-21 pp.
- Savigny, J. (1816). *Memoires sur les animaux sans vertebres*. 2, 1-239 pp.

- Solís, A., & Laguarda, A. (2014). Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, vol.85, 2-5 pp.
- Tejada, C. (2013). Diversidad y Distribución Espacio Temporal de la Fauna Incrustante asociada a *Crassostrea gigas* Cultivado en el Estero la Cruz y Bahía Estela, Sonora. *Universidad de Sonora*, 8-53 pp.
- Thunberg, C. (1973). Tekning och Beskrifning på en stor Ostronsort ifrån Japan. *Kongliga Vetenskaps Academiens Nya Handlingar.*, 140-142 pp.
- Tomalá, F. J. (2019). Crecimiento de concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) a diferentes profundidades en la comuna Palmar. *Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar*, 1-5 pp.
- Trask. (1857). *Scrupocellaria californica* . *World List of Bryozoa*, 1-50.
- Useche, C. C., León, J. G., & Acevedo, M. S. (2011). Erizos de mar como control biológico del fouling” en un cultivo de *nodipecten nodosus* (linnaeus, 1758) en el área de santa marta, caribe colombiano. *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Vol. 40 (2)*, 235-245 pp.
- Valle, G., & González, L. (2019). Epifauna asociada a la almeja concha espina (*Spondylus crassisquama*) Lamarck, 1819 en la laguna Ojo de Liebre Baja California Sur. *Revista Internacional de Ciencia Universitam, Vol.1(No.1)*, 1-10 pp.
- Vera, O. (2009). Cómo escribir artículos de revisión, artículo de revisión. *Revista Médica La Paz, V. 15*, 2-5 pp.
- Villalobos, F. (1847). Ficha técnica y análisis de riesgo de *Alitta succinea* (Polychaeta: Nereididae). *Ficha Técnica*, 132-134 pp.
- Watsonat, D. (4 de Febrero de 2007). *Portal de Información en Acuicultura*. Obtenido de Control Biológico” del biofouling en la acuicultura.: <https://www.aquahoy.com/no-categorizado/272-control-biologico-delbiofouling-en-la-acuicultura>