

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERIA**



“PRODUCCIÓN Y VALOR DE LA BIOMASA DE *Argopecten purpuratus* EN RELACIÓN A LA TALLA Y LA DENSIDAD EN SISTEMA SUSPENDIDO EN LOS ÓRGANOS, PROVINCIA DE TALARA, PIURA”

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO PESQUERO**

IVÁN DANILO GOMEZ ORÉ

LIMA-PERU

2021

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art.24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA

"PRODUCCIÓN Y VALOR DE LA BIOMASA DE *Argopecten purpuratus* EN RELACIÓN A LA TALLA Y LA DENSIDAD EN SISTEMA SUSPENDIDO EN LOS ÓRGANOS, PROVINCIA DE TALARA, PIURA"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

Presentada por:

IVAN DANILO GOMEZ ORE

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

M. Sc. Anibal Severo Verástegui Maita

Presidente

M. Sc. Beatriz Elena Angeles Escobar

Miembro

Ing. Elsa Victoria Vega Galarza

Miembro

Dr. Jaime Humberto Mendo Aguilar

Asesor

DEDICATORIA:

A mi madre Erlinda Ore, mi padre Danilo Gomez y mis hermanas Aylí y Camila por su gran apoyo, paciencia, ser mi fortaleza y enseñarme a nunca rendirme.

A mi amada Evelyn Inguil por darme aliento y fuerzas para seguir, cuando más lo necesité.

A la vida y la música por darme las mejores oportunidades y retarme siempre.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer al Dr. Jaime Mendo por brindarme la oportunidad de ser su tesista, inculcándome valores; por brindarme su apoyo moral e intelectual para el desarrollo de esta tesis, por su gran amistad, infinita paciencia y gran exigencia.

A la Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA) por financiar esta tesis, mediante el proyecto Servicio de Consultoría: Optimización productiva de la Concha de Abanico-Primera Experiencia en la Provincia de Talara en marco del proyecto SNIP 162711.

A la Dra. Patricia Gil Kodaka y el Ing. Luis Ysla Chee miembros del equipo técnico de la FDA, quienes apoyaron en los muestreos de campo, me guiaron y brindaron su amistad.

A Alonso del Solar, Renato Gozzer y Jorge Grillo, equipo técnico de la DIREPRO- Piura y ejecutores del SNIP 162711.

A Ivonne Vivar por darme las pautas precisas para iniciarme en esta aventura, por ayudarme a calibrar los sensores, por su gran amistad ser un ejemplo a seguir.

A mis compañeros Angel Escobar y Mariano Cabanillas por su apoyo en las labores de buceo y toma de información.

A Gilary Morales y Jose Carlos Alvarez por su apoyo cuando lo necesité y su paciencia en los meses de convivencia.

Al gremio de pescadores San Pedro de Los Órganos, especialmente a los pescadores Coloma, Piti, Chabaco, Jesus (hijo de floro), Cala, Rodolfo, Javier Mogollón; especialmente a Henry Fox (La Polla), Cristóbal Gutiérrez (Cuba), Florentino Quiroga (Floro) y Armando Namuche por el préstamo de sus embarcaciones y apoyo en la logística y tener ese entusiasmo de aprender y enseñar siempre.

A la empresa Agromar del Pacifico S.A.C representada por Fernando Fernandini por su apoyo con su personal y embarcaciones, especialmente a “Veloz”.

A todos los que contribuyeron de alguna u otra manera en la ejecución de esta investigación.

INDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

| | | |
|--------|--|----|
| I. | INTRODUCCION | 1 |
| II. | REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. | BIOLOGIA Y ECOLOGIA..... | 3 |
| 2.1.1. | CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA | 3 |
| 2.1.2. | HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN..... | 3 |
| 2.1.3. | MORFOLOGÍA Y ASPECTOS BIOLÓGICOS | 5 |
| 2.1.4. | ASPECTOS REPRODUCTIVOS | 7 |
| 2.1.5. | MECANISMOS DE ALIMENTACIÓN | 8 |
| 2.1.6. | CRECIMIENTO | 10 |
| 2.1.7. | MORTALIDAD | 12 |
| 2.2. | PESQUERIA Y CULTIVO | 12 |
| 2.2.1. | PESQUERÍA | 12 |
| 2.2.2. | DESARROLLO DEL CULTIVO | 14 |
| 2.2.3. | DESEMBARQUE Y COSECHA..... | 17 |
| 2.3. | EXPORTACIONES..... | 18 |
| 2.4. | ASPECTOS ECONOMICOS | 20 |
| III. | MATERIALES Y METODOS..... | 21 |
| 3.1. | LUGAR Y UBICACIÓN DEL ESTUDIO..... | 21 |
| 3.2. | DISEÑO Y DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO..... | 21 |
| 3.2.1. | EXPERIMENTO DE PRE-ADULTOS | 22 |
| 3.2.2. | EXPERIMENTO DE ADULTOS | 23 |
| 3.3. | OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN | 24 |
| 3.3.1. | TEMPERATURA Y OXÍGENO | 24 |
| 3.3.2. | CRECIMIENTO Y MORTALIDAD | 25 |
| 3.3.3. | PRECIO SEGÚN CÓDIGO | 26 |
| 3.4. | ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION | 26 |
| 3.4.1. | TASA DE CRECIMIENTO Y MORTALIDAD | 26 |
| 3.4.2. | DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN BIOMASA | 27 |
| 3.4.3. | ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA BIOMASA..... | 29 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSION..... | 31 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.1. | VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA Y OXIGENO..... | 31 |
| 4.2. | CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE PRE ADULTOS | 33 |
| 4.2.1. | CRECIMIENTO DE PRE ADULTOS | 33 |
| 4.2.2. | MORTALIDAD DE PRE-ADULTOS..... | 37 |
| 4.3. | CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE ADULTOS | 39 |
| 4.3.1. | CRECIMIENTO DE ADULTOS..... | 39 |
| 4.3.2. | MORTALIDAD DE ADULTOS | 45 |
| 4.4. | PRODUCCIÓN EN BIOMASA..... | 49 |
| 4.4.1. | BIOMASA DEL MÚSCULO ABDUCTOR | 49 |
| 4.4.2. | BIOMASA DEL MÚSCULO ABDUCTOR + GÓNADA..... | 50 |
| 4.5. | VALOR ECONOMICO DE LA BIOMASA | 53 |
| 4.5.1. | VALOR DE LA BIOMASA DE MÚSCULO ABDUCTOR | 53 |
| 4.5.2. | VALOR DE LA BIOMASA DEL MÚSCULO ABDUCTOR + GÓNADA..... | 54 |
| V. | CONCLUSIONES | 58 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 59 |
| VII. | REFERENCIA BIBLIOGRAFICA..... | 60 |
| VIII. | ANEXOS | 74 |

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Principales bancos naturales de *Argopecten purpuratus* en la costa peruana.
- Figura 2. Diferencias entre la morfología de la valva de concha de abanico A) Valva izquierda, B) Valva derecha.
- Figura 3. Anatomía externa (a) e interna (b) de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*).
- Figura 4. Ciclo de vida de *Argopecten purpuratus* obtenido en un laboratorio privado de Sechura mostrando su tamaño y edad promedio en cada etapa del desarrollo en minutos (min), horas (h), o días (d).
- Figura 5. Desembarque total (t) de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) proveniente de la acuicultura en el Perú desde el año 2000 hasta el 2017.
- Figura 6. Valor de las exportaciones (millones de US\$) de concha de abanico en el Perú durante el 2006 y 2016
- Figura 7. Porcentaje de participación de los países destino de las exportaciones de concha de abanico del total de toneladas exportadas por el Perú en el año 2016
- Figura 8. Ubicación del experimento en el distrito de los Órganos, Talara, Piura
- Figura 9. Esquema del diseño experimental usado para evaluar el crecimiento de individuos pre adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.
- Figura 10. Marcadores usados para la evaluación del crecimiento de pre adultos y adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.
- Figura 11. Esquema del diseño experimental usado para evaluar el crecimiento y mortalidad de individuos adultos de concha de abanico en Los Órganos, Piura.
- Figura 12. Registrador de datos “Datta Logger” (HOBO U26-001) instalado a 3m de profundidad en Long line.
- Figura 13. Variación horaria de la temperatura del agua (°C) registrada a 3 metros de profundidad durante el experimento en Los Órganos, Piura.
- Figura 14. Variación horaria del oxígeno disuelto (mg/L) registrada a 3 metros de profundidad durante el experimento en Los Órganos, Piura.
- Figura 15. Talla promedio de los individuos marcados sometidos a diferentes densidades (100,200, 400 y 600 ind/piso) del experimento de pre-adultos en Los Órganos, Piura.
- Figura 16. Promedio de la tasa de crecimiento (mm/día) de los individuos marcados que fueron sometidos a diferentes densidades (100, 200, 400 y 600 ind/piso) para el experimento de pre-adultos en Los Órganos, Piura.
- Figura 17. Mortalidad (%) de pre adultos de *Argopecten purpuratus* a diferentes densidades en Los Órganos.

Figura 18. Tasa de crecimiento (mm/día) de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) según talla y densidad de siembra para la primera y segunda evaluación en Los Órganos, Piura.

Figura 19. Ploteo de Gulland y Holt (1959) con los resultados de tasa de crecimiento de individuos marcados a diferentes densidades de siembra para las dos primeras evaluaciones en adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos

Figura 20. Curvas de crecimiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) sometido a diferentes densidades en el experimento de adultos en Los Órganos, Piura.

Figura 21. Curvas de la producción de biomasa del músculo abductor (t) de *Argopecten purpuratus* obtenidas mediante el modelo de Thompson y Bell para cada densidad de siembra.

Figura 22. Curvas de la producción de la biomasa del músculo abductor + gónada (t) de *Argopecten purpuratus* obtenidas mediante el modelo de Thompson y Bell para cada densidad de siembra.

Figura 23. Curvas del valor de la biomasa del músculo abductor (Miles de US\$) obtenidas mediante el modelo de Thompson y Bell para cada densidad de siembra.

Figura 24. Curvas del valor de la biomasa del músculo abductor + gónada (miles de US\$) obtenidas mediante el modelo de Thompson y Bell para cada densidad de siembra.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Código (número de piezas por libra) usado para determinar el precio de exportación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) (Mendo et al., 2011; Sánchez, 2015).

Tabla 2. Datos de entrada y salida en el modelo de Thompson y Bell (1934) simplificado usado para determinar la producción (t) y el valor (US\$) de la biomasa de *Argopecten purpuratus* en sistema suspendido en Los Órganos.

Tabla 3. Talla promedio (mm) y tasa de crecimiento (mm/día) de pre adultos de *Argopecten purpuratus* cultivados a diferentes densidades en Los Órganos, Piura.

Tabla 4. Tasa de crecimiento promedio y desviación estándar para cada densidad y rango de talla obtenido de los individuos marcados en el experimento de adultos en la primera evaluación y segunda evaluación (del 14/10/16 al 11/11/16 y del 17/11/16 al 10/12/16) en Los Órganos

Tabla 5. Parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy e índice de crecimiento (ϕ) de la *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.

Tabla 6. Parámetros de crecimiento (K, L inf , ϕ) de *Argopecten purpuratus* a diferentes densidades en sistema suspendido disponible en la literatura.

Tabla 7. Porcentaje de mortalidad para cada densidad y rango de talla de individuos adultos de *Argopecten purpuratus* registrada en cada evaluación en Los Órganos.

Tabla 8. Valores de la tasa de mortalidad natural de *Argopecten purpuratus* calculado en las fechas del 17/11 hasta al 10/12 del 2016 en Los Órganos, Piura.

Tabla 9. Biomasa máxima de músculo abductor, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra

Tabla 10. Biomasa máxima de músculo abductor + gónada, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra.

Tabla 11. Valor de biomasa máxima de músculo abductor + gónada, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra.

Tabla 12. Valor de biomasa máxima de músculo abductor + gónada, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra.

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Relación peso músculo abductor- talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 10 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 2. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 10 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 3. Relación peso músculo abductor - talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 20 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 4. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 20 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 5. Relación peso músculo abductor - talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 40 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 6. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 40 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 7. Relación peso músculo abductor - talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 60 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 8. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 60 ind/piso según fecha de evaluación.

Anexo 9. Muestra de coloración de gónadas de individuos adultos *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.

Anexo 10. Precio de músculo abductor según código obtenido mediante entrevistas a jefes de campo y empresarios

Anexo 11. Precio de músculo abductor + gónadas según código obtenido mediante entrevistas a jefes de campo y empresarios.

Anexo 12. Coeficientes de la relación entre el número de piezas y el precio sea para músculo abductor o músculo abductor + gónada.

Anexo 13. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos sometidos a una densidad de 10 ind/piso.

Anexo 14. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+ gónada para los individuos sometidos a una densidad de 10 ind/piso.

Anexo 15. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos *sometidos* a una densidad de 20 ind/piso.

Anexo 16. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+gónada para los individuos sometidos a una densidad de 20 ind/piso.

Anexo 17. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos sometidos a una densidad de 40 ind/piso.

Anexo 18. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+gónada para los individuos sometidos a una densidad de 40 ind/piso.

Anexo 19. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos sometidos a una densidad de 60 ind/piso.

Anexo 20. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+gónada para los individuos sometidos a una densidad de 60 ind/piso.

Anexo 21. Valores del Análisis de la varianza (ANOVA) obtenido con la tasa de crecimiento (mm/día) de pre adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de los Órganos, Piura.

Anexo 22. Resultado de la prueba de comparación de medias (según LSD Fisher) de la tasa de crecimiento de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

Anexo 23. Resultados del Análisis de variancia (ANOVA) obtenido con mortalidad de pre adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de los Órganos, Piura.

Anexo 24. Resultado de la prueba de comparación de medias (según LSD Fisher) del % de mortalidad de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

Anexo 25. Valores del Análisis de variancia (ANOVA) obtenidos con la tasa de crecimiento de la primera evaluación (11/11/2016) del experimento de adultos en *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

Anexo 26. Resultado de la prueba de comparación de medias para la primera evaluación (del 14/10/16 al 11/11/16) (según LSD Fisher) de la tasa de crecimiento de adultos de *A. purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

Anexo 27. Valores del Análisis de variancia (ANOVA) obtenidos con la tasa de crecimiento de la segunda evaluación (10/12/2016) del experimento de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

Anexo 28. Resultado de la prueba de comparación de medias para la segunda evaluación (10/12/2016) (según LSD Fisher) de la tasa de crecimiento de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

Anexo 29. Resultados del Análisis de variancia (ANOVA) obtenidos con el porcentaje de individuos muertos de la primera evaluación del experimento de adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.

Anexo 30. Tasa de crecimiento promedio de individuos pre adultos de *Argopecten purpuratus* marcados que fueron sometidos a diferentes densidades en Los Órganos, Piura.

Anexo 31. Bioincrustaciones alrededor de las valvas de *Argopecten purpuratus* provenientes de la bahía de Sechura.

Anexo 32. Pescador artesanal con habilidades de buceo haciendo mantenimiento a las linternas de cultivo.

Anexo 33. Embarcación del gremio utilizada para guardianía y labores en campo.

Anexo 34. Captación de *Pteria sterna* en linternas de cultivo e incrustación sobre la valva de *Argopecten purpuratus*.

Anexo 35. Instalación de experimento de pre adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos.

Anexo 36. Voluntarios del Gremio de pescadores “San Pedro de Los Órganos”, y equipo de profesores de la UNALM.

RESUMEN

La concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el Perú se ha convertido en la especie cultivada más importante para las exportaciones. Este estudio consistió en determinar la producción y valor de la biomasa de concha de abanico en relación de la talla y densidad de siembra en sistema suspendido utilizando el modelo simplificado de THOMPSON Y BELL (1934) asumiendo una siembra inicial de 9600000 individuos (100000 manojos). Durante octubre del 2016 y enero del 2017 se evaluó el crecimiento y la mortalidad de individuos adultos con tres rangos de tallas (35 a 45; 55 a 65; 70 a 80 mm) a densidades de 10, 20,40 y 60 ind/piso. Adicionalmente se evaluó el crecimiento y mortalidad de pre-adultos a densidades de 100, 200, 400, 600 y 800 ind/piso. Los resultados indican que tanto en individuos pre-adultos y adultos existe una relación inversa entre la densidad y el crecimiento. Los pre-adultos de 11.8 mm en promedio alcanzaron la talla de 30 mm en 50 y 100 días dependiendo de la densidad. La tasa de crecimiento de adultos varió entre 0.032 – 0.44 mm/día dependiendo de la densidad y la talla. La tasa de mortalidad en adultos no mostró una relación con la densidad. La biomasa máxima fue inversamente proporcional a la densidad y varió entre 66 y 143 t de musculo abductor y entre 102 y 222 t de musculo abductor+gonada.. De manera similar el valor económico máximo del músculo abductor fue de 4.43, 3.09, 2.5 y 2.03 millones de US\$; y para el músculo abductor + gónada fue 9.53, 5.69, 6.34 y 4.38 millones de US\$ respectivamente y la talla optima de cosecha varió entre 76 mm y 85 mm según la densidad, precio y producto. El crecimiento de pre adultos y adultos en Los Órganos es similar al de otras zonas donde se desarrolla su cultivo, por lo que en términos biológicos es posible desarrollar su cultivo en esta zona.

Palabras clave: Cultivo suspendido, Concha de Abanico, Modelo bioeconomico, Von Bertalanffy, Thompson y Bell (1934).

ABSTRACT

The Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) has become the most important cultivated species for exports. This study consisted in determining the production and value of the scallop biomass in relation to the size and sowing density in a suspended system using the simplified model of THOMPSON and BELL (1934) assuming an initial sowing of 9600000 individuals. During October 2016 and January 2017, the growth and mortality of adult individuals with three ranges of sizes (35 to 45; 55 to 65; 70 to 80 mm) were evaluated at densities of 10, 20,40 and 60 ind / floor. Additionally, the growth and mortality of pre-adults were evaluated at densities of 100, 200, 400, 600 and 800 ind / floor. The results indicate that in both pre-adult and adult individuals there is an inverse relationship between density and growth. The pre-adults of 11.8 mm on average reached the size of 30 mm in 50 and 100 days depending on the density. The adult growth rate varied between 0.032 - 0.44 mm / day depending on density and size. The mortality rate in adults did not show a relationship between density. The maximum biomass was inversely proportional to the density and varied between 66 and 143 t of abductor muscle and between 102 and 222 t of abductor muscle + gonad. the maximum economic value of the abductor muscle was 4.43, 3.09, 2.5 and 2.03 million US \$; and for the abductor muscle + gonad it was 9.53, 5.69, 6.34 and 4.38 million US\$ respectively and the optimal harvest size varied between 76 mm and 85 mm according to density, price and product. The growth of pre-adults and adults in Los Órganos is similar to that of other areas where its cultivation takes place, so in biological terms it is possible to develop its cultivation in this area.

Keywords: Suspended culture, Peruvian scallop, Bioeconomic Model, Von Bertalanffy, Thompson and Bell (1934).

I. INTRODUCCION

En los últimos años, la pesquería artesanal en el Perú ha experimentado una reducción de sus capturas debido probablemente a una pesca intensa e indiscriminada de sus recursos (Mendo y Wosnitza-Mendo, 2014). La falta de infraestructura en toda la cadena de valor no permite superar esta situación que se traduce en menores ingresos y en un profundo problema socioeconómico.

Ante esta situación los pescadores artesanales han optado por buscar otras alternativas de producción como la maricultura, tal como es el caso de los pescadores de la Bahía de Sechura en donde a la fecha se concentran aproximadamente 150 asociaciones de pescadores artesanales que se dedican al cultivo de concha de abanico bajo la modalidad de “replamamiento”, convirtiéndola en una de las principales zonas de producción en el Perú. En el año 2013, aproximadamente el 80% de todos los ingresos obtenidos de la exportación de conchas en Perú provinieron de esta bahía (US\$158 millones en 2013) (Kluger et al., 2017).

En este contexto el gremio de pescadores “San Pedro de Los Órganos” con el fin de diversificar sus actividades productivas para mejorar su situación económica y además considerando la existencia en la zona del laboratorio de producción de semilla de concha de abanico “Agromar del Pacifico”, se vieron motivados a iniciar el proceso de habilitación de un área de mar para realizar actividades de maricultura. Para ello solicitaron sean considerados como beneficiarios de una de sus componentes del Proyecto SNIP 162711 “Fortalecimiento de capacidades para mejorar las condiciones operativas productivas en la actividad pesquera-acuícola artesanal en las provincias de Talara, Paita y Sechura” ejecutado por el Gobierno Regional de Piura, a través de su Dirección Regional de la Producción (DIREPRO-Piura).

El crecimiento y mortalidad son procesos fundamentales en el cultivo de concha de abanico y están influenciados por varios factores como la densidad, la predación, la

disponibilidad y calidad de alimento, la temperatura, salinidad y el oxígeno disuelto en el agua, entre otros. De estos factores la densidad y el tiempo de engorde son fundamentales para una producción óptima que permita obtener los más altos beneficios biológicos y económicos.

Por lo tanto, el estudio sobre el crecimiento y mortalidad en relación a la densidad permitirá evaluar en términos bioeconómicos el máximo beneficio económico, teniendo en cuenta las características bióticas y abióticas del área de Los Órganos. Así se podrán establecer mejores planes de siembra, engorde y cosecha que contribuyan a mejorar los beneficios económicos del pescador y además evitar el colapso de esta actividad (Mendo et al. 2011)

Es así que la DIREPRO-Piura, dentro del marco del SNIP 162711, optó por considerarlos para el desarrollo del proyecto “Optimización productiva de la Concha de Abanico – Primera Experiencia en la Provincia de Talara” la cual fue desarrollada por la Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA) conjuntamente con profesores de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Este proyecto se ejecutó con la participación del Gremio de pescadores “San Pedro de Los Órganos” y consistió en la implementación de un módulo experimental de cultivo de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en esta zona y en el cual se desarrolló el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad sobre el crecimiento y mortalidad de la concha de abanico que permita determinar la producción máxima y el valor máximo de la biomasa en relación a la talla de cosecha y la densidad de siembra en cultivo suspendido. Para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las tasas de crecimiento y la tasa de mortalidad de la concha de abanico a diferentes densidades de siembra.
- Determinar y comparar la producción de la biomasa del músculo abductor y la gónada en relación a la talla de cosecha y la densidad de siembra.
- Determinar y comparar el valor de la biomasa del músculo abductor y la gónada en relación a la talla de cosecha y la densidad de siembra.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. BIOLOGIA Y ECOLOGIA

2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) queda determinada de la siguiente manera (Peña, 2002):

| | |
|--------------|--|
| Phylum | Mollusca |
| Clase | Bivalvia |
| Subclase | Pteriomorpha |
| Superorden | Eupteriomorpha |
| Orden | Ostreoida |
| Suborden | Pectinina |
| Superfamilia | Pectinacea (Rafinesque 1815) |
| Familia | Pectinidae (Rafinesque 1815) |
| Genero | <i>Argopecten</i> (Monterosato 1889) |
| Especie: | <i>Argopecten purpuratus</i> (Lamarck, 1819) |

2.1.2. HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

La concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) presenta una amplia distribución en la costa del Pacífico tropical, desde Corinto-Nicaragua hasta Valparaíso (Chile) (Grau 1959; Sanzana 1987; Álamo y Valdivieso 1987; Bore y Martínez, 1980), sin embargo, presenta mayor concentración poblacional desde Paita – Perú (5°S) hasta Valparaíso-Chile (33°S) (Mendo et al. 2011).

En el Perú su población está distribuida entre los 5 y 40 m de profundidad a lo largo de toda la costa peruana, pero los principales bancos productivos están concentrados en solo dos áreas: La Bahía Independencia en Ica y Bahía Sechura Piura (Wolff et al. 2007),

siguiéndole en importancia Paracas, Samanco, Huacho, Tortugas y Pucusana, esporádicamente se extrae en Isla Asia, Isla Pachacámac, Isla San Lorenzo, Isla Don Martín, Culebras, Los Chimús y Lagunillas (Mendo et al. 2001).

Hasta la década de los 80 la Bahía Independencia (Pisco) fue considerada como el banco más productivo en el país, sin embargo, desde los 90 los bancos de Islas Lobos de Tierra y la Bahía de Sechura se han convertido en los principales bancos de producción. Asimismo, existen otros bancos cercanos a las bahías de Chimbote, Casma y Callao (Mendo et al. 2016).

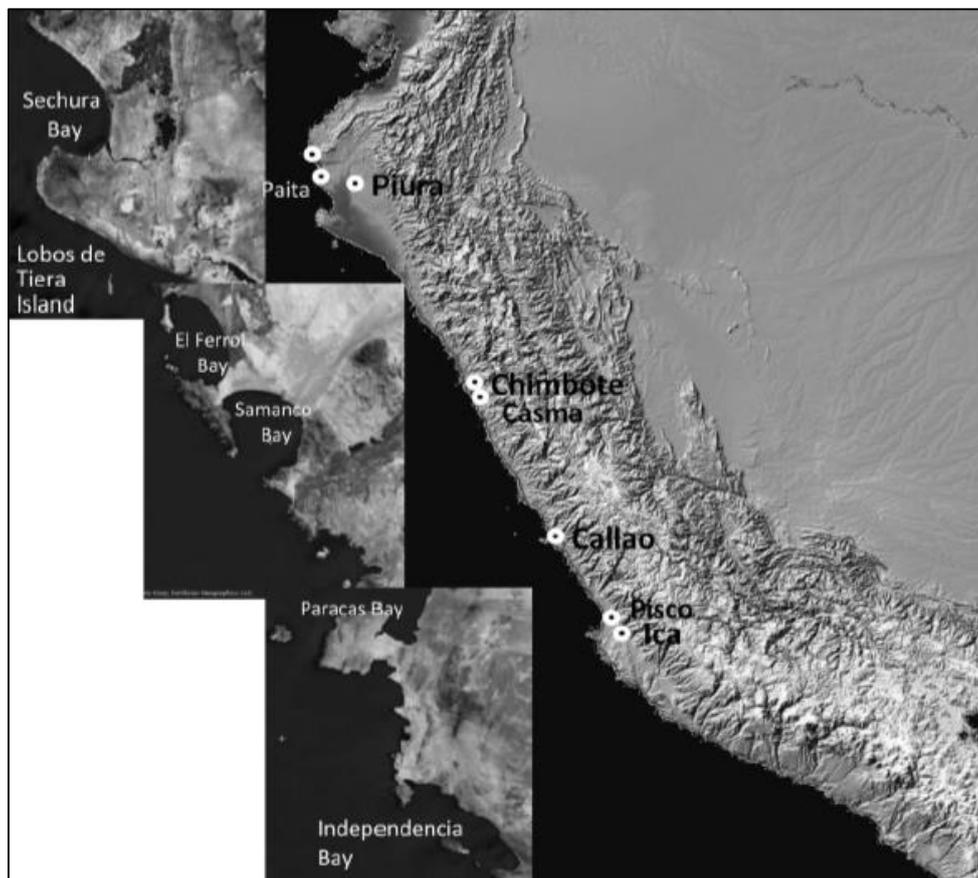


Figura 1. Principales bancos naturales de *Argopecten purpuratus* en la costa peruana. Tomado de Mendo et al., (2016)

Argopecten purpuratus se encuentra formando parches nunca uniformemente distribuidos, debido a la diferencia en calidad del sustrato o fondo y a la influencia de los factores oceanográficos. Las aguas donde generalmente se encuentra tiene un rango

amplio de temperatura que varía entre los 14 y 20 °C, sin embargo durante el Fenómeno el Niño soportó temperaturas de hasta más de 25°C, aparentemente sin problemas (Mendo et al. 2001). Asimismo, prefiere fondos de arena y escasa corriente (Avendaño y Cantillánez 1996), aunque, también se la encuentra sobre el fango y en las rocas (Navarro-Piquimil et al., 1991) y en las algas (Alamo y Valdivieso 1987).

2.1.3. MORFOLOGÍA Y ASPECTOS BIOLÓGICOS

Respecto a la morfología, *Argopecten purpuratus* presenta valvas levemente desiguales, la valva izquierda más convexa que la valva derecha (Fig., 2). Asimismo, posee 23 a 26 costillas radiantes de forma sobresaliente y uniforme. Posee orejuelas 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, sin embargo, se observan en anaranjado y lila. (Osorio, 2012). La altura es la distancia dorso-ventral y la longitud es la distancia antero-posterior (Mina, 1997).

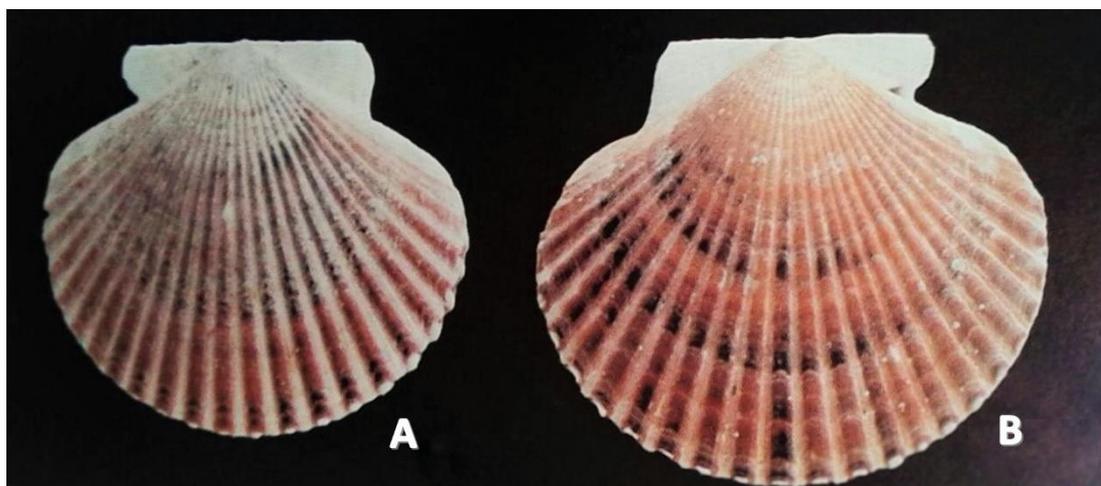


Figura 2. Diferencias entre la morfología de la valva de concha de abanico A) Valva izquierda, B) Valva derecha. Tomado de Peña et al., (2002).

El interior de la concha es liso brillante en donde es notorio el músculo abductor de gran tamaño y ubicado en la parte central y llegan a alcanzar una altura de hasta 17 cm de diámetro (Osorio, 2012). Asimismo, presenta un manto con 3 capas, en la capa media se encuentran numerosos ojos y en la capa interior se observan numerosos tentáculos cuya función es táctil quimiorreptora (Alamo, 1981). La función principal del manto es segregar la concha, pero también tiene otros propósitos. Tiene una función sensorial y

puede iniciar el cierre de las valvas en respuesta a condiciones ambientales desfavorables. Puede controlar la entrada de agua en la cámara de cuerpo y, además, tiene una función respiratoria. La concha de abanico, controla el flujo de agua dentro y fuera de la cámara de cuerpo y el movimiento del animal cuando nada (Helm y Bourne, 2004).

Las branquias o ctenidios prominentes son una característica principal de los bivalvos (incluye a concha de abanico). Estos grandes órganos son semejantes a hojas, se utilizan en gran parte para la respiración y además para filtrar alimentos del agua. Dos pares de branquias están situados en cada lado del cuerpo. En el extremo anterior, dos pares de colgajos, llamados palpos labiales, rodean la boca y dirigen la comida hacia ella. (Helm y Bourne, 2004).

En la base de la masa visceral se encuentra el músculo aductor (Fig. 3), conocido como “callo” “talo” o “pie”, empleado como locomotora cuando el organismo está en estadios larvales y juveniles, así como también para abrir y cerrar las valvas en individuos adultos (Helm y Bourne, 2004; Mendo et al., 2011).

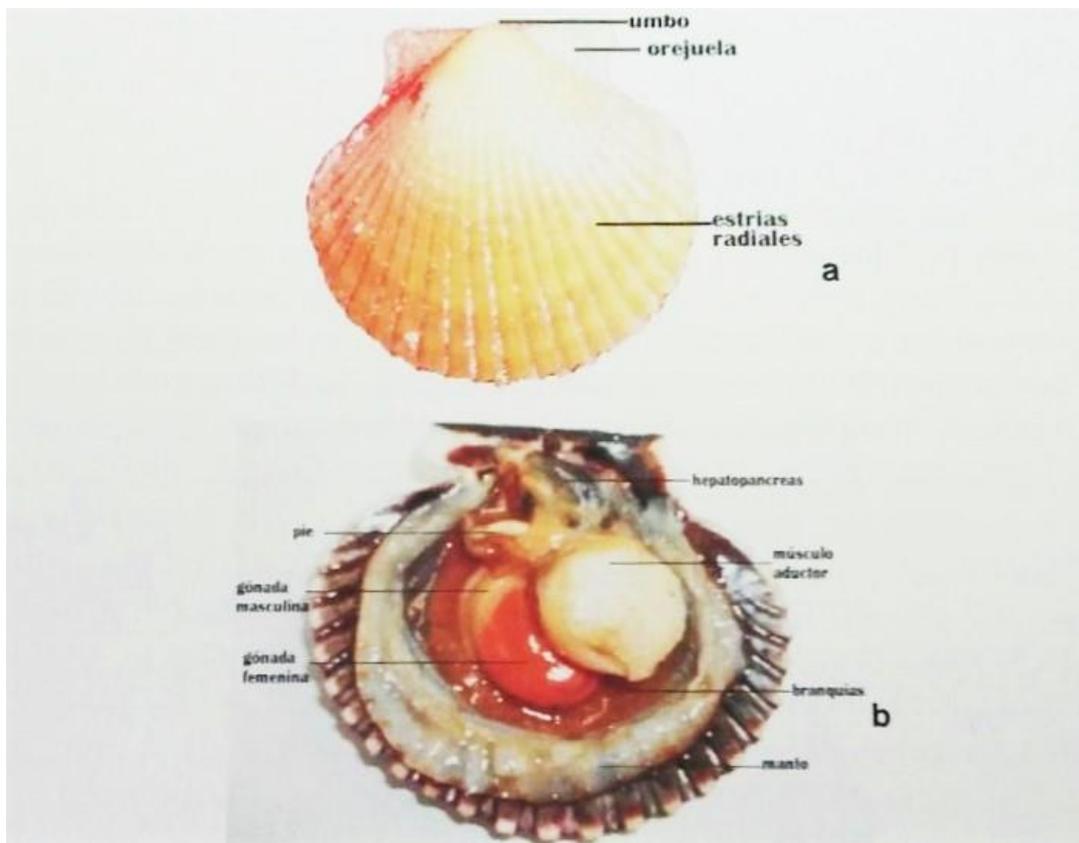


Figura 3. Anatomía externa (a) e interna (b) de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). Tomado de Mendo et al. (2011).

Respecto a su alimentación, un análisis del contenido estomacal de *Argopecten purpuratus* en Bahía Independencia (Pisco) reveló que el 87% de todas las especies identificadas fueron el fitoplancton, siendo el resto zooplancton o detritus. De las 105 especies de fitoplancton identificadas, las diatomeas contribuyeron alrededor del 80% de la abundancia total de especies ingeridas. (Rouillon et al., 2002). Sin embargo, durante condiciones extremas como “El Niño”, se observa una reducción drástica en la biomasa de fitoplancton, así como también en la productividad de la columna de agua (Barber y Chávez, 1983). Mendo y Wolff (2003) plantean dos hipótesis al respecto: 1) en años normales, el alimento para especies filtradoras se encuentra en exceso y lejos del nivel limitante y permanece así aun si los niveles bajan durante El Niño, 2) la concha de abanico usa una fuente de alimento diferente bajo condiciones de El Niño, posiblemente bacterias enriquecidas con detritus en suspensión, las cuales periódicamente son suspendidas en la columna de agua por las corrientes de marea.

2.1.4. ASPECTOS REPRODUCTIVOS

La concha de abanico es una especie hermafrodita funcional de vida libre con una difusión aleatoria del desove, por tanto, cuando alcanzan la madurez sexual (25 mm de altura valvar) los huevos y los espermatozoides (gametos) se liberan en el agua donde se produce la fecundación, la cual es externa y cruzada, aunque algunas veces sucede la autofecundación. Ambos gametos maduran de forma simultánea y la emisión se inicia con los espermatozoides, al término de ésta continúan los ovocitos por el mismo conducto (Mendo et al., 1989; Toro et al., 2010; Peña et al., 2012).

Los gametos femeninos (ovocitos) son expulsados en condición de diploides, por lo que se debe realizar la reducción cromática de éste, antes de la fusión de los ambos núcleos (masculino y femenino). Como consecuencia, se forman dos cuerpos polares fácilmente visibles. Una vez llevada a cabo dicha reducción cromática hay una fusión de núcleos y a continuación se inician las divisiones celulares – segmentación – que posteriormente dan origen a la formación de la larva trocófora y finalmente a la larva veliger. Los tiempos de desarrollo larvario son muy dependientes de la temperatura. Después de un periodo de vida larvaria planctónica, durante el cual las larvas aumentan progresivamente de tamaño y están en condiciones para experimentar cambios morfológicos. Esta última está

asociada también a cambios de comportamiento, ya que de ser planctónicas pasan a ser juveniles bentónicos, los cuales al completar su desarrollo como adultos formaran gónadas y se repetirá el ciclo (Peña et al. 2002). (Fig.4).

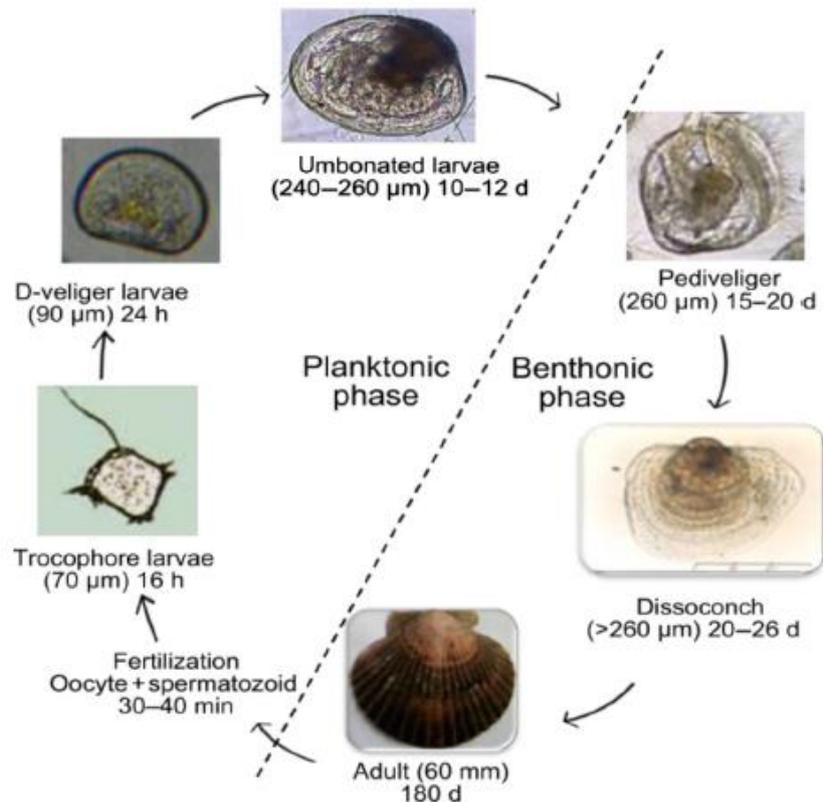


Figura 4. Ciclo de vida de *Argopecten purpuratus* obtenido en un laboratorio privado de Sechura mostrando su tamaño y edad promedio en cada etapa del desarrollo en minutos (min), horas (h), o días (d). Tomado de Mendo et al., (2016).

2.1.5. MECANISMOS DE ALIMENTACIÓN

Los pectinidos son bivalvos epibentónicos que encuentran entre 10 y 100 metros de profundidad, donde se alimentan de la oferta de alimento que se encuentra en suspensión a unos pocos centímetros sobre el fondo (Vahl, 1973). Se alimentan removiendo el material particulado que se encuentra suspendido en el agua, el que además de fitoplancton incluye partículas inertes que componen el detritus, pudiendo ser este último de origen orgánico o inorgánico. Estos, hacen pasar una corriente de agua a través de sus branquias donde el alimento es colectado y llevado al sistema digestivo mediante transporte ciliar. La remoción de partículas suspendidas en el agua por parte de los

bivalvos filtradores recibe el nombre de tasas de aclaración y se entiende como el volumen de agua liberada por unidad de tiempo (Litros/hora) (Navarro, 2001).

Cloern (1982) sustenta que la alimentación de los moluscos bivalvos está ligada a una serie de procesos pelágicos y bentónicos porque estos organismos filtran las partículas con una alta eficiencia de la columna de agua y transfieren la parte no digerida a la superficie de los sedimentos. Esta actividad alimenticia, combinada con su a veces abundancia natural o la intensidad de su cultivo, hace que los bivalvos sean extremadamente importantes en la regulación de los procesos en la columna de aguas costeras poco profundas. Es por eso que el cultivo de bivalvos, en general las grandes segregaciones, pueden provocar un significativo impacto en los nutrientes y también en el ciclo de energía en los ecosistemas marinos someros (Boynton et al., 1980; Dame et al., 1980).

En general los bivalvos han adoptado estrategias para controlar la ingestión de material particulado, incluyendo la regulación del tiempo de ingestión y la tasa de aclaración. Siendo capaces de seleccionar las partículas que van a ingerir; las que no, son expulsadas en forma de pseudoheces (partículas clarificadas pero excretadas después de la ingestión). Asimismo, a nivel del estómago existe también selectividad, digiriendo algunas especies y eliminando otras a través de las heces, a manera de mejorar así la calidad del material ingerido (Newel y Jordan, 1983; MacDonald, 1994; Newell y Jordan., 1983).

Según Mohleberg y Riisgard (1978), la gran mayoría de bivalvos son capaces de retener partículas por sobre los 3-4 μm con una eficiencia del 100%, disminuyendo esta eficiencia a 35-90% frente a partículas de 2 μm de diámetro. Asimismo, según Navarro (2001), otro factor que juega un rol importante en la eficiencia de retención de partículas es la concentración de alimento, aunque esto no está del todo claro, se ha descrito que algunas especies de bivalvos reducen su capacidad de retención a medida que aumenta la concentración de alimento.

Para Shumway et al. (1978), la principal fuente de energía de *Argopecten purpuratus* es el fitoplancton, al ser un bivalvo filtrador de partículas en suspensión. Aguirre (2007) indica que el flujo de la colorfila-a, como medida de disponibilidad alimenticia, es más

importante que su concentración en relación con las tasas de crecimiento, es decir que la velocidad de las corrientes juega un rol muy importante en la captación de alimento.

2.1.6. CRECIMIENTO

El crecimiento y la mortalidad son procesos fundamentales en la producción de concha de abanico y están influenciados por varios factores como la densidad, la predación, la disponibilidad y calidad de alimento, latitud, profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto en el agua, entre otros (Green, 1979; Mendo y Jurado., 1993; Avendaño, 2001; Mendo et al., 2016). De esta manera el crecimiento nos permite proyectar y predecir la producción en biomasa y la época de cosecha en un área determinado (Mendo et al., 2011; Avendaño et al., 2001).

Wolff y Wollf (1983) reportan tallas de hasta 75-80 mm en dos años para *Argopecten purpuratus* en el área de Pisco durante 1980-81. Similares resultados reportan Yamashiro y Mendo (1988), en Bahía Independencia en donde la concha de abanico en condiciones naturales alcanza una talla mínima legal de 65 mm a la edad de 2 años. En esta bahía los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy (Sparre y Venema, 1997) de este recurso fueron $L_{\infty} = 107.6$; $K = 0.408$; $t_0 = -0.245$.

Estos parámetros fueron diferentes a los estimados por Wolff (1985), en Playa Atenas (Bahía de Paracas), donde registro valores de $L_{\infty} = 115.5$, $K = 2.1$ y $t_0 = 0.156$. Estas notorias diferencias con otros estudios se atribuyen al efecto positivo de El Niño 1982/83 para estas zonas.

Además, se sabe que al menos el 90% de la variabilidad en el índice de rendimiento del crecimiento (Φ) (Pauly y Munro, 1984) se explica sólo por la temperatura, tal como lo indica Mendo et al., 2016 similar a lo mencionado en Mendo y Jurado (1993). Esto es reafirmado por los trabajos de Wolff y Mendo (2000) y Tarazona et al., (2007) quienes demostraron que durante los fuertes eventos de calentamiento como los ocurridos durante El Niño 82-83 y El Niño 97-98 en Pisco, el crecimiento de la concha de abanico fue aproximadamente tres veces más rápido que durante años normales. Esto según Wolff (1987) es atribuido a una resistencia y preferencia a la temperatura en condiciones de El

Niño, basados en Waller (1969) y Zinsmeister(1982) quienes sostienen que *Argopecten purpuratus* es una forma relictas de una fauna subtropical que alguna vez existió entre Chile y Perú.

Aguirre (2007) estudió la influencia de la disponibilidad y la calidad del seston sobre el crecimiento, la condición reproductiva y la composición química en *Argopecten purpuratus* se estudió en Bahía Paracas, Pisco y observó que los individuos colocados en linternas suspendidas a 5 m de profundidad crecieron más rápido y tenían un índice gonadosomático mayor que los que estuvieron en un cultivo de fondo a 7 m de profundidad. Las corrientes y la concentración de seston (como un sustituto de los alimentos) en la columna de agua se identificaron como factores importantes que afectan las tasas de crecimiento de la concha de abanico, y en particular el flujo de clorofila-a que presentó una alta correlación con la tasa de crecimiento del tejido somático. Cabrera y Mendo (2011) de manera similar, pero usando una escala de tiempo más fina encontraron en la Bahía de Sechura que la variación de la tasa de crecimiento somático diaria se explica por los flujos de seston y clorofila-a.

Aguirre et al., (2015) investigaron la respuesta de crecimiento a la variabilidad ambiental de *Argopecten purpuratus* de la Bahía de Paracas (Pisco), correlacionando la formación de microestrías diarias en la valva y algunas variables ambientales. Ellos demostraron que la respuesta al crecimiento no siempre es instantánea, lo que puede explicarse por el hecho de que los procesos metabólicos necesitan tiempo para realizarse (por ejemplo, digestión, uso o movimientos de las reservas, crecimiento y reproducción).

Por otro lado se ha demostrado que la densidad es una variable sumamente importante para el crecimiento de la concha de abanico, las altas densidades pueden ocasionar competencia por alimento y por oxígeno, un aumento en las excretas afectando negativamente al crecimiento en peso y talla de juveniles y adultos de *Argopecten purpuratus* (Mendo et al., 2002; Alcazar y Mendo, 2008; Eche et al., 2010, Mendo et al., 2011). Sin embargo, existen estudios como el de Cisneros y Arguelles (1996), que no se observaron una relación inversa entre la densidad y el crecimiento en un cultivo inicial (semillas) al ser sometidos a densidades de 2500, 5000 y 10 000 ind/pearl-net.

2.1.7. MORTALIDAD

Existen diversos factores que pueden determinar la mortalidad de la concha de abanico, expuesto a la naturaleza como en el caso de cultivo de fondo, donde el riesgo de depredación es elevado. Según Mendo et al., (2016), los principales predadores de *Argopecten purpuratus* son los buccinos (caracoles) particularmente *Thais chocolatas*, cangrejos como *Cancer porteri* y *Cancer setosus*, estrellas de mar (*Luidia sp.*), pulpo (*Octopus mimus*) y las rayas (género *Myliobatis*). La estimación de las tasas de consumo y la selectividad de tamaño se han realizado para algunos de estos depredadores en experimentos de campo (Mendo et al., 2016).

Estas especies poseen diversos mecanismos de defensa, siendo el más común el cierre rápido de sus valvas así como su capacidad natación suficiente para escapar de su predador. Otros predadores de los bivalvos son los gusanos perforadores del género *Polydora sp.* que pueden penetrar en las valvas y debilitar la matriz de esta, facilitando la depredación para otros organismos (Bermúdez et al., 2004).

Otro factor que afecta a la supervivencia de la concha de abanico es el exceso de epibiontes, generando la disminución del flujo continuo de agua por las unidades de cultivo, disminuyendo de esta manera los recursos alimenticios y la oxigenación (Bermúdez et al., 2004).

2.2. PESQUERIA Y CULTIVO

2.2.1. PESQUERÍA

A fines del siglo XIX, la concha de abanico fue incorporada de manera regular al mercado en la región de Lima. Es muy probable que esto se debiera a la llegada de pescadores inmigrantes italianos, quienes habrían introducido el uso de la rastra como método de pesca predominante durante este período, lo que hizo posible el abastecimiento del mercado local de manera regular (Murphy 1925).

Es así que en algún momento entre los años 1929 y 1942 se inició la pesca comercial de la concha de abanico en la región Pisco-Paracas (Schweiggeger 1943, 1947). Vildoso y

Chirichigno (1956) reportaron por primera vez en 1956 la pesca comercial de la especie en Laguna Grande, (Bahía Independencia).

Al parecer, hasta principios de esta década la pesca se realizaba exclusivamente usando la rastra. Fue en este tiempo que se introdujo un sistema mucho más selectivo en la pesca, tanto en El Callao como en Pisco-Paracas: el buceo semiautónomo (Espezúa 1985; Vildoso y Chirichigno 1956). Aparentemente, el uso de los dos sistemas de pesca continuó hasta principios de 1970 cuando la rastra fue desplazada por completo (Buse 1973).

En la actualidad el método de extracción de concha de abanico mediante buceo semiautónomo ha permanecido de manera artesanal y se caracteriza por el uso de pequeñas embarcaciones de madera de aproximadamente 26 pies de eslora, con capacidad de bodega de 2 toneladas y provistas de una compresora que provee de aire a los buzos mediante una manguera de goma, cuyo extremo es mordido con los dientes por el buzo para mantenerlo fijo y regular la cantidad de aire que necesita (Mendo et al, 2008; Mendo et al., 2016). El tamaño de esta flota ha variado en la costa peruana de acuerdo a la disponibilidad y abundancia de los recursos (Morales, 1993; Proleón y Mendo, 2002; Mendo 2008). Durante el Niño 82/83 el número de embarcaciones se incrementó de 80 a 1500 en la zona de Pisco (Morales, 1993).

Laguna Grande y la isla La Vieja (también conocida como Independencia) en bahía Independencia, fueron las más importantes zonas de pesca de concha de abanico, pues allí se ubicaron los más importantes bancos naturales de esta especie. Los buzos de las caletas de Laguna Grande trabajaban en toda la bahía, pero el banco más productivo se encontraba ubicado cerca de la isla Independencia en un área denominada La Pampa, que tiene una extensión de 5 km² y es el lugar donde se obtuvo la más alta producción de concha de abanico durante los booms. La Capitanía de Puerto de Pisco reportó que en 1983 cada embarcación ‘conchera’ extrajo un promedio de 2 t diarias en esta zona. El área es considerada posiblemente como la zona de pesca de moluscos más importante del mundo (Espezúa 1985; Wolff y Wolff 1983).

Luego de los eventos El Niño 82/83 y 97/98, frente a la escasez de concha de abanico en la zona sur y su aparición súbita en la Bahía de Sechura y la Isla Lobos de Tierra, los

pescadores migraron a estas zonas, en donde tradicionalmente no se caracterizaba por tener una pesquería de buceo, e introdujeron este tipo de pesquería hasta la actualidad. Sin embargo, es posible que, en cualquier momento, frente a la disminución de este recurso en el norte o un aumento de las poblaciones en el sur debido a efectos de El Niño, los pescadores vuelvan a migrar (Mendo et al., 2008).

Antes de la década de los 80, los desembarques anuales apenas pasaban las 5000 toneladas. En el año 1983 alcanzó su record histórico de 13000 t, sin embargo se incrementaron hasta más de 47 000 toneladas en 1985, generando el primer “boom de la concha de abanico” en el Perú (Gonzalez, 2010).

Entre los años 1986 y 1997 los desembarques decrecieron a niveles de antes de los ochenta. Es así que en 1998, dada la ocurrencia del evento El Niño 1997/98, vuelven a incrementarse los niveles de desembarque hasta alcanzar las 30 000 toneladas en 1999, ocasionando un segundo “boom” el cual culminaría en el año 2000 (Mendo et al., 2016). Se ha demostrado que la ocurrencia del Fenómeno el Niño y la Niña son factores importantes en las fluctuaciones de la producción de concha de abanico en la zona sur del Perú (Wolff, 1987; Mendo y Wolff 2003; Mendo et al. 2009; Mendo et al., 2016).

A partir del 2000, en condiciones normales o frías la concha de abanico experimentó un crecimiento de la producción debido al aporte de los bancos en la zona norte de la costa peruana, en especial de la Isla Lobos de Tierra y de la Bahía de Sechura. (Mendo et al., 2008; Mendo et al., 2016).

2.2.2. DESARROLLO DEL CULTIVO

Según reportes del Ministerio de Pesquería los primeros intentos de cultivo de moluscos se dieron entre 1971 – 1972 en la zona de Pisco y es a partir de 1980 donde se iniciaron los primeros cultivos de fondo a nivel artesanal utilizando corrales con cercos de paño anchovetero (MIPE, 1984). Ese mismo año la Universidad Nacional Agraria la Molina a través de su “Proyecto Cultivos Marinos Perú” inicia investigaciones sobre aspectos biológicos en *Argopecten purpuratus* y *Aulacomya ater* en la Bahía de Paracas. (Ysla et al., 1986). Sin embargo, esta actividad no tuvo el desarrollo que se logró en Chile, debido a que se le dio mayor énfasis al cultivo de fondo en corrales, intensificándose con

posterioridad al evento El Niño 1982-1983 debido al incremento masivo de la población de concha de abanico que dio origen a las exportaciones de este recurso (Avendaño et al., 2001). Esto trajo consigo que entre los años 1983 y 1985 se entregaran un total de 57 concesiones abarcando un total de 178 hectáreas (MIPE, 1992).

Desde los inicios del cultivo de concha de abanico en el Perú, se han explorado varias técnicas para obtener suficiente semilla de manera sostenida, como la producción en hatcheries y el uso de bolsas colectoras en el entorno natural. La ventaja de obtener semilla de hatcheries es que puede ser producido a lo largo de todo el año, independientemente de los factores ambientales que afectan la producción, como la temperatura (Mendo et al., 2016).

En relación el uso de bolsas captadoras de semilla en la naturaleza, se viene aplicando esta técnica actualmente en la bahía de la Independencia (Ica), Guayuna, Salinas, Samanco (Ancash), y la bahía de Sechura (Piura). Sin embargo estas técnicas implican una mayor inversión económica y esto con frecuencia no está en las posibilidades de las asociaciones de pescadores que participan en esta actividad. Es por ello que los pescadores suelen recolectar la semilla de los bancos naturales con tallas de 20 a 50 mm para luego reubicarlos en sus áreas de concesión. A pesar que este hecho está prohibido según la ley (DS N°30-2001-PE; RM N° 293-2006-PRODUCE), y sólo existen unas pocas excepciones autorizadas por el Viceministerio de Pesca. Al parecer la mayor parte de la producción de concha de abanico del Perú, procede a partir de la recolección de semillas en los bancos naturales (Mendo et al., 2008; Mendo et al 2011).

Los pescadores luego de recolectar las semillas de los bancos naturales existentes proceden a tirarlos por la borda en sus áreas de concesión, a este proceso se le llama "sembrado" (Mendo et al., 2011). Del Solar (2011) demostró que la siembra en líneas paralelas, perpendiculares al flujo de corriente da mejores resultados en términos de homogeneidad de la distribución y supervivencia de juveniles. El cultivo de fondo es una opción más económica, pero requiere una cuidadosa evaluación de la zona en materia de depredadores y el sustrato (Alcázar y Mendo, 2008; Mendo et al., 2016).

El cultivo de fondo consiste en la construcción de un cerco perimétrico usando red anchovetera de una altura de entre 1 y 2 m, donde se colocan conchas juveniles de entre

2 a 4 cm capturadas en los bancos naturales y reubicados en los criaderos para su ‘engorde’ hasta alcanzar el tamaño comercial. El desarrollo de esta incipiente acuicultura fue el inicio de otro impacto importante del boom conchero en la región: el desarrollo de sistemas de acuicultura legal e ilegal (criaderos) en la bahía de Paracas (Mina 1998a). El número de criaderos se incrementó rápidamente a más de 100, cada uno con un área promedio de 5 ha y densidades de siembra de entre 1 y 4 manojos por m² (Mina 1998b).

Otro sistema de cultivo usado en el Perú es el cultivo suspendido desarrollado en la década de los 60 por los japoneses usando “Long line” o líneas flotantes, constituidas por una línea madre suspendida por boyas y ancladas a sus extremos por un fondo. A estas líneas se le adosan implementos para la captación de semilla, linternas o bandejas de características según sea la etapa de cultivo que se ejecute (Imai, 1978). El uso de este sistema permite lograr organismos con una rápida tasa de crecimiento en peso de tejido somático, y al adelgazamiento de la concha dando una mayor altura en comparación a los ejemplares de los bancos naturales (Ventilla 1982), además de ofrecerles protección contra los predadores (Avendaño et al., 2001).

Según Ito et al., (1986) citado por Avendaño et al.,(2010), la introducción de este nuevo sistema, el cual ha sido fruto de varias investigaciones técnicas y ha permitido en el cultivo de pectinidos lograr disminuir la densidad en etapa intermedia, el tiempo de engorda y la mortalidad, dado que se reduce el efecto de hacinamiento.

En el Perú se han realizado diversos trabajos usando esta tecnología, tal es el caso de Mendo et al., (1992) quienes realizaron un experimento de juveniles de 10 mm en sistema suspendido en Bahía Independencia a diferentes densidades, que alcanzan una talla de 30 mm en 2 meses y medio. La tasa de crecimiento decreció con la densidad y en menos proporción con la profundidad y la supervivencia fue mayor a 90% . De manera opuesta Cisneros y Arguelles (1996) en un experimento en sistema suspendido en playa “El Carbon” (Pucusana) a diferentes densidades y profundidades observaron que la densidad no presentó mayor influencia en el crecimiento salvo cuando fueron sometidos a 17 m de profundidad y que la mortalidad tuvo una relación directa con la densidad de siembra.

Por otro lado Cisneros et al., (2008) determino diferencias entre el crecimiento en long linea de *Argopecten purpuratus* procedentes de diferentes lugares, concluyendo que estas

diferencias probablemente se deban a la variabilidad genética entre las poblaciones de donde fueron obtenidas las semillas.

Alcázar y Mendo (2008) en la zona de Casma (Ancash) compararon el crecimiento y supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* cultivados en sistema de fondo y suspendido sometidos a diferentes densidades, encontrando que al finalizar el experimento las tallas y pesos en el cultivo suspendido fueron mayores que en fondo y se relacionaron inversamente con la densidad; sin embargo, es más rentable sembrar juveniles en sistema de fondo que en suspendido.

2.2.3. DESEMBARQUE Y COSECHA

A partir del año 2010 los niveles de producción de concha en el Perú experimentaron un importante crecimiento, siendo su más alto valor en el 2013, cuyo desembarque proveniente de la acuicultura fue de 67694 toneladas, el cual representó el 54% de la producción acuícola nacional (PRODUCE, 2013). Sin embargo este crecimiento se ha visto frenado por el fenómeno climático ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) los cuales han sido reportados en el 2012 y entre el 2015 – 2017 (ENFEN, 2012; Takahashi et al., 2014; Takahashi, 2016; EFEN, 2017). Es así que en la Bahía de Sechura según Kluger et al., (2017) las lluvias originadas por las altas temperaturas conllevaron a un incremento de agua dulce en mar y consecuentemente a la disminución de su salinidad, perjudicando directamente al cultivo de concha de abanico. Entre los años 2015 y 2017 los niveles de producción de concha de abanico provenientes de la maricultura disminuyeron considerablemente, alcanzando en 2017 tan solo un valor de 13137 toneladas (Fig.5) .(PRODUCE, 2015; 2017).

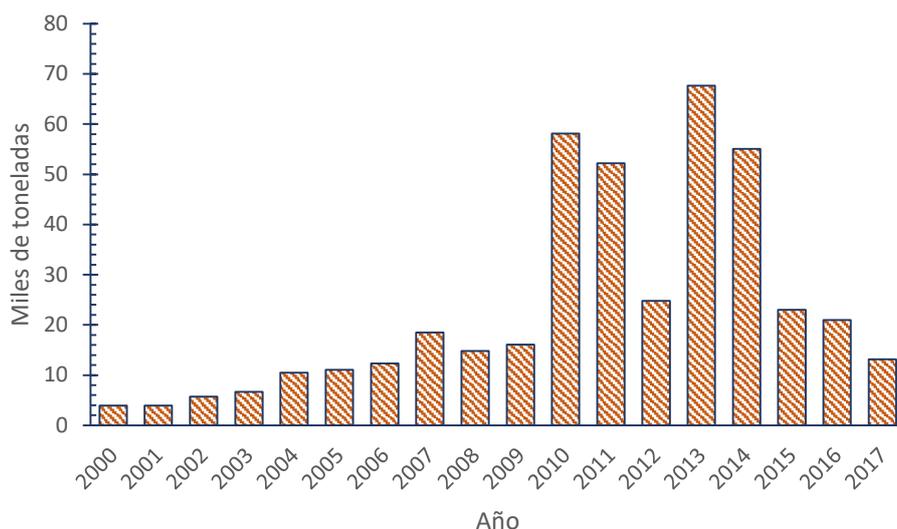


Figura 5. Desembarque total (t) de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) proveniente de la acuicultura en el Perú, desde el año 2000 hasta el 2017 (PRODUCE, 2017).

2.3. EXPORTACIONES

A partir del 2001/2002 las exportaciones incrementaron desde aproximadamente 1 000 toneladas (aprox. 5 millones de US\$.) hasta casi 13 000 toneladas de producto (aprox. 40 millones de US\$) en el año 2006 (Mendo et al., 2008).

Es así que para el año 2013 las exportaciones de concha de abanico lograron su más alto valor, alcanzando las 17 399 toneladas con una recaudación aproximada de 159 millones de dólares (US\$). En la actualidad la poca oferta en la producción nacional de concha de abanico, originada por el fenómeno El Niño (ENOS) han conllevado a una disminución en las exportaciones, es así que en el 2012 y entre el 2015 al 2017 la recaudación proveniente de las exportaciones han disminuido considerablemente. (Fig. 6).

Según la estadística reportada por el Ministerio de la Producción (Fig. 7) Francia vendría a ser el principal país de exportación de concha de abanico con una representación del 35.8 % seguido de España, Bélgica, Países bajos y Estados Unidos representando el 14.7%, 14.4%, 12% y 8.5% respectivamente (PRODUCE, 2016).

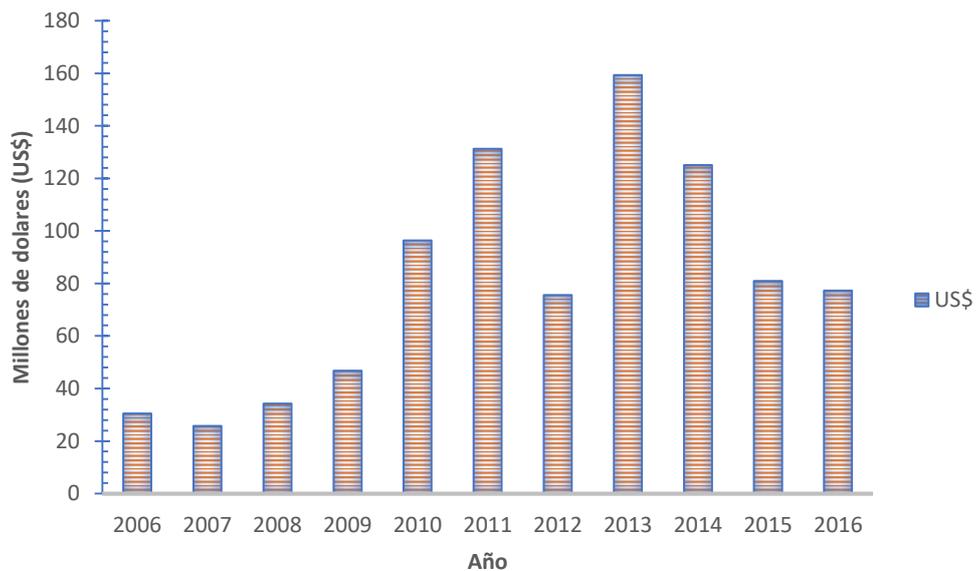


Figura 6. . Valor de las exportaciones (millones de US\$) de concha de abanico en el Perú durante el 2006 y 2016 (PRODUCE, 2016).

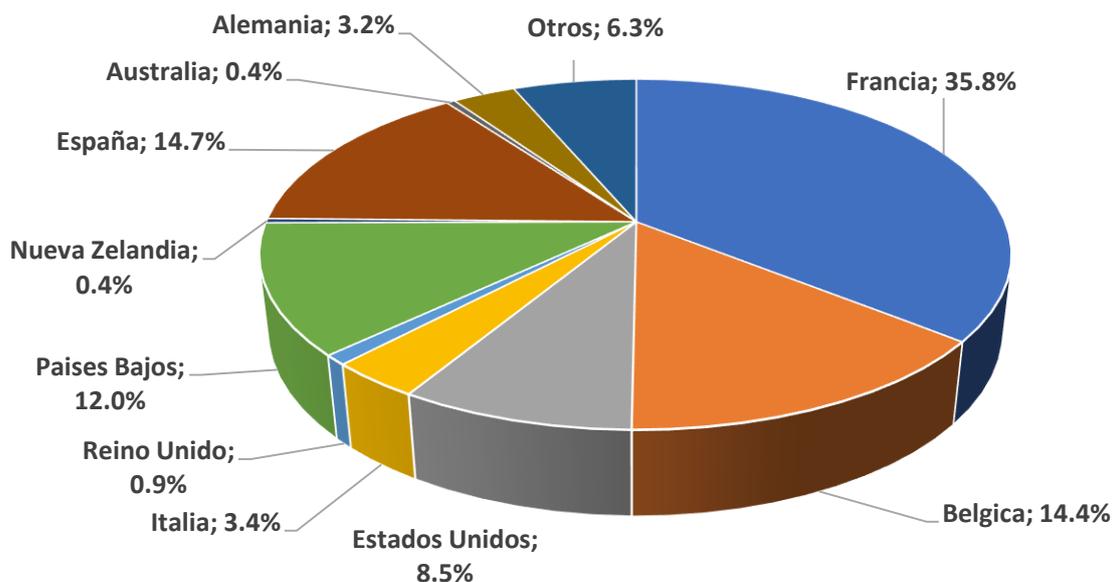


Figura 7. Porcentaje de participación de los países destino de las exportaciones de concha de abanico de Perú en el año 2016. (PRODUCE, 2016).

2.4. ASPECTOS ECONOMICOS

Son pocos los trabajos que han desarrollado el aspecto económico de la producción del cultivo de la concha de abanico. Sanchez (2017) identificó 3 eslabones en la cadena de valor de la concha de abanico en la Bahía de Sechura: 1) Los cultivadores, 2) Intermediarios desvalvadores, 3) Industriales del congelado y exportación. En ese sentido los precios de la producción de músculo abductor + gónada con código 30-40 (ind/libra) y los precios de solo músculo abductor con código 50-60 (ind/libra) en promedio son de 19.5, 20.5 y 29.8 soles por kilogramo respectivamente según cada eslabón de la cadena de valor. Asimismo menciona que los cultivadores son quienes obtienen mejores beneficios económicos en términos con un 22% de las utilidades, seguido de los industriales con un 14% y finalmente el intermediario desvalvador con un 5%.

Según Cano (2004) los precios internacionales por código varían en el año, es así que para los códigos de 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 y 60-80 unidades/ libra se consideró precios FOB de 9.5, 8.5, 7.25, 6.5 y 6.0 US\$/libra. Asimismo, los ingresos que obtuvo al sembrar individuos con una talla inicial 60 mm en un tiempo de 6 meses fueron 201762.8, 198733.2, 197302.1 y 187434.5 US\$ a una densidad de 51, 102, 153 y 204 conchas/m² (10, 20, 30 y 40 ind/piso) respectivamente.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR Y UBICACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Los Órganos, provincia Talara, Piura en un área de mar de 0.5 ha (Fig. 8), cerca de la concesión de la empresa Agromar del Pacífico S.A., en las coordenadas (04°9′57.7″S; 081°07′44.1″W).

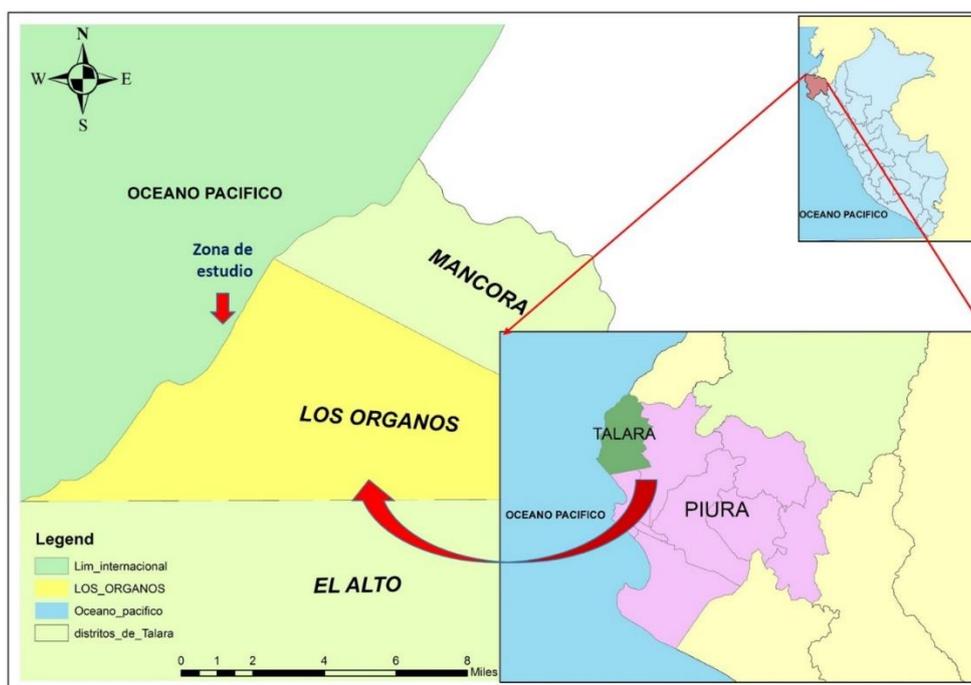


Figura 8. Ubicación del experimento en el distrito de los Órganos, Talara, Piura.

3.2. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento consistió en la instalación de dos líneas de cultivo suspendido de 50 m de longitud, una usada para evaluar el crecimiento y mortalidad de individuos de pre adultos con tallas entre 10 y 12 mm y la otra usada para evaluar el crecimiento y la mortalidad de individuos adultos con tres diferentes rangos de talla (35-45mm; 55-65mm; 70-80mm), Ambos experimentos se realizaron durante los meses de octubre del 2016 hasta enero del

2017. La instalación del experimento y los monitoreos se realizaron con el apoyo de una embarcación de los pescadores artesanales de la zona.

3.2.1. EXPERIMENTO DE PRE-ADULTOS

Para el experimento de pre adultos se usaron 16800 semillas (175 manojos) con una talla promedio de 12 mm, provenientes del laboratorio de la empresa Agromar del Pacifico S.A. Estas semillas fueron sembradas en linternas (L_0) con tamaño de malla de 10 mm suspendidas a 3 m de profundidad a una densidad (tratamiento) de 100, 200, 400, 600 y 800 ind/piso (625, 1250, 2500, 3750, 5000 ind/m² respectivamente). Cada tratamiento consistió de 3 repeticiones (pisos) y en cada una se marcó 10 individuos usando resina epóxica y una codificación numérica (Fig.10) para identificarlas y obtener las tasas de crecimiento individual. Un total de 5 linternas (L_0) de 5 pisos fueron requeridas para este experimento cuyo diseño experimental se presenta esquemáticamente en la Fig.9. La mortalidad fue evaluada contando el número de individuos muertos en cada repetición. Con el fin de reponer los individuos muertos y así mantener las densidades, se adicionaron 2 repeticiones para cada tratamiento.

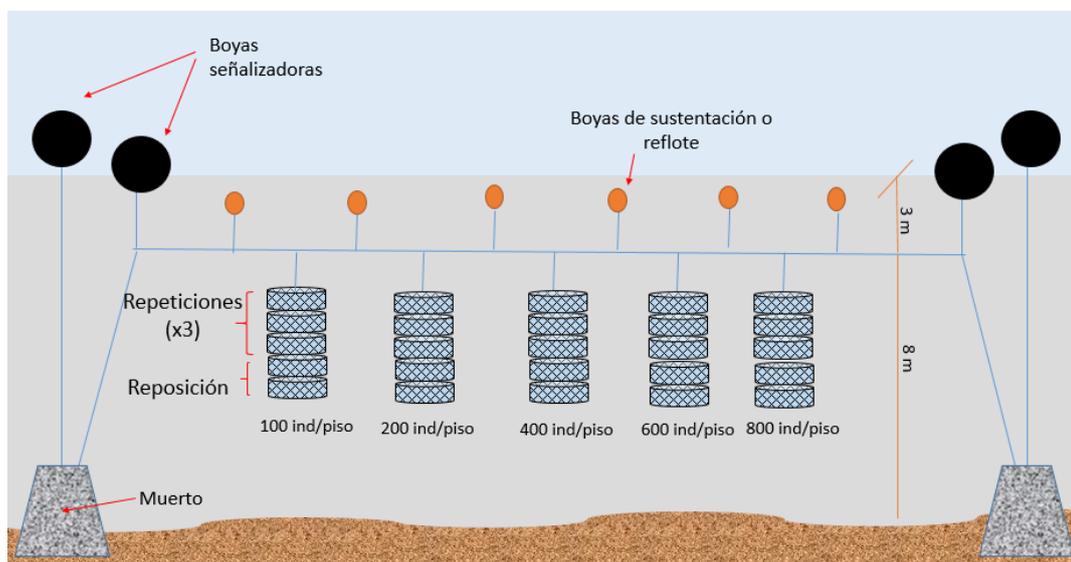


Figura 9. Esquema del diseño experimental usado para evaluar el crecimiento de individuos pre adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.



Figura 10. Marcadores usados para la evaluación del crecimiento de pre adultos y adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.

3.2.2. EXPERIMENTO DE ADULTOS

Para el experimento de adultos se utilizaron 1950 individuos (20.4 manojos) provenientes de la bahía de Sechura de tres rangos de talla (35-45 mm; 55-65mm; 70-80mm) introducidas en linternas (L2) con un tamaño de malla de 20 mm y suspendidas a 3 m de profundidad. Se aplicaron cuatro tratamientos (densidades) que consistieron en 10, 20, 40 y 60 ind/piso (62.5, 125, 250 y 375 ind/m² respectivamente). Cada tratamiento consistió de 3 repeticiones y en cada una se marcaron 10 individuos usando resina epóxica y una codificación numérica para identificarlas y obtener las tasas de crecimiento individual.

Adicionalmente se añadieron 2 repeticiones a cada rango de talla con la finalidad de realizar muestreos biológicos mensuales y para determinar la mortalidad se realizó el conteo de individuos muertos al finalizar el experimento. Un total de 7 linternas (L2) de 10 pisos fueron requeridas para este experimento cuyo diseño experimental se presenta esquemáticamente en la Fig.11.

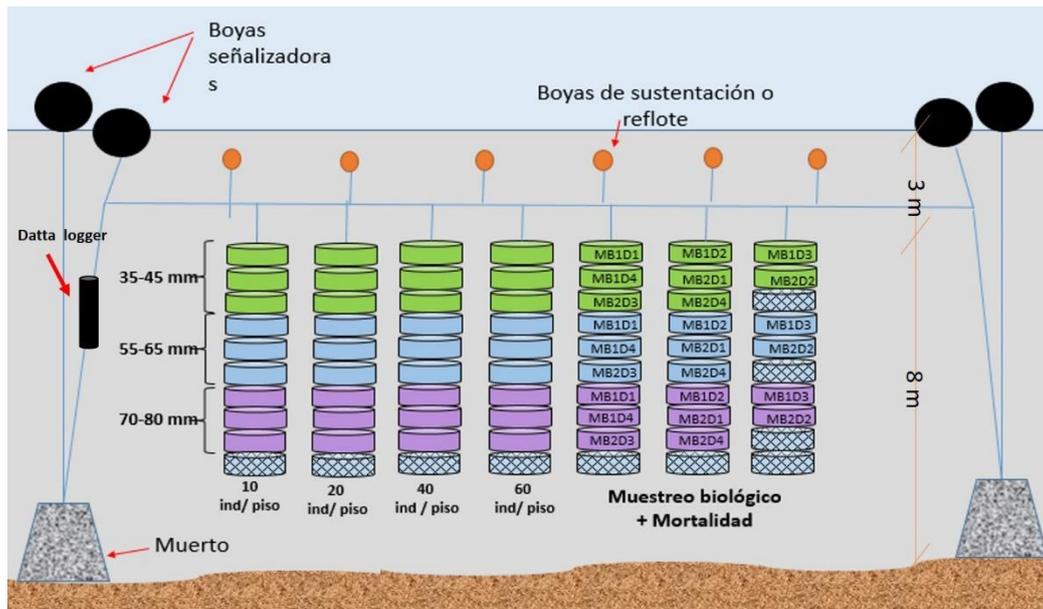


Figura 11. Esquema del diseño experimental usado para evaluar el crecimiento y mortalidad de individuos adultos de concha de abanico en Los Órganos, Piura.

El experimento fue desarrollado en los meses de Noviembre de 2016 hasta Enero del 2018, llevándose a cabo tres evaluaciones: del 14/10/16 al 11/11/16 (primera evaluación), del 17/11/2016 al 10/12/16 (segunda evaluación) y del 10/12/16 al 05/01/17 (tercera evaluación). Esta última coincidió con el evento Niño Costero (2016-2017). (EFEN, 2017b).

3.3. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.3.1. TEMPERATURA Y OXÍGENO

La temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y el oxígeno disuelto (mgL^{-1}) fue registrado en un almacenador de datos “datta logger” marca HOBO U26-001 con una frecuencia de 10 minutos. Este equipo fue sujetado a la línea madre del sistema Long line a la misma profundidad de las unidades experimentales usando precintos de seguridad (Fig. 12). Cada 15 días mediante buceo el datta logger fue recogido con el fin de descargar los datos y almacenarlos en formato Excel, asimismo se aprovechó en dar mantenimiento al sensor, retirando el biofouling impregnado en la parte externa antes de ser nuevamente instalado.



Figura 12. Registrador de datos “Datta Logger” (HOBO U26-001) instalado a 3m de profundidad en Long line.

3.3.2. CRECIMIENTO Y MORTALIDAD

Para evaluar el crecimiento, tanto para el experimento de pre adultos y adultos, se midió la talla o altura (distancia dorso ventral, mm) de las conchas marcadas de cada repetición y tratamiento. Para ello se usó un vernier electrónico (0.05 mm de precisión). La frecuencia de medición de la talla fue quincenal para los individuos pre-adultos y mensuales para los individuos adultos. Adicionalmente y solo para el caso del experimento con individuos adultos se realizaron muestreos mensuales biométricos para lo cual se seleccionaron al azar 10 individuos de cada rango de talla y de cada repetición, es decir 30 individuos por tratamiento, para ello a cada individuo se le registro la altura (mm), el peso total (PT,g), peso parte blanda (PPB,g), peso de gónadas (PG,g) y peso de músculo abductor (PM,g), con ayuda de un equipo de disección y una balanza portátil marca Pocket Scale MH-200. La extracción de la gónada y músculo abductor se realizó retirando primero el manto y las branquias haciendo una incisión a la altura del pie, bordeando el músculo abductor para luego retirar las vísceras y obtener por separado tanto el músculo abductor como las gónadas.

Para evaluar mortalidad tanto para el experimento de pre adultos y adultos se realizó con una frecuencia quincenal para individuos pre adultos y una frecuencia mensual para los individuos adultos.

3.3.3. PRECIO SEGÚN CÓDIGO

Los precios de exportación (US\$; FOB) de la concha de abanico de tamaño comercial, sea Roe ON (músculo abductor + gónada) o Roe OFF (solo músculo abductor) por código se obtuvieron a través entrevistas a empresarios, jefes de producción, comercializadores y revisión bibliográfica. Para clasificar el precio según tamaño se usó el sistema de codificación que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 : Código (número de piezas por libra) usado para determinar el precio de exportación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) (Mendo et al., 2011; Sánchez, 2017)

| "ROE ON" ò "ROE OFF" | |
|----------------------|--------------------------|
| CODIGO | Nº piezas promedio/Libra |
| 10-20 | 15 |
| 20-30 | 25 |
| 30-40 | 35 |
| 40-50 | 45 |
| 50-60 | 55 |
| 60-80 | 70 |
| 80-100 | 90 |
| 100-120 | 110 |

3.4. ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

3.4.1. TASA DE CRECIMIENTO Y MORTALIDAD

La tasa de crecimiento (TC) se calculó en mm.día⁻¹ para cada individuo marcado de cada repetición y tratamiento mediante el cociente de la diferencia de la altura registrada en un tiempo t_1 (L_1) y t_2 (L_2) y el número de días transcurridos:

$$TC = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

L1= Talla inicial
L2 = Talla final
t= tiempo inicial
t2 = tiempo final

Para determinar la mortalidad, se calculó el promedio de individuos muertos por tratamiento y para luego ser calculados en términos de porcentaje (%) en función a la densidad de cada tratamiento. Se elaboró un diagrama de barras con el fin de compararlas gráficamente.

Debido a que el análisis de datos mostró normalidad y homogeneidad de variancias, mediante un ANOVA se pudo determinar estadísticamente si existe un efecto de la densidad sobre la tasa de crecimiento y la mortalidad, se usó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$; el test de LSD Fisher fue usado para comparar las medias de los resultados por tratamiento y evaluar sus diferencias.

3.4.2. DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN BIOMASA

Este análisis fue trabajado solo con la información obtenida del experimento de adultos, se utilizó el modelo predictivo simplificado de Thompson y Bell (1934), el cual permite predecir la producción en biomasa y su valor económico considerando diferentes densidades y tamaños de siembra, tipos de producto, precio, tallas de siembra y de cosecha, (Mendo et al. 2011).

Este modelo requirió de los siguientes valores de entrada obtenidos con el experimento de adultos: parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy K , L_{∞} y t_0 (Sparre y Venema, 1997), tasa de mortalidad natural (M) y coeficientes de la relación peso – talla.

a. Estimación de parámetros de crecimiento:

Los parámetros K y L_{∞} fueron obtenidos a partir de los datos de crecimiento del experimento y usando el ploteo de Gulland y Holt (1959): $\frac{\Delta L}{\Delta t} = a + b * L(t)$; donde $K = -b$ y $L_{\infty} = -a/b$. (Sparre y Venema, 1997). El valor de t_0 se determinó despejándola de la ecuación de Von Bertalanffy y usando la edad de 0.167 años con una talla de 15 mm (Mendo et al., 2016).

La ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy fue expresada la siguiente manera:

$$L_t = L_\infty * (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

(Sparre y Venema, 1977)

En donde:

L_t : talla a la edad t (mm)

L_∞ : longitud infinita (mm)

t : edad (años)

K : coeficiente de crecimiento

t_0 : parámetro de condición inicial

Los parámetros de crecimiento (K , L_∞ y t_0) fueron reemplazados en la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para luego ser plotados, generando una curva de crecimiento para cada densidad. De esta manera se pudo comparar gráficamente el efecto de la densidad sobre el crecimiento de la concha de abanico.

b. Tasa de Mortalidad Natural

Teniendo el número de individuos muertos para cada densidad y fecha de muestreo, se determinó la tasa de mortalidad natural (M) usando la ecuación:

$$M = \left(\frac{\Delta N}{\Delta t} \right) * \left(\frac{1}{N} \right)$$

(Sparre y Venema, 1997)

En donde:

ΔN = número de conchas muertas

Δt = tiempo en años

N = número inicial de conchas

c. Determinación de los coeficientes de la relación peso – talla

Con los datos de Altura (A , mm), y peso de músculo (PM , gr) y la gónada (PG , gr) para cada densidad y fecha de muestreo (Ver anexos del 1 al 9) se establecieron las relaciones entre la talla y el peso del músculo y la gónada. El peso fue considerado como variable dependiente (eje Y) y la talla como variable independiente (eje X). La relación peso – talla, quedó determinada por la siguiente ecuación:

$$Peso = a * L^b$$

Con el fin de determinar el tiempo de producción en biomasa (B) en relación a la talla de cosecha y la densidad de siembra, se utilizó el siguiente procedimiento:

- Basado en los parámetros de crecimiento y en la relación peso-talla, se calcularon para cada edad, la talla y peso correspondientes; teniendo como talla inicial la talla de siembra (15 mm).
- A partir de un número inicial arbitrario de conchas sembradas ($N_0 = 10\ 000$ manojos (9.6 millones de individuos), se calculó el número de sobrevivientes para cada edad, usando la tasa de mortalidad natural (M). El número de sobrevivientes para cada talla o edad fue calculado usando el “Modelo de extinción exponencial” (Sparre y Venema, 1997). La ecuación de este modelo es de la siguiente manera:

$$N_t = N_{(t-1)} * e^{M(\Delta t)}$$

En donde,

N_t : Numero de sobrevivientes

$N_{(t-1)}$: Numero inicial de sobrevivientes

M : Tasa de mortalidad natural

Δt : Intervalo de tiempo

La producción en biomasa (B_t) para cada talla (o edad) y densidad fue calculado multiplicando el número de sobrevivientes (N_t) y el peso de músculo o músculo + gónada (g) obtenidos en la relación peso-talla.

$$B_t = N_t * W_t$$

3.4.3. ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA BIOMASA

Para la estimación del valor de la biomasa (VB_t , millones de US\$) la biomasa (B_t) fue multiplicada por los precios para cada talla (P_t) estimados a partir de los precios de exportación según código (número de piezas de músculo + gónada o solo músculo por libra). Para ello se calculó el número de piezas por libra para cada talla, dividiendo una libra entre el peso individual (músculo o músculo + gónada) de cada talla (gr), Con ello se generó una relación que se aplicó a todas las tallas (Anexo 10,11 y 12) . La relación quedó expresada de la siguiente manera:

$$P_t = a * X^b$$

En donde:

- Pt = Precio (dólares) para cada talla,
- X = Numero promedio de piezas por libra en cada talla.

Con la finalidad de determinar la talla que presenta la máxima biomasa y valor de biomasa se construyeron las curvas de biomasa para cada densidad versus la talla de cosecha. De manera similar se ploteo el valor de la biomasa (VB, miles de US\$) versus la talla para cada densidad.

En la Tabla 2 se presenta un ejemplo del proceso que incluye el modelo de Thompson y Bell usando datos de la concha de abanico obtenidos en el presente estudio.

Tabla 2: Datos de entrada y salida en el modelo de Thompson y Bell (1934) simplificado usado para determinar la producción (t) y el valor (US\$) de la biomasa de *Argopecten purpuratus* en sistema suspendido en Los Órganos

| ENTRADA | | | | | | SALIDA | |
|-------------|--------------|---------------------|----------------|---------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|
| A | B | C | D | E | F | G | H |
| Edad | Talla | ⁽¹⁾ Peso | Sobrevivientes | Código | Precio | Biomasa | Valor Biomasa (US\$) |
| t | Lt | Wt | Nt | Cod | Pt | Bt = Nt*Wt | VBt = Bt*Pt |
| años | mm | g | # Individuos | piezas /libra | dólares/libra | Kg | US\$ |
| 0.17 | 15 | 0.2 | 9600000 | 2725.3 | 1.46 | 1598 | 5156 |
| 0.33 | 44.31 | 5.2 | 8661646 | 87.4 | 7.35 | 44935 | 727667 |
| 0.5 | 62.11 | 15.2 | 7815012 | 29.9 | 12.15 | 118460 | 3171892 |
| 0.67 | 72.91 | 25.2 | 7051132 | 18 | 15.42 | 177886 | 6048549 |
| 0.83 | 79.48 | 33.2 | 6361918 | 13.7 | 17.54 | 211020 | 8157816 |
| 1 | 83.46 | 38.7 | 5740071 | 11.7 | 18.86 | 222394 | 9247373 |
| 1.17 | 85.88 | 42.4 | 5179007 | 10.7 | 19.68 | ⁽²⁾ 219720 | ⁽³⁾ 9533451 |
| 1.33 | 87.35 | 44.8 | 4672784 | 10.1 | 20.18 | 209216 | 9309988 |

⁽¹⁾ Peso de músculo abductor o músculo abductor+gonada/ ⁽²⁾ Biomasa máxima calculada/ ⁽³⁾ Valor de biomas máxima

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA Y OXIGENO

Los valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) durante el experimento tuvieron un comportamiento variable, tal como muestra la Fig.13. Se registró un valor mínimo de temperatura de 15.78°C (21/12/16) y un valor máximo de temperatura de 25.62°C (28/12/16). Respecto a los valores de oxígeno disuelto (mg/L) el valor máximo registrado fue de 8.98 mg/L y el mínimo fue de 0.39 mg/L. En la Fig.14 se puede apreciar que los valores de oxígeno disuelto disminuyeron a partir del 15/12/16 y los valores más bajos cercanos a 0 mg/L fueron registrados entre los días 20 y 22 de Diciembre.

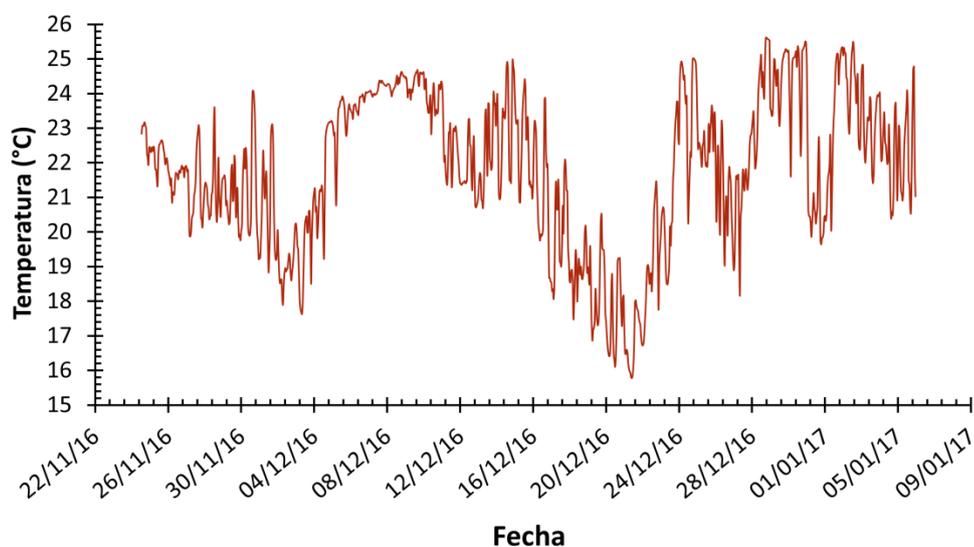


Figura 13. Variación horaria de la temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) registrada a 3 metros de profundidad durante el experimento en Los Órganos, Piura.

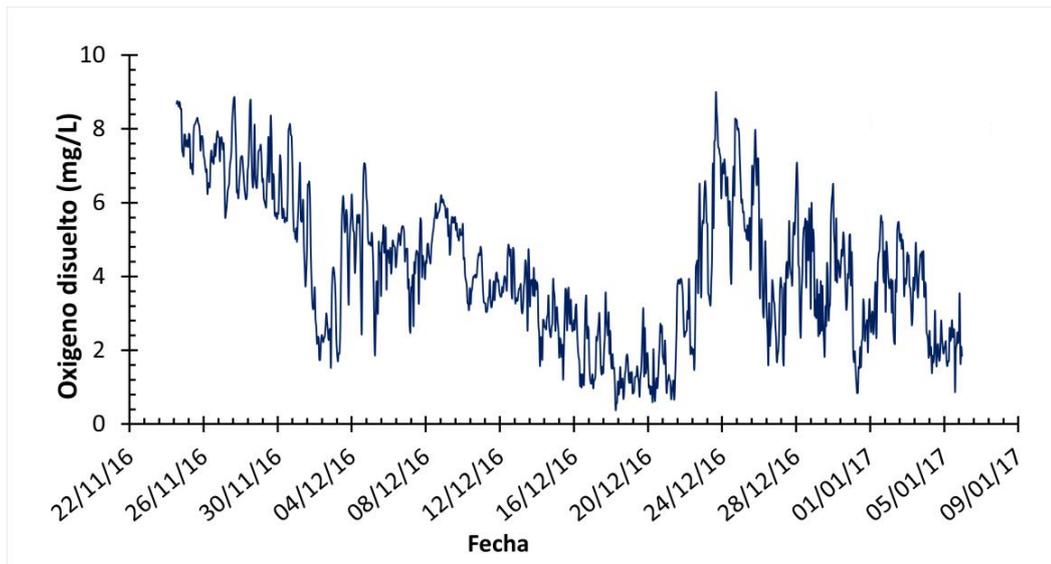


Figura 14. Variación horaria del oxígeno disuelto (mg/L) registrada a 3 metros de profundidad durante el experimento en Los Órganos, Piura.

Los valores de temperatura registrados durante el periodo del experimento se encuentran dentro del rango de tolerancia de *Argopecten purpuratus* (12-27 °C) de acuerdo a Mina et al., (2002). Sin embargo, los valores de oxígeno disuelto entre diciembre y enero disminuyeron drásticamente a valores cercanos a 0, y estarían por debajo del valor mínimo de tolerancia de concha de abanico de 1.4 mg/L sugerido por Yamashiro et al., (1990).

Es posible que la caída de los valores de oxígeno disuelto reportados en este estudio a mediados de diciembre y su relación directa con la temperatura estén estrechamente relacionadas a un proceso de afloramiento costero y corrientes marinas. Diversos estudios han mostrado que existen surgencias costeras (afloramiento), las cuales pueden transportar estas aguas que contienen un alto contenido de nitratos y bajo contenido de oxígeno disuelto, (Zuta & Guillén, 1970; Pocklington, 1981). Esta condición también ha sido observada a nivel superficial, indicando un mínimo de actividad fotosintética y un mínimo de oxigenación biológica (Minas et al., 1990). Asimismo hay reportes de la existencia de zonas de mínimo de oxígeno (ZMO) frente a la costa norte de Perú (5-6°), las cuales se caracterizan por tener aguas con niveles muy bajo de oxígeno (< 0.5 mL/L) (Anderson et al., 1982; Kamykowski & Zentara, 1990).

Por otro lado, existen diversos reportes en la Bahía de Sechura (Piura) durante los meses

de verano (diciembre a marzo), donde debido al alto nivel de floraciones algales y las altas densidades de siembra, los niveles de oxígeno llegaron a disminuir drásticamente, generando mortalidades masivas de recursos bento demersales y pelágicos entre ellos *Argopecten purpuratus*. Según IMARPE (2019), estas mortalidades altas concentran materia orgánica en descomposición en el fondo marino el cual genera un incremento de la demanda de oxígeno y debido a la disminución de vientos, corrientes y una baja interacción entre las aguas superficiales, hacen que las concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo sean cercanos a cero (Gonzales et al., 2012; Aquahoy, 2017; IMARPE, 2019)

4.2. CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE PRE ADULTOS

4.2.1. CRECIMIENTO DE PRE ADULTOS

La Tabla 3 presenta los datos de talla promedio y sus respectivas tasas de crecimiento de los pre-adultos de concha de abanico a diferentes densidades. En él se puede apreciar que los individuos marcados, con una altura promedio inicial de 11.8 mm, sometidos a una densidad de 100 ind/piso en 100 días alcanzaron una talla promedio de 42.66 mm, y para las densidades de 200, 400, 600 y 800 ind/piso fueron de 40.14, 34.25, 33.12 y 29.13 mm respectivamente. Asimismo, en la Fig. 15 se observa que el tiempo en el que los individuos alcanzan una talla de 30 mm es de 41 días para las densidades de 100 y 200 ind/piso; y aumenta a 51, 65 y 101 días para las densidades de 400, 600 y 800 ind/piso respectivamente.

De manera similar se observa que la tasa de crecimiento en la primera evaluación (28/10/2016) es mayor para la densidad de 100 ind/piso (0.52 mm/día) y disminuye conforme aumenta la densidad. En la Fig. 16, se puede apreciar que en las tres primeras evaluaciones (entre el 28/10 al 07/12/2016) la tasa de crecimiento presenta una relación inversa con la densidad de siembra. Este comportamiento no se presenta en las dos últimas evaluaciones (del 21/12/2016 al 08/01/2017), donde las tasas de crecimiento son bajas y cercanos a cero. Durante estas últimas evaluaciones los valores de oxígeno disuelto cayeron drásticamente y la temperatura experimentó un decrecimiento anómalo (Fig. 13 y 14).

Tabla 3 : Talla promedio (mm) y tasa de crecimiento (mm/día) de pre adultos de *Argopecten purpuratus* cultivados a diferentes densidades en Los Órganos, Piura

| FECHA | Talla promedio (mm) | | | | | Tasa de crecimiento (mm/día) | | | | |
|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|------|------|------|------|
| | Individuos / piso | | | | | Individuos / piso | | | | |
| | 100 | 200 | 400 | 600 | 800 | 100 | 200 | 400 | 600 | 800 |
| 30/09/16 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07/10/16 | 12.99 | 13.15 | 13.89 | 13.63 | 13.65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28/10/16 | 23.08 | 24.27 | 22.37 | 20.11 | 19.4 | 0.52 | 0.5 | 0.43 | 0.32 | 0.25 |
| 22/11/16 | 36.85 | 35.11 | 30.58 | 28.41 | 26.43 | 0.43 | 0.31 | 0.27 | 0.18 | 0.22 |
| 07/12/16 | 40.54 | 38.09 | 32.4 | 30.51 | 28.12 | 0.24 | 0.16 | 0.16 | 0.1 | 0.09 |
| 21/12/16 | 41.22 | 38.48 | 33.4 | 31.49 | 28.81 | 0.02 | 0.02 | 0.12 | 0.02 | 0.01 |
| 08/01/17 | 42.66 | 40.14 | 34.25 | 33.12 | 29.13 | 0.1 | 0.1 | 0.12 | 0 | 0.02 |

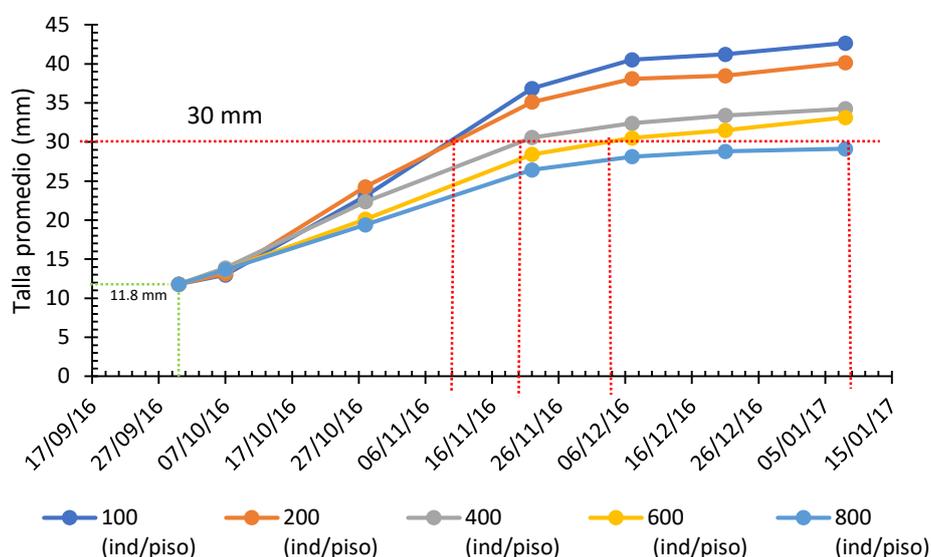


Figura 15. Talla promedio (mm) de los individuos marcados sometidos a diferentes densidades (100,200, 400 y 600 ind/piso) del experimento de pre-adultos en Los Órganos, Piura.

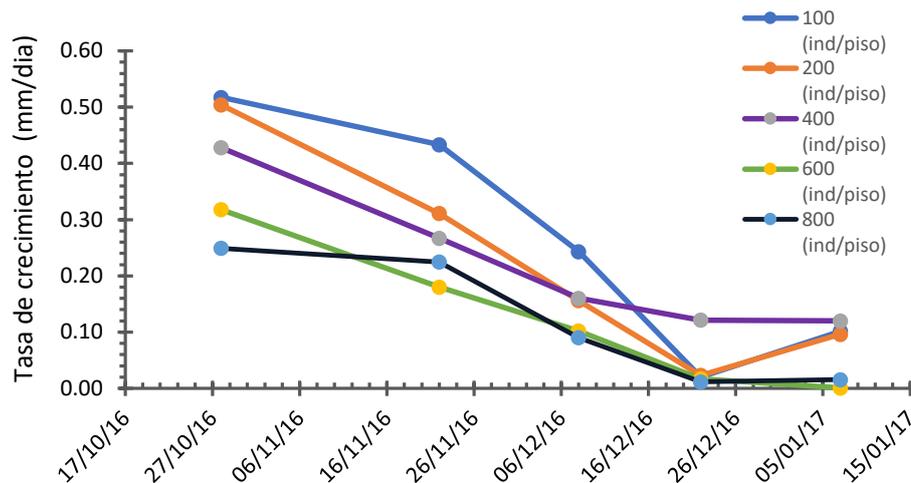


Figura 16. Promedio de la tasa de crecimiento (mm/día) de los individuos marcados que fueron sometidos a diferentes densidades (100, 200, 400 y 600 ind/piso) para el experimento de pre-adultos en Los Órganos, Piura.

El análisis de variancia (ANOVA) (Anexo 21) aplicado para comparar la tasa de crecimiento de las tres primeras fechas, muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$). La prueba de LSD Fisher ($p > 0.05$) (Anexo 22) mostró además que no existen diferencias significativas entre las densidades 600 y 800 ind/piso. Sin embargo, éstas si muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) si son comparadas con las densidades 100, 200 y 400 ind/piso. Asimismo, existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las densidades 100, 200 y 400 ind/piso.

No existen estudios publicados sobre el crecimiento de pre adultos de concha de abanico en cultivo suspendido para la zona norte del Perú. Se han ubicado trabajos desarrollados en “Bahía Tortugas” (Casma – Ancash), “Playa el Carbón” (Pucusana), “Bahía Independencia” (Pisco), y “Bahía Paracas” (Pisco) en donde demuestran que la densidad tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de pre adultos de *Argopecten purpuratus* (Ysla et al., 1987; Cisneros y Arguelles, 1996; Mendo et al., 2002; Alcázar y Mendo, 2008; Cisneros et al., 2008). El crecimiento en talla de la concha de abanico registrado en Los Órganos fue ligeramente superior al obtenido por Alcázar y Mendo (2008) en Casma, (Fig. 15). En Casma la concha de abanico sembrada a una densidad de 100 ind/m² recién a los 46 días alcanzó una talla de 30 mm con una tasa de crecimiento promedio de 0.21 mm/día, contrariamente a los Órganos que necesito de 41 días con una tasa de crecimiento de 0.48 mm/día. En ambos casos se considero una talla unicial de 11.8 mm.

De manera similar, los resultados de crecimiento de semillas de 18mm obtenido por Cisneros et al., (2008), sembrada a una densidad de 150 ind/piso en Playa El Carbón (Pucusana), alcanza los 30 mm en 41 y 44 días para las semillas procedentes de Samanco y Lagunillas respectivamente, en Los Órganos individuos de 18 mm a densidades de 100 y 200 ind/piso lograron alcanzar los 30 mm en 23 días . En otra prueba de (Cisneros et al., 2008) con tallas iniciales de 23.5 y 22.8 mm se logra alcanzar los 30 mm en 29 y 31 días para semillas procedentes de Bahía Independencia y Hachery (IMARPE) respectivamente, al ser comparados con el presente estudio se demostró que se logra alcanzar 30 mm en 19 a 21 días partiendo de las tallas iniciales similares.

Las diferencias en el crecimiento de preadultos sembrados en sistema suspendido y a una misma densidad y profundidad puede ser atribuido principalmente a la disponibilidad de alimento y la temperatura que las caracteriza (Kyrbi-Smith y Barber, 1974; Broom y Mason, 1978). La temperatura aumenta la tasa metabólica, siempre que haya suficiente alimento disponible y, a la inversa, si la temperatura es demasiado baja, es de suponer que incluso el exceso de alimento no aumentará el crecimiento (Broom y Mason, 1978; Mendo y Jurado, 1993).

Venegas (2004; citado por Cano 2004) menciona que, en cultivos suspendidos, los movimientos causados por acción de las olas afectan negativamente la tasa de crecimiento, debido a que los organismos sensibles a los movimientos cierran sus valvas y por esta razón reducen su tasa de ingestión de alimento. Este proceso podría también estar ocurriendo en la zona de Los Órganos, donde ocasionalmente se presentaron oleajes anómalos y corrientes subsuperficiales intensas (obs.pers) generando una ligera inclinación de las linternas de cultivo con dirección a la corriente de agua. Asimismo la acumulación de biofouling y en especial de la especie *Pteria sterna* en grandes cantidades podrían haber afectado el crecimiento de pre adultos. El biofouling estaría afectando el flujo de agua en las linternas que podría generar una disminución de la disponibilidad del oxígeno y del alimento (Dugganm, 1973; Avendaño y Catellanez 1989 ; Mallet and Carver, 1991).

Si bien es cierto, diversos estudios han demostrado que la concha de abanico incrementa sus tasas de crecimiento durante un evento El Niño fuerte (Wolff, 1985,1987; Yamashiro y Mendo, 1988; Tarazona et al., 2007, Mendo y Wolff 2003), estos están referidos a la

zona sur de la costa peruana cuyas características de masas de agua y corrientes son distintas a la zona de Los Órganos, donde El Niño se manifiesta de manera negativa para la concha de abanico (Badjeck et al 2009; Mendo et al 2008, 2016). En el presente estudio durante las dos últimas evaluaciones (dic-2016 y ene-2017), las tasas de crecimiento disminuyeron drásticamente y coincide con la presencia de un evento Niño Costero.

Pese a ello, los resultados entorno al crecimiento han mostrado valores muy alentadores al ser comparados con estudios desarrollados en zonas de cultivo conocidos.

4.2.2. MORTALIDAD DE PRE-ADULTOS

La mortalidad durante las dos primeras evaluaciones fue inferior al 10% y no presenta de manera clara una relación directa con la densidad. A partir de la tercera evaluación se puede apreciar un incremento en el número de individuos muertos y se observa una relación directa con la densidad, tal como se puede apreciar en la Fig.17.

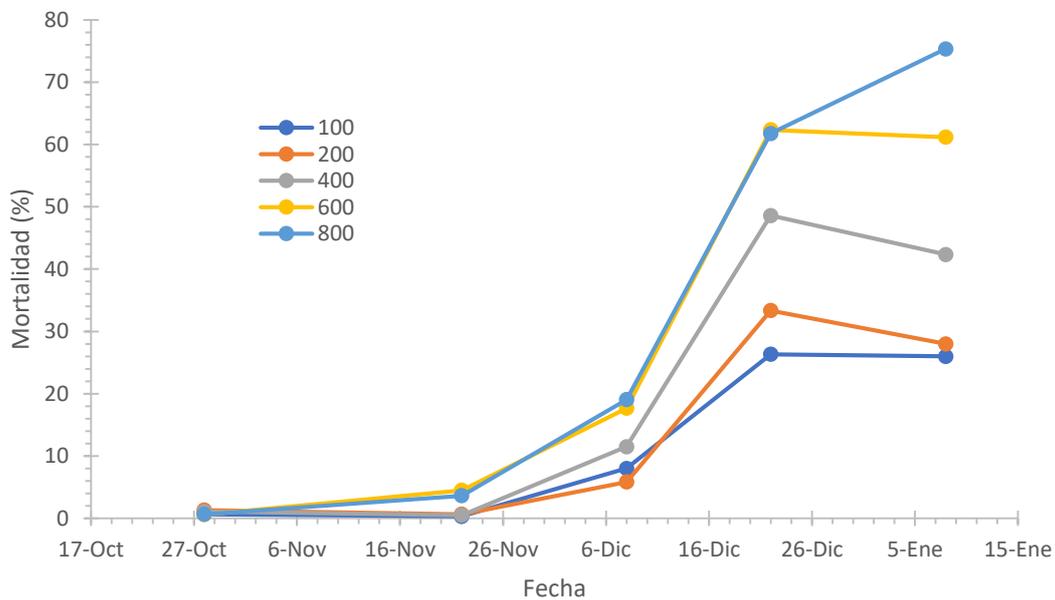


Figura 17. Mortalidad (%) de pre adultos de *Argopecten purpuratus* a diferentes densidades en Los Órganos.

Por otra parte, en las dos últimas evaluaciones los valores de mortalidad (%) fueron significativamente altos en comparación con las tres primeras evaluaciones (>50%), especialmente a altas densidades. Los valores altos de mortalidad, puede ser atribuida a los cambios bruscos de temperatura y oxígeno (Fig. 13 y 14).

El ANOVA aplicado solo con los datos de las tres primeras evaluaciones indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre densidades en al menos un valor de las medias de la mortalidad (%) (Anexo 23). La prueba de LSD Fisher (Anexo 24) mostro que no existen diferencias significativas en la mortalidad a densidades de 100 y 200 ind/piso, de manera similar con las densidades de 600 y 800 ind/piso ($p > 0.05$). Sin embargo, la densidad de 100 y 200 ind/piso muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) al ser comparadas con las densidades 400, 600 y 800 ind/pisos.

Similares resultados se han obtenido en los resultados de la investigación de Mendo et al., (2008) en La Tunga (Bahía Independencia) donde individuos juveniles de concha de abanico (pre adultos) con tallas iniciales a 10 mm tuvieron valores de mortalidad muy bajos (<10%) en los tres meses consecutivos una vez iniciado el experimento. Sin embargo, la mortalidad aumento conforme aumentaba su tamaño. Este mismo comportamiento ha sido observado por Cisneros y Arguelles (1996) en “Playa El Carbón” – Pucusana.

La falta de relación entre la densidad y la mortalidad en las primeras evaluaciones cuando los individuos son juveniles (< 20 mm) se debe probablemente a que los requerimientos energéticos y de espacio suministrados por el sistema para todas las densidades son adecuados aun cuando las densidades son altas. Conforme los individuos van creciendo, la competencia por espacio y alimento podría incrementar los valores de mortalidad, más aún si estos se encuentran a densidades altas. La tendencia positiva de la mortalidad durante el experimento podría explicarse debido a que una reducción de la cobertura de área por los individuos que crecen principalmente a altas densidades conduce a la irritación y retracción más frecuente del manto o del recinto de la válvula, lo que da como resultado un menor consumo de alimento (Cote et al., 1993).

Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, los cambios bruscos de temperatura y oxígeno disuelto días previos a realizarse la cuarta y quinta evaluación (22/12/2016 y

08/01/2017) podrían explicar mejor la alta mortalidad registrada en todos los tratamientos. Los valores de oxígeno disuelto estuvieron muy cercanos a cero y por varios días continuos por debajo de 1 mg/L (Fig. 13 y 14). Además, se presenció el ingreso de agua dulce alrededor de la zona de cultivo, debido a las lluvias por efecto del cambio estacional y el evento El Niño Costero pudiendo haber alterado la salinidad del medio.

Asimismo, adicional a ello no se debe descartar la posibilidad del incremento de la mortalidad debido a la introducción de una valva de un individuo en otro individuo (“envalvamiento”) observado mayormente en densidades de 600 y 800 ind/piso a causa de movimientos o corrientes fuertes en la zona, tal como lo reporta Taguchi (1979).

4.3. CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE ADULTOS

4.3.1. CRECIMIENTO DE ADULTOS

a. TASA DE CRECIMIENTO

La Tabla 4 y la Fig.18, muestran las tasas de crecimiento registradas en cada evaluación para individuos de diferentes tamaños sometidos a diferentes densidades. En promedio se puede apreciar una relación inversa entre la tasa de crecimiento y la densidad, sin embargo, la tasa de crecimiento promedio de los individuos sometidos a una densidad de 40 ind/piso presenta un valor más bajo de lo esperado, debido a que en este tratamiento se presentaron problemas en el manejo de los individuos y en el sistema suspendido. Asimismo, los resultados de la tercera evaluación no pudieron ser tomados debido a que no se encontraron individuos marcados a consecuencia de las altas mortalidades presentadas en estos meses.

Tabla 4 : Tasa de crecimiento promedio y desviación estándar de la concha de abanico para cada rango de talla y densidad registrada en la primera evaluación (del 14/10/16 al 11/11/16) y segunda evaluación (del 17/11/16 al 10/12/16) obtenidas del experimento de marcación de individuos adultos en Los Órganos, Piura

| Rango de talla (mm) | PRIMERA EVALUACION | | | | | | | | Valor de P ($\alpha = 0.05$) (*) |
|---------------------|--------------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|------------------------------------|
| | 10 ind/piso | | 20 ind/piso | | 40 ind/piso | | 60 ind/piso | | |
| | mm/día | sd | mm/día | sd | mm/día | sd | mm/día | sd | |
| 35-45 | 0.43 | 0.08 | 0.43 | 0.08 | 0.35 | 0.09 | 0.44 | 0.04 | 0.8368 |
| 55-65 | 0.21 | 0.06 | 0.18 | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.13 | 0.06 | 0.0001 |
| 70-80 | 0.14 | 0.06 | 0.1 | 0.06 | 0.09 | 0.04 | 0.09 | 0.07 | 0.048 |
| PROMEDIO | 0.26 | | 0.24 | | 0.17 | | 0.22 | | |

| Rango de talla | SEGUNDA EVALUACION | | | | | | | | Valor de P ($\alpha = 0.05$) |
|-----------------|--------------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|--------------------------------|
| | 10 ind/piso | | 20 ind/piso | | 40 ind/piso | | 60 ind/piso | | |
| | mm/día | sd | mm/día | sd | mm/día | sd | mm/día | sd | |
| 45-60 | 0.2 | 0.04 | 0.18 | 0.04 | 0.18 | 0.04 | 0.14 | 0.06 | <0.0001 |
| 60-70 | 0.08 | 0.05 | 0.07 | 0.03 | 0.06 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.005 |
| 70-80 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.06 | 0.03 | 0.0001 |
| PROMEDIO | 0.11 | | 0.1 | | 0.09 | | 0.09 | | |

*Valores obtenidos sin los datos del tratamiento de 40 ind/piso

Por otro lado, la tasa de crecimiento en la primera evaluación registrada para los individuos más pequeños (rango de talla de 35-45 mm) a diferentes densidades no presenta diferencias significativas ($P > 0.05$). Contrario a lo que se registró en los rangos de talla de 55 a 65 mm y 70 a 80 mm, en donde si existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento según la densidad de siembra ($P < 0.05$). Cabe mencionar que este análisis se efectuó excluyendo a los datos de 40 ind/piso por las razones mencionadas en el párrafo anterior. Para la segunda evaluación, la tasa de crecimiento registrada a diferentes densidades muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) para cada rango de talla (Fig. 18).

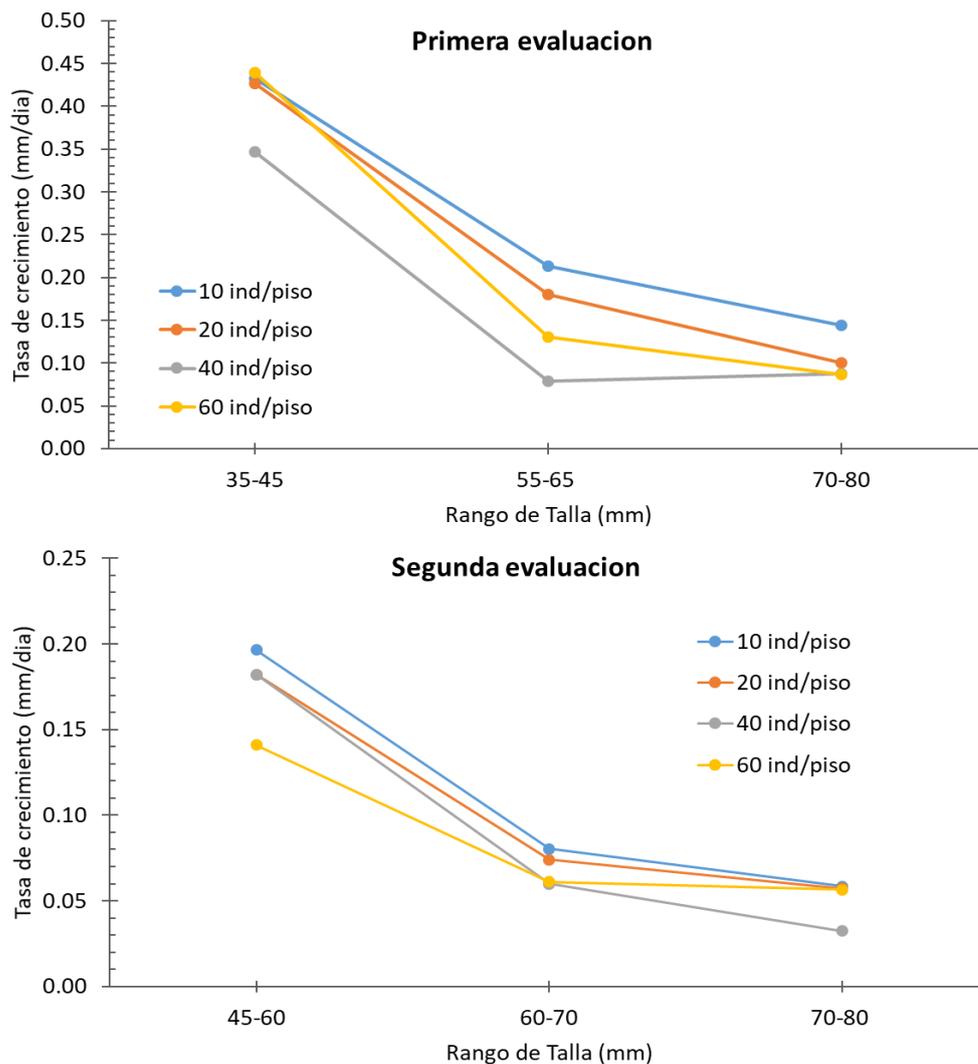


Figura 18 . Tasa de crecimiento (mm/día) de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) según talla y densidad de siembra para la primera y segunda evaluación en Los Órganos, Piura.

El análisis de variancia (ANOVA) aplicado a todos los datos de tasa de crecimiento de la primera evaluación (14/10/16 al 11/11/16) muestra que existen diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre tratamientos (Anexo 25). Por otro lado, la prueba de LSD Fisher ($p > 0.05$) (Anexo 26) muestra que no existen diferencias significativas en las tasas de crecimiento sometidos a densidades de 20 y 60 ind/piso. Sin embargo, la tasa de crecimiento de los individuos sometidos a densidades de 10 y 40 ind/piso si presentan diferencias significativas, de igual manera hay diferencia significativa si se comparan las densidades de 10 ind/piso con 20,40 y 60 ind/piso.

El análisis de variancia (ANOVA) aplicado para todos los datos de tasa de crecimiento de la segunda evaluación (del 17/11/2016 al 12/12/2016) muestra que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todos los tratamientos (Anexo 27). Por otro lado la prueba de LSD Fisher ($p > 0.05$) (Anexo 28) demostró que no existen diferencias significativas entre las densidades 10 y 20 ind/piso, de manera similar si comparamos las densidades de 40 y 60 ind/piso. Sin embargo, ambos grupos al ser comparadas si presentan diferencias significativas.

En ambas evaluaciones los resultados indican que la concha de abanico a una densidad de 10 ind/piso presenta en promedio mayores tasas de crecimiento. Asimismo, para la primera evaluación se podría llegar a inferir que sembrar 20 ind/piso resulta tasas de crecimiento similar a 60 ind/piso. De igual manera para la segunda la segunda evaluación los resultados indican que sembrar 10 ind/piso obtienen tasas de crecimiento similar a 20 ind/piso y sembrar 40 ind/piso obtienen tasas de crecimiento similar a 60 ind/piso.

Diversos estudios han demostrado la relación inversa entre la tasa de crecimiento y la densidad de siembra tanto para *Argopecten purpuratus* como para otros bivalvos. (Rodhes y Widman, 1984; Ventilla, 1982; Ysla et al., 1987; Cisneros y Arguelles, 1996; Lodeiros et al., 2001; Mendo et al., 2002; Cano, 2004; Alcázar y Mendo, 2008). La sobrecarga de individuos dentro de los sistemas de confinamiento, puede incrementar la competencia de alimento, limitando el crecimiento, a su vez afectando la ganancia en peso del músculo abductor (Chandler, 1983).

Resultados obtenidos por Mendo et al., (2002) en La Tunga (Bahía Independencia) a una profundidad similar, mencionan que no hay diferencias significativas en las tasas de crecimiento de concha de abanico para una talla inicial de 27.9 mm y a densidades de 20, 40 y 80 ind/piso. Similar a lo obtenido en la primera evaluación del presente estudio, con individuos de un rango de talla de 35-45 mm.

La tasa de crecimiento registrada en la segunda evaluación, aun cuando se realizó un mes después, en promedio difieren y son menores a los reportados en la primera evaluación para cada densidad (Fig 18). Ello puede ser atribuido a que los individuos utilizados para la segunda evaluación, los mismos que se usaron en la primera evaluación, fueron organizados en rangos de tallas superiores a la evaluación anterior, debido a su notable

incremento en talla después de un mes. Asimismo, a partir de la segunda evaluación se evidenció en todas las linternas una notable fijación de la especie *Pteria sterna* (Anexo 34), La fijación de epibiontes en las linternas, al cubrir gran parte de los espacios libres altera el flujo de agua hacia el interior, en consecuencia disminuye el suministro de alimento, la tasa de ingestión y la disponibilidad de oxígeno, pudiendo afectar el crecimiento y la supervivencia de los individuos del experimento (Avendaño y Cantillanez, 1989; Pacheco y Garate, 2005; Villaroel et al., 2004; Hincapie y Cárdenas, 2007; Navarro, 2001).

b. ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

La Fig.19 muestra el ploteo de Gulland y Holt para todas las densidades y se observa un buen ajuste entre la tasa de crecimiento y la talla media.

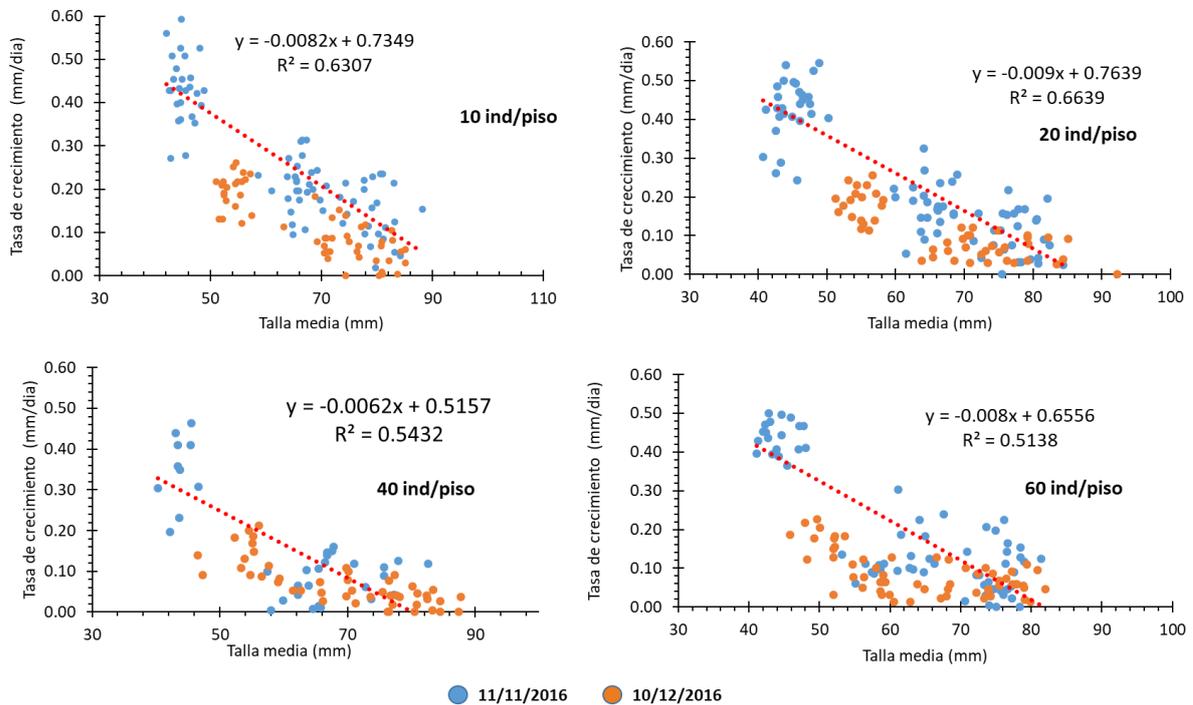


Figura 19. Ploteo de Gulland y Holt (1959), con los individuos marcados que fueron sometidos a diferentes densidades (D1 = 10 ind/piso, D2 = 20 ind/piso, D3 = 40ind/piso, D4=60 ind/piso) de los dos primeros experimentos de adultos en Los Órganos.

La Tabla 5 muestra los parámetros de crecimiento obtenidos de la ecuación de Von Bertalanffy (K , L_{∞} y t_0) así como el índice de crecimiento “ ϕ “ (Pauly y Munro, 1951) para cada densidad. Las curvas de crecimiento para cada densidad se muestran en la Fig. 20, las cuales muestran igualmente una relación inversa con la densidad,

Tabla 5 : Parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy e índice de crecimiento (ϕ) de la concha de abanico de Los Órganos, Piura

| Coefficientes | 10 ind/piso | 20 ind/piso | 40 ind/piso | 60 ind/piso |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| a | 0.735 | 0.764 | 0.516 | 0.656 |
| b | -0.008 | -0.009 | -0.006 | -0.008 |
| K (mm/año) | 2.99 | 3.29 | * 3.09 | 2.92 |
| L_{∞} (mm) | 89.62 | 84.88 | 83.41 | 81.95 |
| t_0(años) | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.10 |
| ϕ | 4.38 | 4.37 | 4.33 | 4.29 |

*Obtenido usando valor promedio de PHI y Linf.

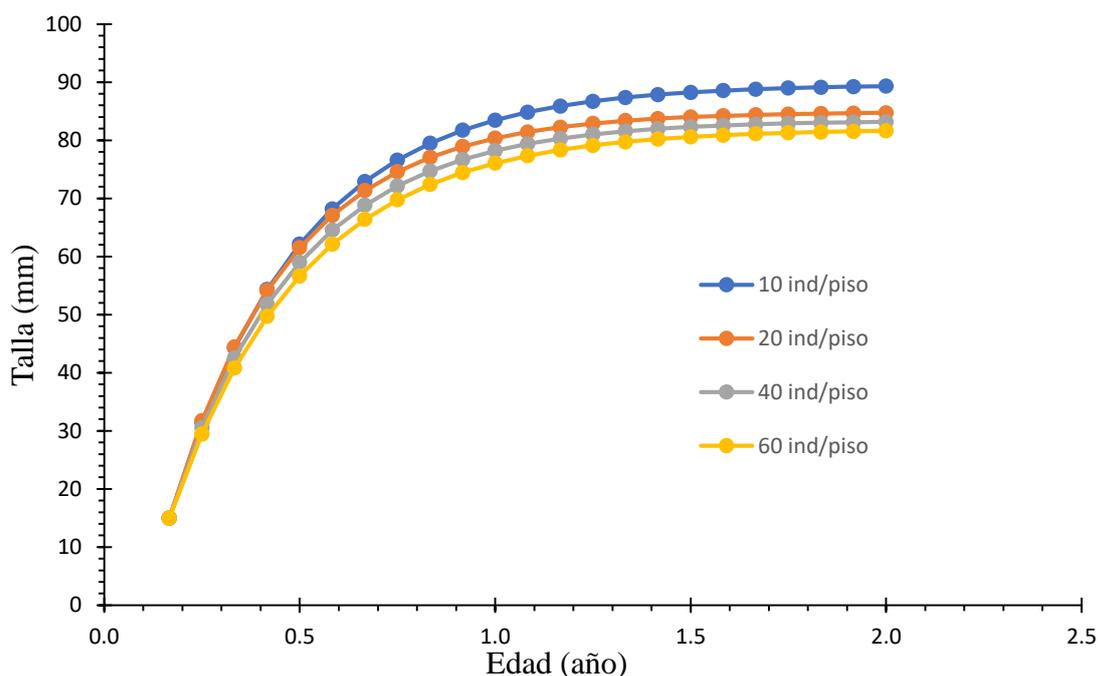


Figura 20. Curva de crecimiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) sometido a diferentes densidades en el experimento de adultos en Los Órganos, Piura.

La Tabla 6 muestra los parámetros de crecimiento de adultos de *Argopecten purpuratus*, en sistema suspendido a diferentes densidades, obtenidos por otros autores usando diversos métodos. Los parámetros de crecimiento obtenidos en este trabajo, son similares

a los valores reportados por otros autores (Yamashiro y Mendo, 1988; Wolff, 1981; Wolff, 1987; Mendo y Jurado, 1993; Tarazona et al., 2007; Imarpe, 2012).

Tabla 6 : Parámetros de crecimiento (K, L_∞, φ) de *Argopecten purpuratus* a diferentes densidades en sistema suspendido disponible en la literatura

| DENSIDAD (Ind/m ²) | Prof. (m) | K (1/año) | L _∞ (mm) | φ | Lugar | Metodo | Ref. |
|--------------------------------|-----------|-----------|---------------------|------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 10 | 7 | 1.7 | 98 | 4.21 | Playa "El Carbón", Pucusana | ELEFAN | Cisneros y Arguelles, 1996. |
| 20 | | 2.2 | 102 | 4.36 | | | |
| 40 | | 1.6 | 95 | 4.16 | | | |
| 20 | 5 | 3.29 | 83.1 | 4.36 | Bahía Independencia | Modelo de regresión no lineal | Mendo et al., 2002 |
| 40 | | 3.65 | 77.1 | 4.34 | | | |
| 80 | | 5.11 | 67.6 | 4.37 | | | |
| 10 | 5 | 2.99 | 89.62 | 4.38 | Los Órganos, Piura | Gulland y Holt | El presente estudio |
| 20 | | 3.29 | 84.88 | 4.37 | | | |
| 40 | | 2.26 | 83.18 | 4.19 | | | |
| 60 | | 2.92 | 81.95 | 4.29 | | | |

El valor de “φ” (Pauly y Munro, 1951; Vakily, 1990), que permite conocer la eficacia del crecimiento en talla de la concha de abanico, varió entre 4.19 - 4.38, y es similar a lo obtenido en otros estudios (Tabla 5). Estos resultados corroboran lo mencionado anteriormente en relación a las tasas de crecimiento, que la concha de abanico en la zona de Órganos presenta una productividad tan igual o mejor que en otras zonas de la costa peruana como Bahía Independencia y Pucusana.

4.3.2. MORTALIDAD DE ADULTOS

La Tabla 7 muestra los resultados del porcentaje de mortalidad a diferentes densidades para cada rango de tallas de las dos últimas evaluaciones. Cabe mencionar que en la primera evaluación la mortalidad fue nula para todas las unidades experimentales. Además, se puede apreciar que la mortalidad (%) muestra relación directa con la densidad de siembra y el rango de talla, Asimismo, para la tercera evaluación la mortalidad aumenta considerablemente.

Tabla 7 : Porcentaje de mortalidad para cada densidad y rango de talla de individuos adultos de *Argopecten purpuratus* registrada en cada evaluación en Los Órganos

| Talla (mm) | Densidad (ind/piso) | | | |
|--|---------------------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 |
| Segunda evaluación del 17/11/16 al 10/12/16 | | | | |
| 35-45 | 3.3 | 1.7 | 5 | 5.6 |
| 55-65 | 6.7 | 6.7 | 7.5 | 5.6 |
| 70-80 | 13.3 | 13.3 | 11.3 | 13.3 |
| PROMEDIO | 7.8 | 7.2 | 7.9 | 8.1 |
| Tercera evaluación del 10/12/16 al 05/01/17 | | | | |
| 45-60 | 16.7 | 33.3 | 46.7 | 36.1 |
| 60-70 | 53.3 | 58.3 | 71.7 | 67.8 |
| 70-80 | 33.3 | 21.7 | 42.5 | 51.1 |
| PROMEDIO | 34.4 | 37.8 | 53.6 | 51.7 |

El análisis de variancia (ANOVA) aplicado a todos los datos de mortalidad (%) en la segunda evaluación muestra que no existen diferencias significativas ($p>0.05$) entre tratamientos (Anexo 29), En ese sentido, existe evidencia estadística para afirmar que la mortalidad no se ve afectada por la densidad de siembra en individuos adultos de *Argopecten purpuratus*.

Sin embargo, el análisis de variancia (ANOVA) aplicado a todos los datos de mortalidad (%) en la tercera evaluación muestra que existen diferencias significativas ($p<0.05$) entre tratamiento. La prueba de LSF Fisher ($p>0.05$) muestra que existe diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad de los individuos a densidades de 10 y 20 ind/piso. Sin embargo, existe diferencias significativas de las densidades 10 y 20 ind/piso si son comparadas con 40 y 60 ind/piso. Además, hay diferencias significativas entre las densidades 40 y 60 ind/piso.

La Tabla 8, muestra los valores obtenidos de mortalidad natural para cada densidad y rango de talla de la segunda y tercera evaluación del experimento de adultos de *Argopecten purpuratus*.

Tabla 8 : Valores de la tasa de mortalidad natural de *Argopecten purpuratus* calculado en las fechas del 17/11 hasta al 10/12 del 2016 en Los Órganos, Piura

| Rango de tallas (mm) | Tasa Mortalidad Natural (M) | | | |
|--|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | 10 ind/piso | 20 ind/piso | 40 ind/piso | 60 ind/piso |
| Segunda evaluación (del 17/11 al 10/12) | | | | |
| 35-45 | 0.53 | 0.26 | 1.72 | 0.88 |
| 55-65 | 1.06 | 1.06 | 2.38 | 0.88 |
| 70-80 | 2.12 | 2.12 | 1.98 | 2.12 |
| PROMEDIO | 1.23 | 1.15 | 1.26 | 1.29 |
| Tercera evaluación (del 10/12 al 05/01) | | | | |
| 45-60 | 2.34 | 4.68 | 6.55 | 5.07 |
| 60-70 | 7.49 | 8.19 | 10.06 | 9.51 |
| 70-80 | 4.68 | 3.04 | 5.97 | 7.18 |
| PROMEDIO | 4.84 | 5.3 | 7.53 | 7.25 |

No existen estudios sobre la mortalidad de adultos de concha de abanico en Los Órganos o zonas aledañas bajo condiciones similares al presente experimento. Salvo una experiencia en Talara, en donde se siembran individuos con talla inicial de 40 mm con una densidad de 400 ind/piso y entre los meses de Noviembre del 2010 a Abril del 2011, la mortalidad oscilo entre 19.75 y 21.63 %. (Olano y Navarro, 2014), aunque por la naturaleza del estudio no es posible realizar comparaciones con el presente trabajo.

Mendo et al., (2002) manifiesta que la supervivencia de individuos adultos de *Argopecten purpuratus* en La Tunga, Bahía Independencia en sistema suspendido a una densidad de 20,40 y 80 ind/piso desde Junio a Octubre fueron de 99.8%, 99.8% y 100% respectivamente. Es decir, el porcentaje de mortalidad bajo esas condiciones fue prácticamente “0”, similar a los resultados de la primera evaluación.

Ysla et al (1988) reportan una mortalidad de 40 y 37% para *Argopecten purpuratus* sembrados a 138 y 210 ind/m² en la bahía de Paracas en un periodo de 299 días, y la atribuyen en buena parte al manipuleo durante los controles quincenales. Sin embargo, en el preste estudio, se tuvo cuidado en la manipulación de individuos de tal manera que estén fuera del agua solamente cuando era necesario.

Uno de los factores que podrían atribuir la alta mortalidad observada en los individuos adultos durante la última evaluación se explica con la ocurrencia del evento anóxico de 14 y 24 de diciembre (Fig 14), relacionado al evento El Niño Costero (2016-2017) (EFEN

2017 b). Pudiendo haber conllevado a un estrés y posible muerte de los individuos, tal como lo mencionan diversos autores respecto a que valores menores a 1 mg/L de oxígeno disponible, presentando condiciones de hipoxia, siendo críticos para el desarrollo de invertebrados marinos (Cabello et al., 2002; Mendo y Wolff, 2003).

El incremento de temperatura es uno de los principales factores que induce al desove de *A. purpuratus*., debilitándolos y siendo más vulnerables ante cualquier cambio brusco (Uriarte et al., 2001). Tal como se observa en la Fig 14, a partir de la quincena de diciembre la temperatura del mar disminuye progresivamente. Sin embargo, a partir del 24 de diciembre se evidencia un incremento brusco de esta, lo cual podría haber ocasionado un debilitamiento y posterior mortalidad en los individuos adultos de *Argopecten purpuratus*.

Además de ello es importante mencionar que los ejemplares usados para el experimento, fueron trasladados de Sechura a Los Órganos y en su gran mayoría se presentaron epibiontes en las valvas de estas (Anexo 31). Adicional a lo mencionado, tal como se reportó anteriormente, se observó una gran fijación de postlarvas de concha perla (*Pteria sterna*) en todas las linternas de cultivo (Anexo 34). La fijación de abundantes epibiontes y abundantes pre adultos fijados en la parte externa e interna de las linternas podría tener dos efectos: 1) mayor competencia por el alimento, cuya abundancia se vería afectada por la ocurrencia del fenómeno El Niño Costero y 2) mayor competencia por el oxígeno en el interior de las linternas, cuyos valores habrían bajado a niveles drásticos (Dugganm, 1973; Avendaño y Catellanez 1989 ; Mallet and Carver, 1991; Olano y Navarro, 2014).

4.4. PRODUCCIÓN EN BIOMASA

4.4.1. BIOMASA DEL MÚSCULO ABDUCTOR

La producción de la biomasa a partir del peso del músculo abductor en relación a la talla y la edad de los adultos de *Argopecten purpuratus* se presenta en la Figura 21. En ella se muestra una relación inversa entre la densidad y la biomasa. Una densidad de 10 ind/piso podría genera una producción máxima de 143 toneladas de músculo abductor en un tiempo de engorde de 10 meses.

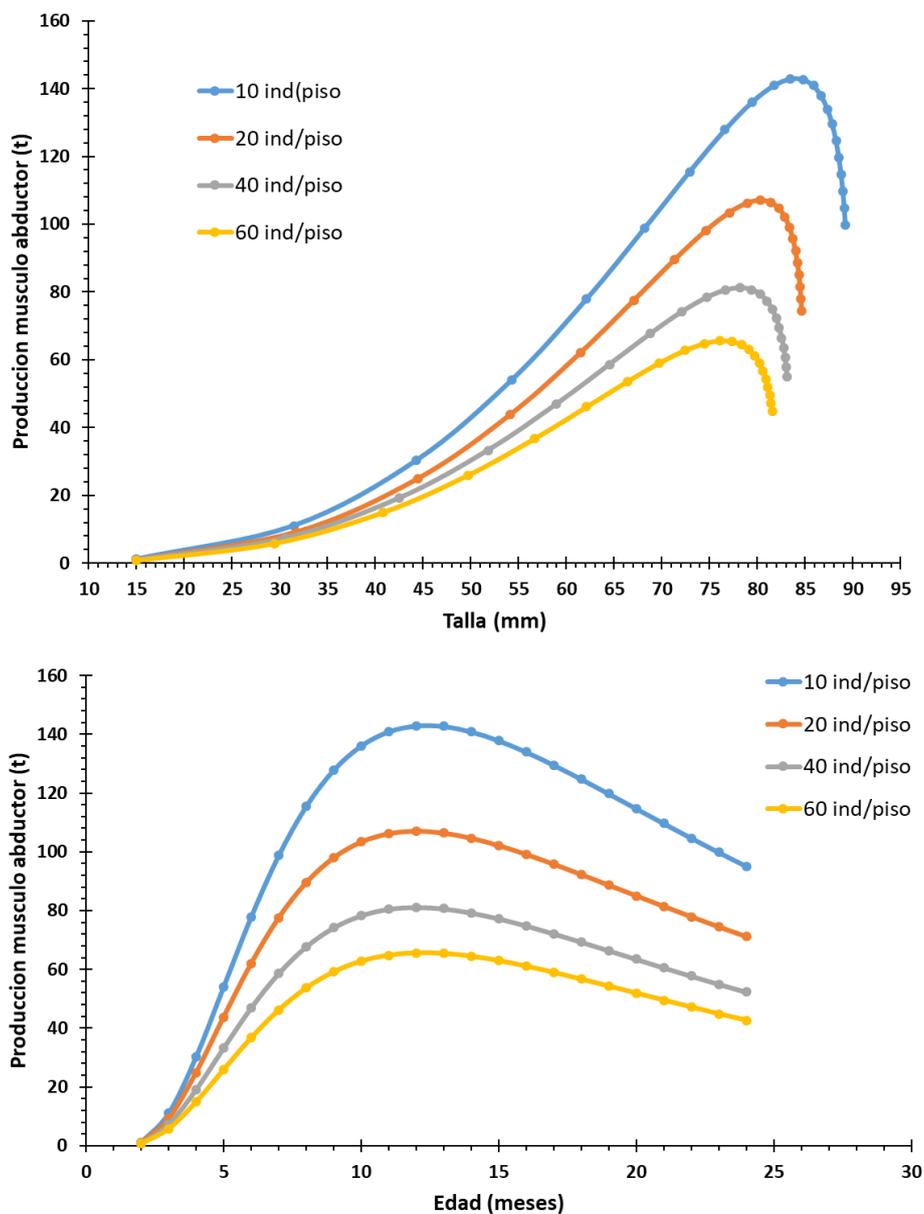


Figura 21. Curvas de la producción de biomasa del músculo abductor (t) de *Argopecten purpuratus* obtenidas mediante el modelo de Thompson y Bell para cada densidad de siembra.

La producción va disminuyendo conforme la densidad aumenta, las densidades de siembra de 20,40 y 60 ind/piso podrían generar en el mismo tiempo producciones máximas de 107, 81 y 66 toneladas respectivamente. Asimismo, se muestra que la talla a estos niveles máximos de producción es mayor conforme disminuye la densidad de siembra, para densidades de 10,20,40 y 60 ind/piso se observan tallas de producción máxima de 83, 80, 78 y 76 mm respectivamente.

Tabla 9 : Biomasa máxima de músculo abductor, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra

| VARIABLE | DENSIDAD DE SIEMBRA (ind/piso) | | | |
|--|--------------------------------|-------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 |
| Biomasa Máx (B_{max}, t) | 143 | 107 | 81 | 66 |
| Talla a la B_{max} (mm) | 83 | 80 | 78 | 76 |
| Tiempo de engorde a la B_{max} (mes) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Indicador de productividad (t /mes) | 14.29 | 10.71 | 8.12 | 6.56 |

En la Tabla 9 se muestra un análisis comparativo de la producción por unidad de tiempo, en donde se puede apreciar que a una densidad de 10 ind/piso es posible alcanzar una producción máxima de 14.29 toneladas al mes y esta va disminuyendo conforme aumenta la densidad.

4.4.2. BIOMASA DEL MÚSCULO ABDUCTOR + GÓNADA

La Fig.22 muestra la producción de biomasa a partir del peso del músculo abductor incluyendo la gónada en relación a la talla y la edad de los adultos de *Argopecten purpuratus*. Similar al análisis anterior, se muestra una relación inversa de la producción de la biomasa y la densidad de siembra.

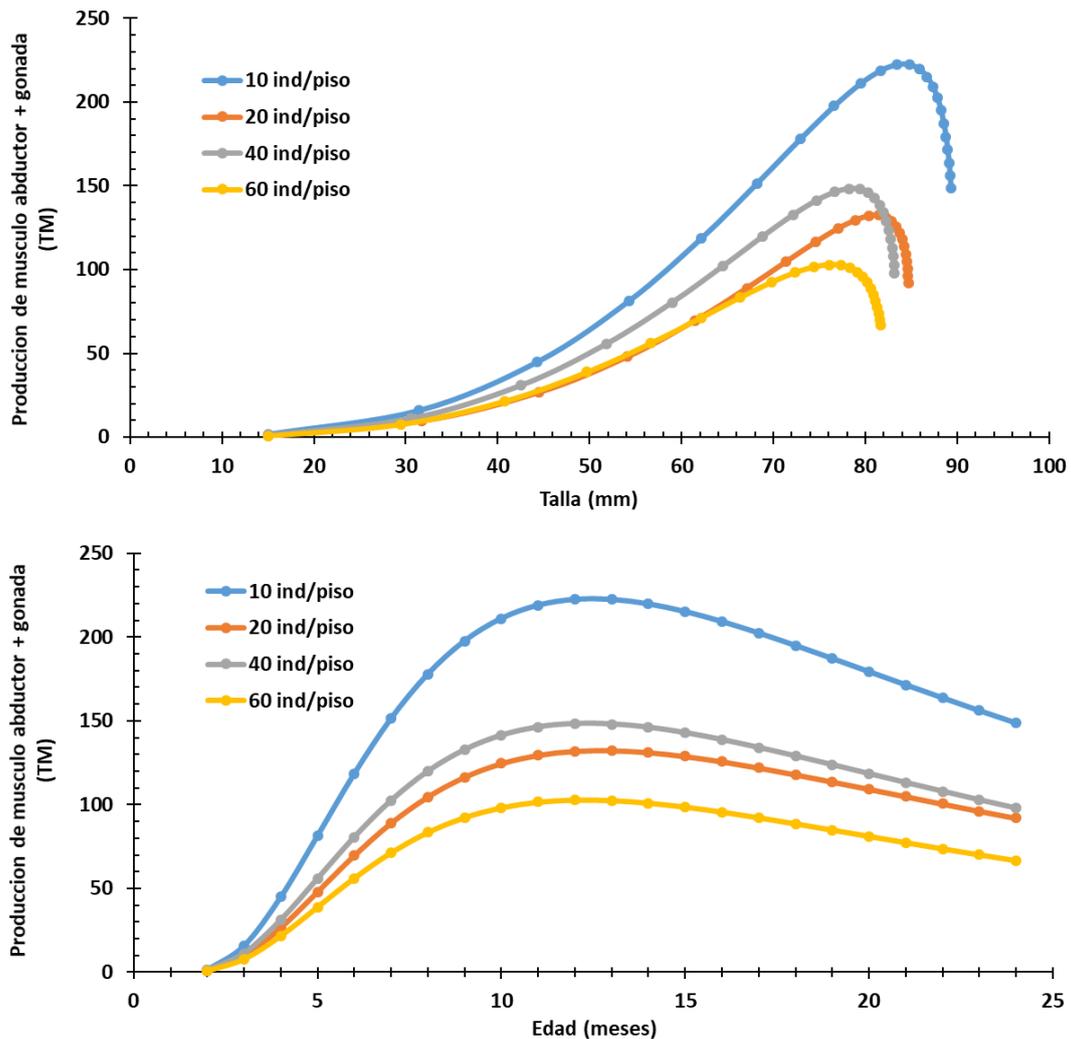


Figura 22. Curvas de la producción de la biomasa del músculo abductor + gónada (t) de *Argopecten purpuratus* obtenidas mediante el modelo de Thompson y Bell para cada densidad de siembra.

Sin embargo, los resultados de la producción de la biomasa de músculo abductor + gónada de una densidad de 40 ind/piso muestran una curvatura superior a quienes fueron sembrados a una densidad e 20 ind/piso. Ello podría ser atribuido a que la variable “ peso de gónada” esta siendo incluida en este análisis para todas las densidades, ocasionando un incremento del rendimiento no necesariamente proporcional a la densidad de siembra.

Pese a ello, se observa en la Figura 22 que a una densidad de siembra de 10 ind/piso la producción de músculo abductor + gónada podría obtener un rendimiento máximo de 222.39 toneladas. De igual manera densidades de 20,40 y 60 ind/piso podrían obtener un

rendimiento máximo en la producción de 132.35, 148.30 y 102.84 toneladas respectivamente.

De manera similar, la Tabla 10 muestra que una densidad de 10 ind/piso podría brindar rendimientos máximos de 22.24 toneladas al mes y este rendimiento va disminuyendo conforme aumenta la densidad.

Tabla 10 : Biomasa máxima de músculo abductor + gónada, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra

| VARIABLES | DENSIDAD DE SIEMBRA (ind/piso) | | | |
|--|--------------------------------|--------|-------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 |
| Biomasa Máx (B_{max}, t) | 222.39 | 132.35 | 148.3 | 102.84 |
| Talla a la B_{max} (mm) | 83.46 | 81.44 | 78.82 | 76.08 |
| Tiempo de engorde a la B_{max} (mes) | 10 | 11 | 10 | 10 |
| Indicador de productividad (t/mes) | 22.24 | 12.03 | 14.83 | 10.28 |

Muchos factores podrían estar incidiendo en las curvas de producción, de tal manera que no se presenten conforme lo desarrolla la literatura, para este análisis el crecimiento en peso que incluye músculo abductor + gónadas, podrían presentar valores fluctuantes ajenos al efecto de la densidad. Cano (2004) menciona que la evolución del peso de la gónada de *Argopecten purpuratus* en el tiempo presenta una variación aleatoria e impredecible; sin embargo, sí obedece a una relación inversa con la densidad. Por otro lado, Cueto (2016) menciona que las variables fisicoquímicas tienen mayor influencia sobre el índice gonado-somático de *Argopecten purpuratus* cuando están en sistema suspendido, especialmente la hipoxia y la saturación de oxígeno; además del efecto de la fase lunar.

Ello nos llevaría a concluir que para la producción de músculo abductor + gónada, la densidad de 10 ind/piso presentaría mayores niveles de rendimiento máximo muy por encima de las otras densidades. Asimismo, la densidad de 40 ind/piso podría generar niveles de producción similares, incluso superior al de 20 ind/piso.

4.5. VALOR ECONOMICO DE LA BIOMASA

4.5.1. VALOR DE LA BIOMASA DE MÚSCULO ABDUCTOR

La Figura 23 muestra que la curva del valor de la biomasa de músculo abductor disminuye conforme aumenta la densidad de siembra, asimismo muestra una relación directamente proporcional a la talla o tiempo de cosecha hasta alcanzar su máximo rendimiento en valor, luego disminuye conforme aumenta la talla y el tiempo. Las tallas de cosecha recomendadas son 85, 81, 79 y 77 mm para las densidades de siembra de 10,20,40 y 60 ind/piso respectivamente.

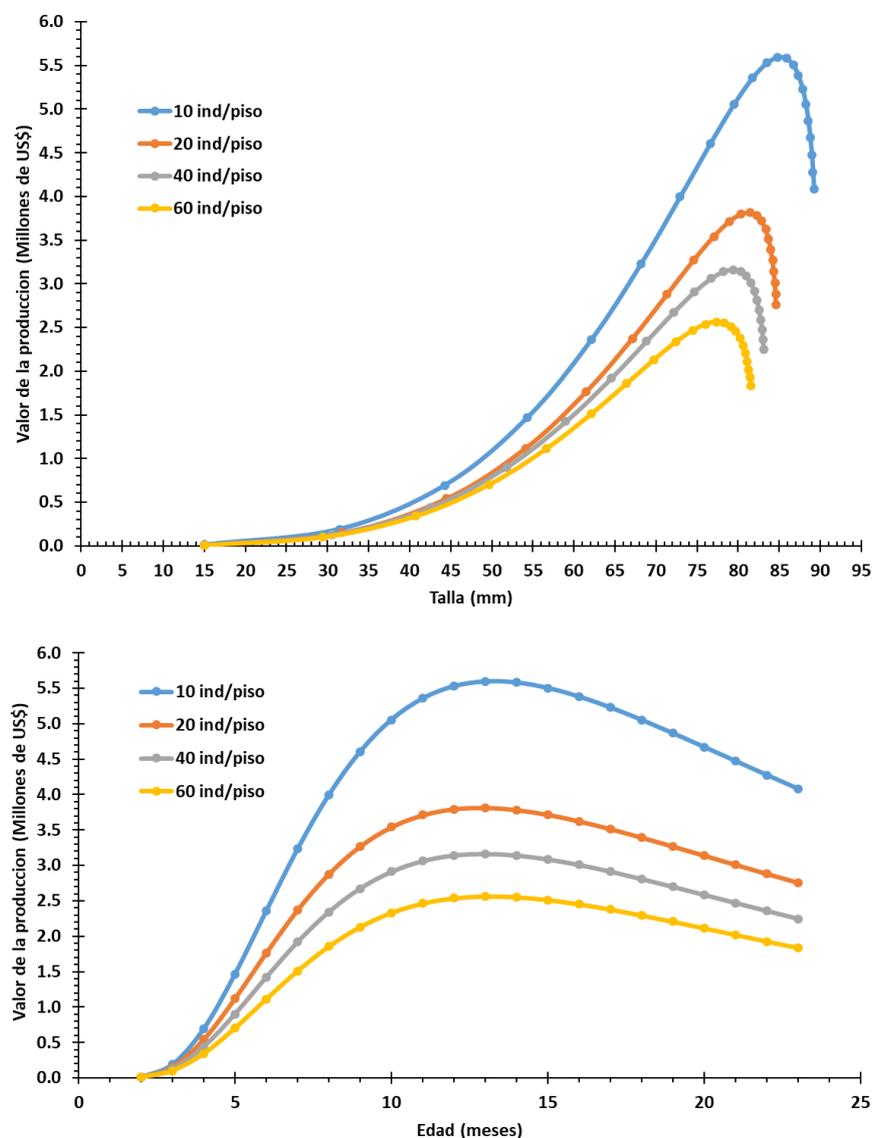


Figura 23. Curvas del valor de la biomasa del músculo abductor (Miles de US\$) obtenidas mediante el modelo de Thompson y Bell para cada densidad de siembra.

El tiempo recomendado para obtener un máximo valor de la biomasa en todos los tratamientos es de 11 meses, siendo superior por un mes al ser comparado con el tiempo necesario para obtener un máximo rendimiento en biomasa. Adicionar un mes al tiempo de cosecha estaría generando ingresos adicionales de 66.9, 19.1, 21.7, y 26.04 miles de US\$ para las densidades de 10, 20, 40 y 60 ind/piso.

En ese sentido, se podría llegar a concluir que mantener el cultivo de *Argopecten purpuratus* por un mes adicional, podría generar mayores ingresos debido a que el precio de este incrementa conforme incrementa el tamaño y peso del músculo abductor.

Tabla 11 : Valor de biomasa máxima de músculo abductor + gónada, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra

| VARIABLES | DENSIDAD DE SIEMBRA (ind/piso) | | | |
|---|--------------------------------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 |
| Valor de la biomasa máxima (VB_{max}, Mill US\$) | 4.43 | 3.09 | 2.5 | 2.03 |
| Talla al valor de la biomasa máxima (mm) | 85 | 81 | 79 | 77 |
| Tiempo de engorde al valor de la biomasa máxima (t, mes) | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Indicador de productividad económico (Mill US\$/mes) | 0.44 | 0.28 | 0.23 | 0.18 |

Por otro lado, la Tabla 11 se muestra mayores índices de productividad económico en la densidad de 10 ind/piso, muy superior a las demás densidades de siembra. Esto podría atribuírsele al incremento del precio en relación al aumento de la talla de cosecha, individuos sembrados a densidades bajas estarían generando tallas de cosecha mayores en un mismo tiempo, por tal se obtendrían mejores rendimientos económicos.

4.5.2. VALOR DE LA BIOMASA DEL MÚSCULO ABDUCTOR + GÓNADA

La Fig.24 muestra que el valor de la biomasa del músculo abductor + gónada disminuye conforme aumenta la densidad de siembra, a excepción de la densidad de 20 ind/piso que presenta un valor de la producción menor a los que fueron sometidos a 40 ind/piso.

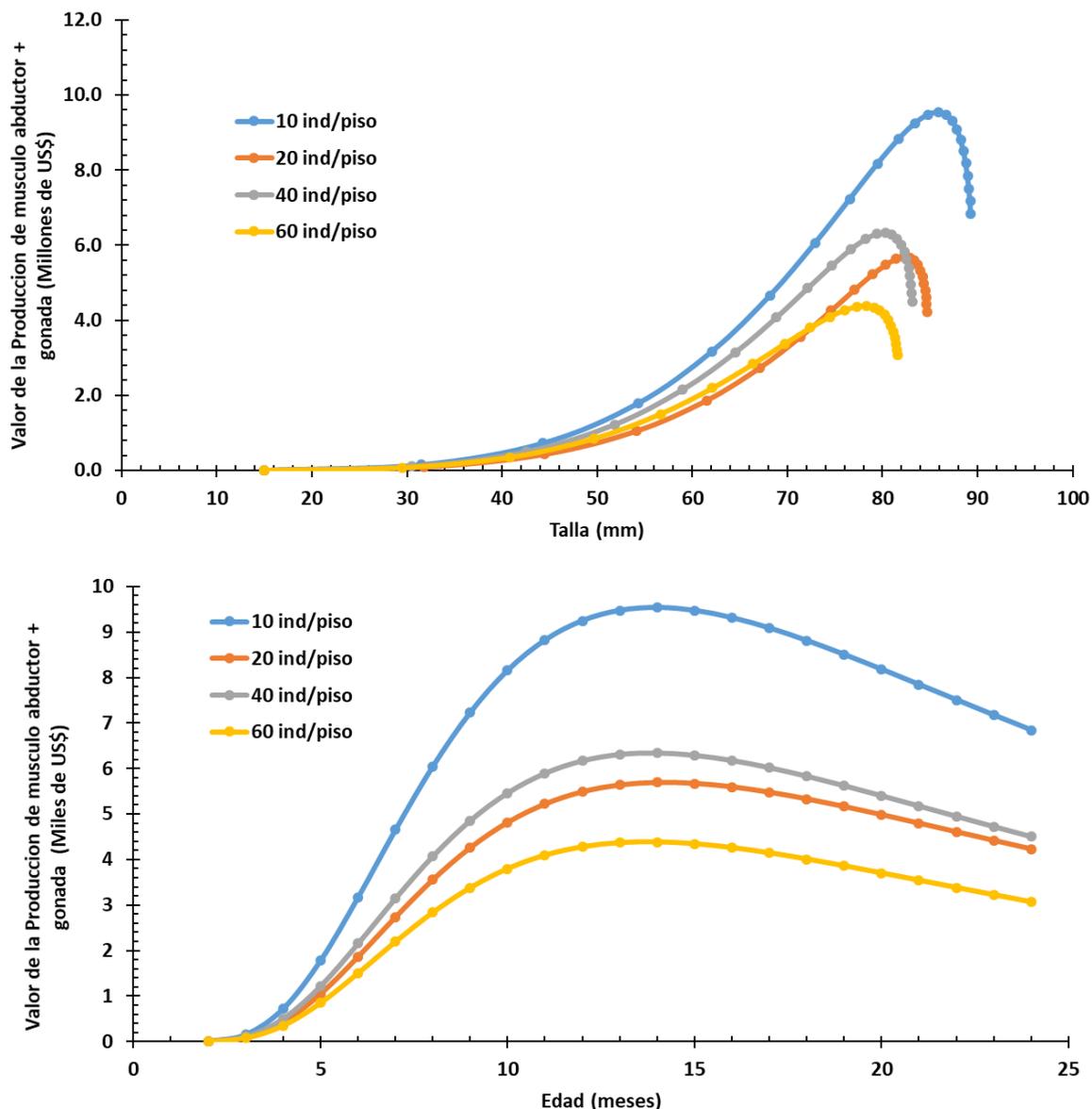


Figura 24. Curvas del valor de la biomasa (miles de US\$) del músculo abductor + gónada en relación a la talla y edad de concha de abanico sembradas a diferentes densidades en el experimento de adultos en Los Órganos –Piura, usando el modelo de Thompson y Bell.

El tiempo recomendado en el que se podría obtener un máximo valor de rendimiento de la biomasa de gónada + músculo abductor es de 12 meses en todas las densidades de siembra, siendo superior por 02 meses al ser comparado con el tiempo necesario para obtener un máximo rendimiento en biomasa de músculo abductor + gónada, salvo en la densidad de 20 ind/piso, el cual requiere de 11 meses para obtener un máximo valor de biomasa. Alcanzar el tiempo de valor máximo de rendimiento estaría generando ingresos adicionales de 286, 54.5, 171.2 y 106.9 miles de US\$ a densidades de 10,20,40 y 60 ind/piso.

En ese sentido, se podría llegar a concluir que mantener el cultivo de músculo abductor + gónada de *Argopecten purpuratus* por 02 meses adicional al tiempo estimado para obtener un rendimiento máximo de biomasa estaría generando ingresos mayores.

Tabla 12 : Valor de biomasa máxima de músculo abductor + gónada, talla de cosecha y tiempo de cosecha para cada densidad de siembra

| VARIABLES | DENSIDAD DE SIEMBRA (ind/piso) | | | |
|---|--------------------------------|-------|------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 |
| Valor de la biomasa máxima (VB_{max}, Mill US\$) | 9.53 | 5.69 | 6.34 | 4.38 |
| Talla al valor de la biomasa máxima (mm) | 85.88 | 82.26 | 80.3 | 78.34 |
| Tiempo de engorde al valor de la biomasa máxima (t, mes) | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Indicador de productividad económica (Mill de US\$/mes) | 0.79 | 0.47 | 0.53 | 0.37 |

Asimismo, en la Tabla 12 se muestra que el indicador de productividad económico es elevado en 10 ind/piso y disminuye conforme aumenta la densidad de siembra. Menores densidades estarían generando un mayor incremento en la biomasa de músculo abductor + gónada, por tal un aumento en el precio debido al código.

Las Tablas 11 y 12 además nos muestran que al ser comparados los indicadores económicos de producción de músculo abductor y músculo abductor + gónada, este último muestra valores superiores, pese a que el precio de venta del primero es superior al precio del segundo. Esto podría deberse a que los niveles de producción de biomasa de músculo abductor + gónada son superiores a la producción de biomasa de solamente músculo abductor, siendo compensado pese a tener un precio menor. Sin embargo, es necesario efectuar estudios más detallados de costos, de tal manera que se incluyan los costos de producción y procesamiento. Los valores de producción de músculo abductor y músculo abductor + gónada para cada densidad de siembra, talla y tiempo de cosecha pueden apreciarse en los anexos del 13 al 20.

En síntesis, la densidad de 10 ind/piso genera mayores valores productivos y económicos, sin embargo, es necesario un análisis de costos, pues sembrar densidades de 10 individuos/piso ocasiona un mayor costo que si son sembrados en 20 o 40/piso. La mejor

manera para determinar una densidad adecuada es incluyendo los gastos y evaluando la utilidad que este podría generar, tal como se menciona en Mendo et al., 2010. Estos resultados pueden ser usados como base para la elaboración de estudios de prefactibilidad en la producción de concha de abanico en la zona de Los Órganos.

Son pocos los trabajos en el Perú que han utilizado el modelo de Thompsom y Bell para estimar la producción de la biomasa y su valor económico en maricultura dado que su enfoque original es para el manejo de los recursos (Sparre y Venema, 1997;Wolff y Mendo, 2000; Mendo y Wolff, 2002;Skrabonja y Mendo,2002). Sin embargo, se cuenta con publicaciones como las de Mendo et al., (2010) en donde se menciona que el modelo podría determinar la biomasa y beneficio económico en relación a la talla de cosecha y a la densidad de siembra en áreas de repoblamiento.

V. CONCLUSIONES

- Hay una relación inversa entre la densidad de siembra y la tasa de crecimiento de *Argopecten purpuratus* tanto en pre adultos como en adultos en Los Órganos, Piura. El crecimiento de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos es similar al de otras zonas donde se desarrolla su cultivo, por lo que en términos productivos es posible desarrollar su cultivo en esta zona.
- La tasa de mortalidad presentó una relación inversa con la densidad de siembra solo en individuos pre adultos.
- La biomasa máxima de musculo abductor presenta una relación inversa con la densidad y la talla que registra su máximo valor es 83, 80, 78 y 76 mm en aproximadamente 10 meses a densidades de 10, 20,40 y 60 individuos por piso, respectivamente.
- La biomasa máxima de musculo abductor + gónada presenta una relación inversa con la densidad y la talla que registra su máximo valor es de 83.5, 81.4, 78.8 y 76 mm en aproximadamente 10 meses a densidades de 10, 20,40 y 60 ind/piso, respectivamente.
- El valor de la biomasa de musculo abductor registra su máximo valor en un tiempo de 11 meses a una talla de 85, 81, 79 y 77 mm a densidades de 10,20,40 y 60 ind/piso respectivamente.
- El valor de la biomasa de musculo abductor + gónada registra su máximo valor en un tiempo de 12 meses a una talla de 85.88, 82.26, 80.30 y 78.34 mm a densidades de 10,20,40 y 60 ind/puso respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Replicar esta investigación entre los meses de abril a junio para complementar el presente estudio y conocer la producción en biomasa en todas las estaciones del año.
- Incluir en el análisis los costos operativos de producción con la finalidad de determinar la densidad óptima de siembra que genere una utilidad máxima.
- Analizar el efecto de la incrustación de *Pteria sterna* en las linternas de cultivo sobre el crecimiento y mortalidad de concha de abanico.
- Elaborar un proyecto de producción piloto de semilla (pre-adultos) de *Argopecten purpuratus* en cultivo suspendido orientado a diversificar la producción de los pescadores artesanales.
- Desarrollar estudios sobre las condiciones bio-oceanográficas frente a los Órganos con la finalidad de evaluar el efecto de estos parámetros en la producción de *Argopecten purpuratus*.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Aguirre, A. (2007). Influencia de la calidad nutricional del seston sobre el crecimiento, condición reproductiva y composición química de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). Tesis Ing. Pesquero. Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, 97 p.

Aguirre, A.; Flye-Sainte-Marie, J.; Mendo, J.; Jean, F. (2015). Sclerochronological records and daily microgrowth of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*, Lamarck, 1819) related to environmental conditions in Paracas Bay, Pisco, Peru. J. Sea Res. 99: 1-8.

Aguirre, A. & Flye, Marie (2019). Ciclo de vida de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330938339_Ciclo_de_vida_de_la_concha_de_Abanico_Argopecten_purpuratus

Álamo, V. & Valdivieso, V. (1997). Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Boletín Inst. Mar Perú. Vol. Extraordinario. 205 pp.

Alcázar, J. & Mendo, J. (2008). Crecimiento y supervivencia de juveniles de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) cultivados a diferentes densidades en sistema de fondo y suspendido en la zona de Casma (Ancash – Perú). In : Ecol. Apl. (7) p: 81-87.

Anderson, J.J.; A. Okubo; A.S. Robbins & A. Richards. 1982. A model for nitrite and nitrates distributions in oceanic oxygen minimum zones. Deep-Sea Research (29): 1113-1140.

Avendaño, M. & M. Cantillánez. (1989). Comparación del crecimiento de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en sistemas de cultivo suspendido en la bahía de Mejillones del Sur, Chile. Infor. Tecn de Invest. Pesq. 153:115.

Avendaño, M. . & Catillánez, M. (1996). Efectos de la pesca clandestina, sobre *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), en el banco de la Rinconada. II Región Universidad de Antofagasta, Departamento de Acuicultura. Antofagasta – CH. Cien. Tec.Mar. 19,p:57-65..

Avendaño, M.; Cantillanez, M.; Le Pennec, M.; Lodeiros, C. and Freitas, L. Suspension culture of Iberoamerican Scallops. (2001). In: Maeda – Martinez (2001) ,Los Moluscos Pectinidos en Iberoamerica, Cap 10.p21

Badjeck, M.C.; Mendo, J.M Wolff, M. & Lange, H. (2009). Climate variability and the Peruvian scallop fishery: Climate Change, 94:211–232.

Benites, C. (1988). El Desarrollo de la Maricultura en el Peru con Enfasis en la Concha de Abanico (*Argopecten purpuratus*) y Langostinos (*Penaeus vannamei*).pp: 196-201. In: Zaledel, H. y Landa, A. (1988). Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. Extr., 382 pp.

Benites, C.; Samame, M.; Mendez, M.; Yamashiro, C.; Valdivieso, V. (1995). Evaluación del recurso concha de abanico en el área del Callao, Julio 1985. Inf. Prog. Instituto del Mar del Peru No. 10, p. 31.

Bermúdez P.; J. Maidana; H. Aquino & A. Palomino. (2004). Manual de cultivo suspendido de concha de abanico. AECI/PADESPA – FONDEPES. Lima, Perú.

Boynton, W.; Kemp, E.; Keefe, C. (1982). A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production. In Estuarine Comparisons Kennedy, V. (eds). Academic press, New York, pp:69-90.

Broom, M. & Manson, J. (1978). Growth and spawning in the pectinid *Chlamys opercularis* in relation to temperature and phytoplankton concentration. Mar. Biol., 47:227-285.

Cabello R.; Tam, J. & Jacinto, M. (2002). Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de Paracas (Pisco,

Peru) en junio del 2000. Facultad de Ciencias Biologicas UNMSM. Rev. Peru. Biol. 9(2): 49-65 .

Cabrera, P.& Mendo, J. (2011). Condición somática y reproductiva de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) y su relación con variables ambientales, en la Bahía de Sechura, Piura. In: Mendo, J. (Ed.), Libro de Resúmenes del Seminario “Bases científicas y tecnológicas para incrementar la productividad del cultivo de concha de abanico en áreas de repoblamiento en la bahía de Sechura”, Piura 11 noviembre 2010. Proyecto FINCYT-Contrato Nro. 01-2009, pp: 23-28.

Cano, L. (2004). Analisis biológico y Economico del engorde de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en cultivo suspendido a diferentes densidades en la zona de Casma. Tesis para optar el titulo de Ingeniero Pesquero. Facultad de Pesqueria. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de : <https://epic.awi.de/id/eprint/28586/1/Can2004b.pdf>

Chandler, K. (1983) . Bay scallops: A mariculture species whose time has come. Aquaculture Magazine 9(6):16-20.

Cisneros, R.; Bautista, J. & Arguelles, J. (2008). Crecimiento comparativo de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en sistemas suspendidos. Ecol. apl. [online]. 2008, vol.7, n.1-2, pp.81-87. Recuperado de : http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162008000100011&script=sci_abstract)

Coté J., Himmelman J.H., Claereboudt M., & Bonardelli J.C. (1993). Influence of density and depth on the growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1857 - 1869.

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (EFEN). (2017). Comunicado oficial Efen N°010-2012. Recuoerado de: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_comenf_comu_ofi10_enf_06nov2012.pdf.

Cloern, J. (1982). Does the benthos control phytoplankton biomass in south San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9, pp: 191-202.

Cisneros, R. & Arguelles, J. (1996). Cultivo experimental de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (L.) a diferentes densidades y profundidades en sistema suspendido. Informe progresivo. *Inst. Mar. Per.* N°22. pp: 3-16. Recuperado de : <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/903/1/IP%2022.pdf>

Coker, R.E., (1907a). Condición en que se encuentra la pesca marina desde Paita hasta bahía de la Independencia. *Boletín del Ministerio de Fomento* Año VI, N.º 2, 30 de noviembre de 1907, pp. 89_117.

Coker, R.E., (1907b). Condición en que se encuentra la pesca marina desde Paita hasta bahía de la Independencia. *Boletín del Ministerio de Fomento* Año VI, N.º 3, 30 de noviembre de 1907, pp. 54_95.

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (EFEN). (2017). Comunicado oficial Efen N°03-2017. Estado del sistema de alerta : Alerta de El Niño Costero. 4 p. Recuperado de <https://www.dhn.mil.pe/Archivos/oceanografia/enfen/comunicado-oficial/03-2017.pdf>

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) (2016). Informe Técnico ENFEN. Año 2, N°1. Monitoreo y pronóstico de El Niño y La Niña. Recuperado de : <https://www.dhn.mil.pe/Archivos/oceanografia/enfen/informe-tecnico/01-2016.pdf>

Dame, R.; Zingmark, R.; Stevenson, H.; Nelson, D. (1980). Filter feeder coupling between the estuarine water column and benthic subsystems. In: Kennedy, V.S. (ed.) *Estuarine perspectives*. Academic Press, New York, p. 521-526.

Duggan W.P. (1973). Growth and survival of the bay scallop, *Argopecten irradians*, at various locations in the water columns and at various densities. *Proceeding of the National Shellfisheries Association*. 63: 68-79.

Eche, A.; León, W.; Mendo, J. (2010). Crecimiento y mortalidad de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) sembrada en sistema de fondo a diferentes densidades frente a parachique, Bahía Sechura. In: Mendo, J. (2010). (Eds). Bases científicas y tecnológicas para incrementar la productividad del cultivo de concha de abanico en áreas de repoblamiento en la Bahía de Sechura. Libro de Resúmenes. Proyecto FINCYT-Contrato Nro 01-2009.

Espesúza, R. (1985). Análisis de la extracción y procesamiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la provincia de Pisco durante 1983 (año anormal). Tesis. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.

Flores, G.; Cordova, J.; Ledesma, J.; Robles, C. (1998). Características químicas y de clorofila "a" del mar peruano durante el otoño 1998. Crucero Bic Humbolt 9803-05 de Tumbes a Tacna. Inst. Mar del Peru. Informe N° 135. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. Callao, PE.

Gonzalez Hunt, R., (2010). Auge y crisis: la pesquería de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la región Pisco-Paracas, costa sur del Perú. Espacio y Desarrollo N° 22, 2010, pp: 25-51.

Grau, G. (1959). Pectinidae of the Eastern Pacific. Allen Hancock Pacific Expeditions. University of Southern California Press. Los Angeles. CA. V.23 pp: 308.

Green, M.M., (1979). A review of fishery biology and culture of scallops. Department of Fisheries, Washington, Tech. Rep. 39, 99 pp.

Gulland, J. & Holt, S. (1959). Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. J. Cons. CIEM. 25 Cap1, p.47-9.

Helm, M. & Bourne, N. (2004). Hatchery culture of bivalves. A practical manual. FAO fisheries technical paper 471. Roma, IITL.

Hincapie – Cardenas, C. (2007). Microbiofouling on open-ocean submerged aquaculture cages in Puerto Rico. Master of Science in Marine Science. University of Puerto Rico. Recuperado de : <https://search.proquest.com/docview/304773261>

Imai, T. (1978). Aquaculture in Shallow Seas: Progress in Shallow Sea Culture. Rotherdam, A.A. Balkema. 288-364 pp.

Intituto del Mar del Peru (IMARPE). (2012). Estudio bio-oceanografico para determinacio´n de la capacidad de carga en la Bahía de Sechura. Informe Final. Instituto del Mar del Peru-Callao. Contrato N° 83-2011-PRODUCE-UE01. P: 267.

Ito, H., Tanaka, S.; Sakai, Y. (1986). “Hotate-gai” (Japanese scallop). (In Jpn). Senkai yoshoku (Tokyo).pp: 419-445.

Kamykowski, D. & S.-J. Zentara. 1990. Hypoxia in the world ocean as recorded in the historical data set. Deep-Sea Research (37): 1861-1874

Kirby-Smith, W. & Barber, R. (1974). Suspension-feeding aquaculture systems: effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the Bay scallop. Aquaculture, 3. pp:135-145.

Kluger, L.; Wolff, M.; Mendo, J. (2017). Estimando Niveles Sostenibles en la Acuicultura de bivalvos en la Bahía de Sechura (Norte del Perú). Informe de politicas 2017/1. Leibniz Centre For Tropical Marine Research. Recuperado de : https://www.leibniz-zmt.de/images/content/pdf/Policy_Briefs/Policy_brief_Kluger_Peru_SPANISH.pdf

Ledesma, J. & Flores, G. (2011). Condiciones hidroquimicas del mar peruano en Otoño 2003. Crucero Bic Olaya 0305-06. Inst.Mar del Peru. Informe, Vol 38, Numero 2. “ La merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* Ginsburg evaluada en el otoño del 2003. Callao, PE.

León, R. (2015). Crecimiento de la concha de abanico a diferentes densidades en áreas de repoblamiento de Bahía Sechura. SASCA (Sustainability analysis of scallop culture in Sechura bay). Resultados preliminares invierno del 2014 (Julio-Setiembre). Recuperado de: https://mosetip.files.wordpress.com/2015/04/leon_piura2015.pdf.

Lodeiros, C.; A. Maeda-Martinez, A.; Freitas, L.; Uribe, E.; Lluch-Cota, D.; Sicard, M. (2001). Ecofisiología de pectinidos iberoamericanos. pp. 1 – 25- En Maeda-Martinez (ed.) (2001). Los moluscos pectinidos en Iberoamerica: Ciencia y Acuicultura. Editorial Limusa Mexico, 501 p.

Mallet, A.L. & Carver, C.E. (1991). An assessment of strategies for growing mussels in suspended culture. *Journal of Shellfish Reserach* 10, 471-477

Mendo, J & Jurado, E. (1992). Length-based growth parameter estimates of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*). Instituto del Mar del Peru, IMARPE. Fisheries Research, 15 (1993)pp: 357-367. Callao-PE.

Mendo, J. (2010). Asistencia técnica para la evaluación del potencial de stocks de conchas de abanico. Informe Final. Proyecto UE-PERU/PENX. ALA/2004/016-913. Unión Europea-MINCETUR. Pp: 1-42.

Mendo, J. & Wolff, M. 2002. Pesquería y manejo de la concha de abanico en la Bahía Independencia. In: Mendo, J. & Wolff, M. 2002. Memorias I Jornada Científica. Bases ecológicas y socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE. pp: 188–194.

Mendo, J.; Cosavalente, C.; Tam, J.; Bandin, R. (2002). Growth and survival of the peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) in suspended cultures in Independencia Bay (Pisco, Peru). In: Mendo, J. & Wolff, M. (2002). Memorias I Jornada Científica. Bases ecológicas y socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE. p.: 188–194.

Mendo, J. & Wolff, M. (2003). El impacto de el Niño sobre la producción de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco, Perú. *Ecología Aplicada* 2 (1).

Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., Gonzales, I., Badjeck, M., (2008). Manejo y explotación de los principales banos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa peruana. In: Lovatelli, A., Farías, A., Uriarte, I. (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 agosto 2007, Puerto Montt, Chile, vol. 12. FAO Actas de Pesca y Acuicultura, pp. 101_114.

Mendo, J.;Orrego, H.; Del Solar, A. (2010). Estimación de la biomasa y beneficio económico en *Argopecten purpuratus* en relación a la talla de cosecha y a la densidad de siembra en la Bahía de Sechura, Piura. In: Mendo, J. (2010). Bases científicas y tecnológicas para incrementar la productividad del cultivo de concha de abanico en áreas de repoblamiento en la Bahía de Sechura.

Mendo, J; Wolff, M; Mendo, T; Ysla, L. (2016). Scallop Fishery and Culture in Perú. In *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*. 3 ed. Oxford. p: 1089-1106.

Mendo, J; Ysla, L; Orrego, H; Miglio, M; Gil, P; Del Solar, A. (2011). Manual técnico para el repoblamiento de concha de abanico en la Bahía de Sechura., Lima, 2011. Proyecto FINCyT. Contrato N° 01-2009. pp:100.

Mendo, J; Ysla, L; Orrego, H; Tomaylla, R. (2001). Manual técnico para el cultivo y manejo integral de la concha de abanico. Programa APGEP- SENREM. Lima-PE. pp: 74

Mina L.; R. Bandin & J. Zavala. (2002). Monitoreo de algunas variables ambientales y abundancia larval de *Argopecten purpuratus* en la Reserva Nacional de Paracas entre enero del 2.000 y febrero del 2.001. En: Mendo J. y M. Wolff (eds.). *Memorias de la I Jornada Científica, Reserva Nacional de Paracas*. Universidad Nacional Agraria La Molina. pp: 40-44.

Mina, L. (1997). Curso de capacitación al pescador artesanal “ Tecnología del cultivo de la concha de abanico”. Pisco – PE.

Mina, L. (1998a). Desarrollo de la maricultura en Pisco. Seminario Internacional Maricultura y Áreas de Manejo. San Juan de Marcona 29-30 agosto. San Juan de Marcona: Instituto Huayuna – Proyecto Pesca Artesanal.

Mina, L. (1998b). Estudio diagnóstico, productivo y ambiental del área de concesión para el cultivo de la concha de abanico de la empresa ENZOMAR, durante el período 1993-1996. Tesis. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.

Minas, H.J.; B. Coste; M. Minas & P. Raimbault. 1990. Conditions hydrologiques, chimiques et production primaire dans les upwellings du Pérou et des îles Galapagos, en régime d’hiver austral (capagne Paciprod). *Oceanologica Acta* (10): 383-391

MINISTERIO DE PESQUERIA (MIPE) (1992). Maricultura de moluscos. Boletín de información técnica, documento (2), Lima-Perú, 35 P.

MINISTERIO DE PESQUERIA (MIPE). (1984). El recurso concha de abanico y su explotación, Región pesquería IV. Pisco- Perú, 10 p.

Ministerio de la Producción (PRODUCE). (2013). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2013. Recuperado de : <https://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2013.pdf>

Ministerio de la Producción (PRODUCE) (2017). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017. Recuperado de: http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca_2017.pdf

Ministerio de la Producción (PRODUCE) (2017). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015. Recuperado de :

<https://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2015.pdf>

Ministerio de la Producción (PRODUCE). (2013). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2016. Recuperado de : <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/775-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2016>

Morales, W.S. (1993). Cuidemos el mar que es nuestro terminando la explotación irracional de los productos marinos y protejamos los ecosistemas de la Reserva Nacional de Paracas– Manuscrito. Pisco, p. 71. Citado por: Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., Gonzales, I., Badjeck, M., 2008. Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa peruana.

Murphy, R. (1925). Bird islands of Peru. New York and London: Putnam. Recuperado de : <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v042n02/p0284-p0285.pdf>

Navarro, J. (2001). Fisiología energética de pectinidos Iberoamericanos. En: A. Maeda-Martínez (Ed.), Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura, D.D., Mexico : Limusa. pp: 61-76.

Navarro-Piquimil, R., L. Sturla-Figueroa, O. Cordero y M. Avendaño. (1991). Chile. pp:1001-1015. En : S.E. Shumway (ed.). Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier. Amsterdam.

Pacheco, A. & Garate, A. (2005). Biofouling in *Argopecten purpuratus* culture structures at samanco bay, peru. ecología aplicada, 4(1,2), 2005. p(149-152). Recuperado de : <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v4n1-2/a20v4n1-2.pdf>

Pauly, D. & Munro, JL. (1984). Once more one growth comparison in fish and invertebrates. Fishbye 2(1):21.

Peña, J. (2002). Taxonomía, morfología, distribución y hábitat de los pectínidos iberoamericanos. In: Maeda, A., y Martínez .ed. 2002. Los Moluscos Pectínidos de Iberoamerica : Ciencia y Acuicultura. Capítulo 1, pp: 1-25.

Pocklington, R. 1981. Organic matter in upwelling off Northern Perú, November 1977. Bol. Inst. Mar Perú (Vol. extraordinario ICANE): 7-14.

PRODUCE 2014. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Consultado el 13 de Julio del 2016. Disponible en: <http://www.produce.gob.pe/index.php/estadisticas/anuarios-estadistico>.

Proleón, J. & Mendo, J. 2002. Estrategia adoptada por los pescadores artesanales ante el reclutamiento masivo de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, 1997–2000 Pisco. En: J. Mendo y M. Wolf (eds) Memorias de la I Jornada Científica de la Reserva Nacional de Paracas, 28–31 Marzo Pisco. del 2001. Univ. Nac. Agraria La Molina.

Rodhes, E. y Widman, J. 1984. Density – dependent growth of the Bay Scallop (*Argopecten irradians irradians*), in suspensión culture. International Council for the Exploration of the sea, Copenhagen-Denmark. 12p.

Sanchez, S.; Quispe, J.; Mendoza, J. (2017). Variabilidad del plancton y efectos de El Niño y La Niña sobre el fitoplancton. 2016-2016. Inst. Mar del Peru. Informe, Vol 44, Num 1. pg: 14-19. Callao, PE.

Sanzana, J. (1978). Estudios preliminares del ostión *Chlamys purpurata* (Lamarck, 1819) en la zona de Valparaíso. Tesis Escuela de Ciencias del Mar y de los Alimentos. Universidad Católica de Valparaíso. 57 pp.

Sparre, P y Venema, S. (1997). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper. Nº 306.1, Rev. 2. Rome.

Sanches, L. (2019). Analisis sectorial de la cadena de valor, bajo el enfoque value links, para la concha de abanico en la Bahia de Sechura. Tesis para optar el titulo de Ingeniero

Pesquero. Facultad de Pesquería. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de : <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3273/sanchez-cuellar-luis-alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Taguchi, K. (1979). Scallop culture (*Patinopecten yessoensis*). Manual for its Operation and Management. Overseas Fishery Cooperation Foundation. 76p.

Tarazona, J., Espinoza, R., Solis, M., Arntz, W., (2007). Growth and somatic production of the fan scallop (*Argopecten purpuratus*) in Independencia Bay, Pisco (Peru) during El Niño and La Niña events. Rev. Biol. Mar. Oceanografía 42, 275-285.

Takahashi, K. (2014). El índice Costero El Niño (ICEN): Historia y actualización, Avances de investigación. Recuperado de: http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2014/ElNino_v2_27_03_2014_7.pdf

Thompson, WF. y Bell, FH. (1934). Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Report of the International Fisheries (Pacific Halibut) Commission 8.

Toro, J; Montoya, V; Gutierrez, D; Vergara, A. (2010). Consecuencias de la autofecundación sobre la tasa de crecimiento y supervivencia de *Argopecten purpuratus*. Arch Med Vet 42, 63 – 70.

Uriarte, I.; Rupp, G. y Abarca, A. (2001). Producción de juveniles pectinidos iberoamericanos bajo condiciones controladas pp.147-171. In: Maeda-Martinez (ed) 2002. Los Moluscos Pectinidos de Iberoamerica: Ciencia y Acuicultura, Editorial Limusa, Mexico. 501 p.

Vahl, O. (1973). Efficiency of particle retention in *Chlamys islandica* (O.F. Muller). Astarte 6:21-25.

Vakily, J.M. (1990), Determination and comparison of growth in bivalves, with emphasis on Thailand and other tropical areas. ICLARM Tech. Rep. 36, 125 p.

- Ventilla, R. (1982). The scallop industry in Japan. *Adv. Mar. Biol.* 20:310-383.
- Vildoso, A. & N. Chirichigno. (1956). Contribución al estudio de la «concha de abanico» *Pecten purpuratus* LAMARCK en el Perú. *Pesca y Caza*, 7: 1-26.
- Villaroel, E., Buitrago, E., Lodeiros, C. (2004). Identificación de factores ambientales que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo suspendido en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ* 14(1):28-35.
- Waller, T., (1969). The evolution of the *Argopecten gibbus stock* (Mollusca: Bivalvia), with emphasis on the tertiary and quaternary species of eastern North America. *J. Paleontol.* 43, 1-125.
- Wolff M. (1985). Abundancia masiva y crecimiento de pre-adultos de la concha de abanico Peruana (*Argopecten purpuratus*) en la zona de Pisco bajo condiciones de “El Niño” 1983. pp. 87-90. In: Arntz, W., A. Landa u J. Tarazona (eds.). “El Niño y su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol.extr.
- Wolff, M. (1988). Spawning and recruitment in the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Mar. Eco l. Prog. Ser.* (42), p.213–217.
- Wolff, M. y Mendo, J. (2000). Management of the Peruvian bay scallop (*Argopecten purpuratus*) metapopulation with regard to environmental change. *Aquat. Conserv. Mar. Freshwater Ecosys.* 10, 117-126.
- Wolff, M., (1981). Die Nutzung von Muscheln an der Südküste Perus. Diplomarbeit IFM/CA. Universita't zu Kiel, Kiel, p. 110.
- Wolff, M., (1987). Population dynamic of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during the El Nino phenomenon of 1983. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44, 1684_1691.
- Wolff, M; Taylor, M; Mendo, J; Yamashiro, C. (2007). A catch forecast model for the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) based on estimators of spawning and settlement rate, *Ecol. Model.* 209 (2-4): 333-341.

Wolff M. & Wolff R. (1983). Observations on the utilization and growth of the pectinid *Argopecten purpuratus* in the fishing area of Pisco, Perú. Bol. Inst. Mar Peru. 7(6): 197-235

Yamashiro, C. and Mendo, J., (1988). Crecimiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, Perú, pp. 163-168. In: H. Salzwedel and A. Landa (Editors), Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Bol. Extraord. Inst. Mar Perú, Callao, 382 pp.

Yamashiro, C., J. Rubio, E. Jurado, E. Auza, M. Maldonado, P. Ayón y E. Antonietti. (1990). Evaluación de la población de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco, Perú (20 de febrero-04 de marzo de 1988). Informe 98 Inst. Mar Peru- Callao: 58 pp.

Yamashiro, C., Mendo, J., (1988). Crecimiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, Perú. In: Salzwedel, H., Landa, A. (Eds.), Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Boletín, Instituto del Mar del Perú, Callao, pp. 163-168. , Vol. Extraordinario.

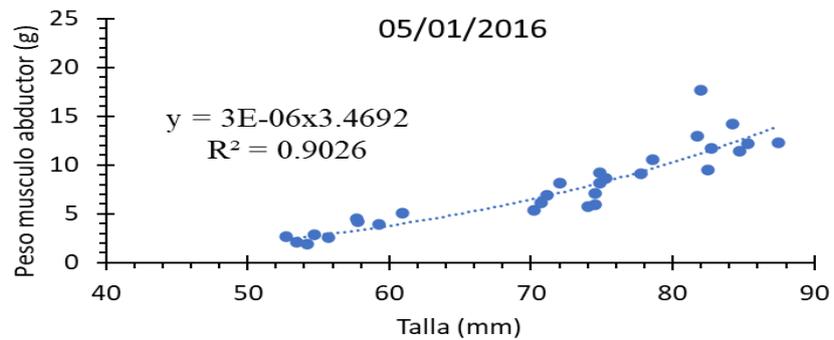
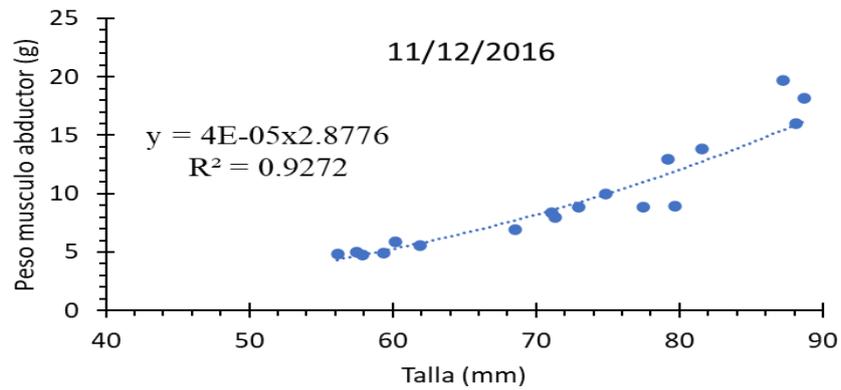
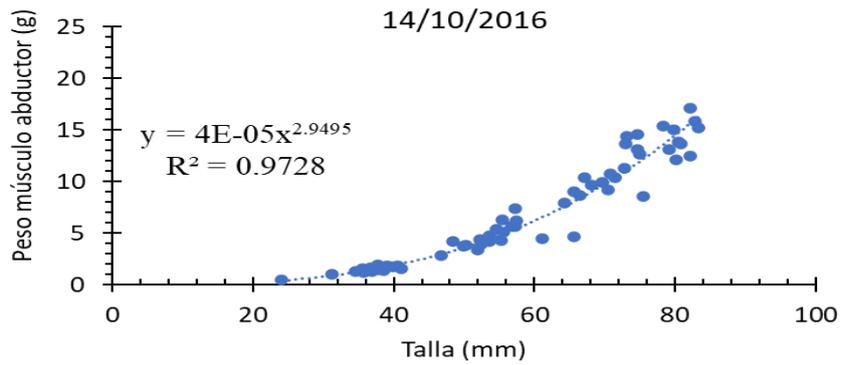
Ysla L., Ventura V. & Nava H. (1987). Determinación de la densidad y profundidad de crianza en cultivos suspendidos para la concha de abanico *Argopecten purpuratus*, pp. 701 – 718. En: G. Llerena (Ed). Anales Científicos UNALM XXVI (3-4), Lima –Perú.

Zinsmeister, W.J., 1982. Late Cretaceous-early Tertiary molluscan biogeography of the Southern Circum-Pacific. J. Paleontol. 56 (1), 84-102.

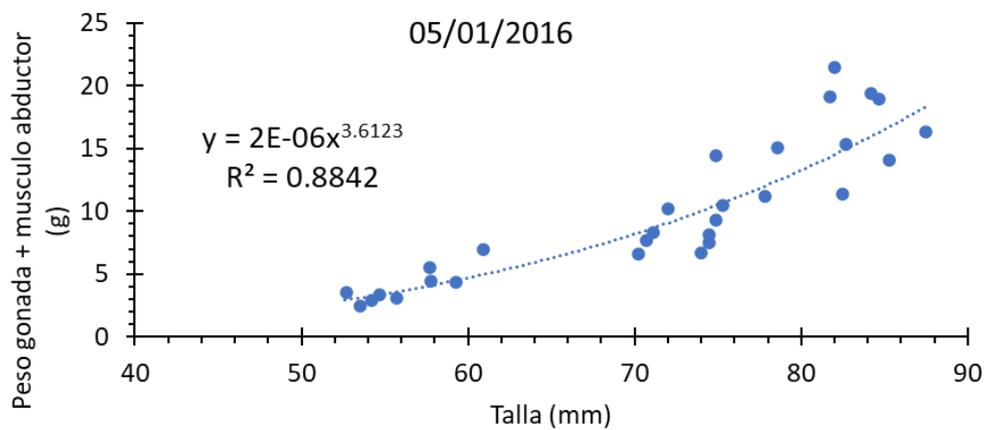
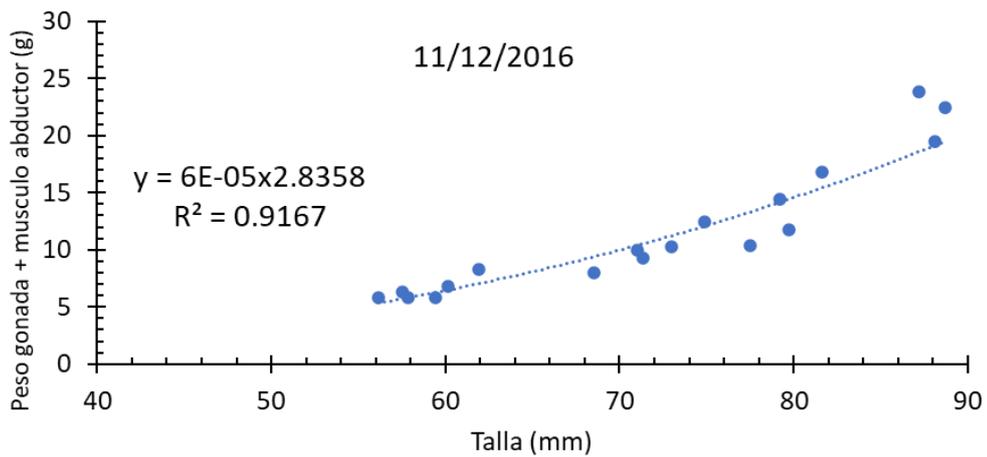
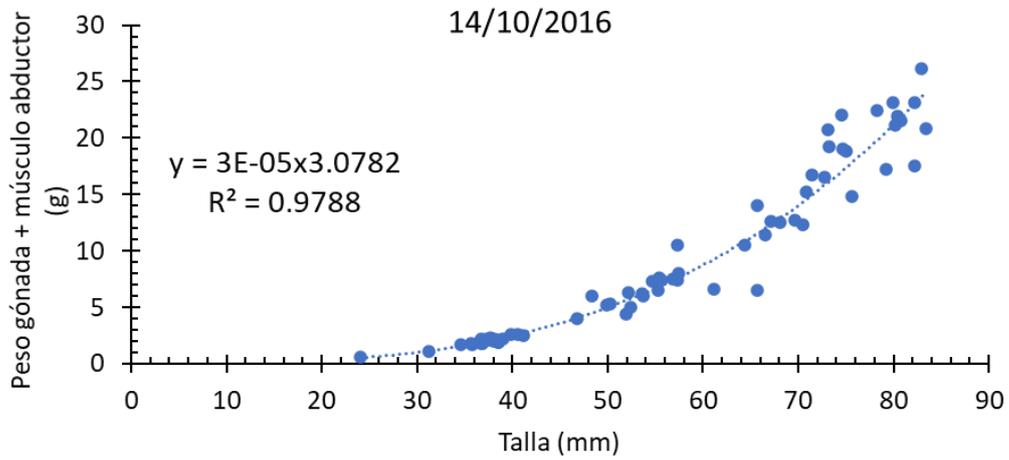
Zuta, S. & O.G. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú (2). p: 157-324

VIII. ANEXOS

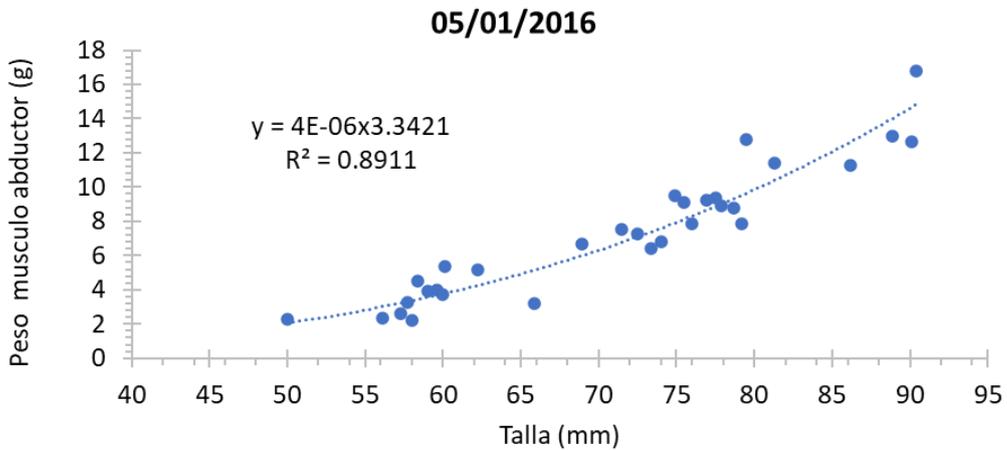
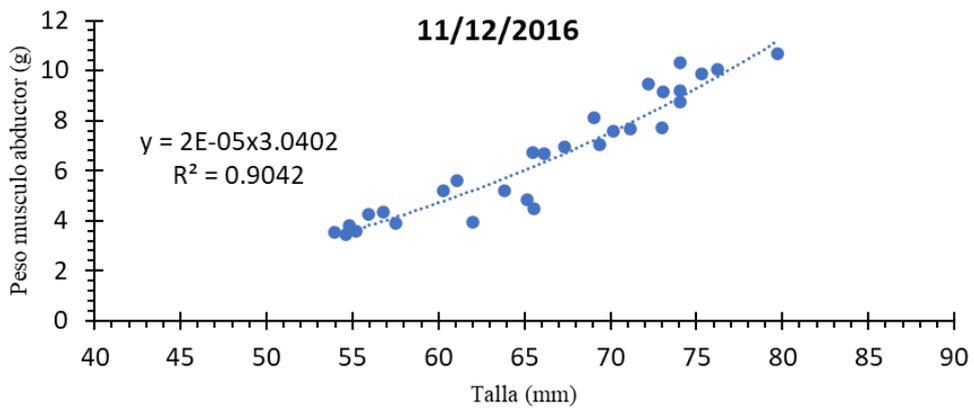
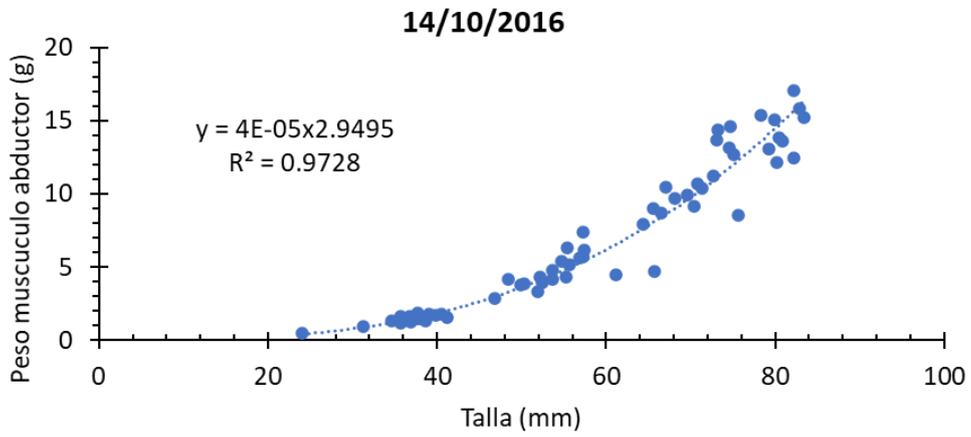
Anexo 1. Relación peso músculo abductor- talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 10 ind/piso según fecha de evaluación.



Anexo 2. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 10 ind/piso según fecha de evaluación.

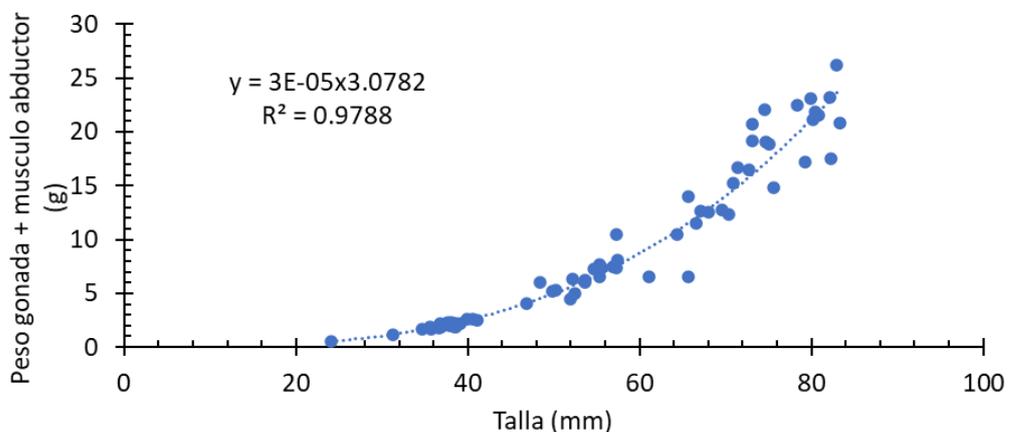


Anexo 3. Relación peso músculo abductor - talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 20 ind/piso según fecha de evaluación.

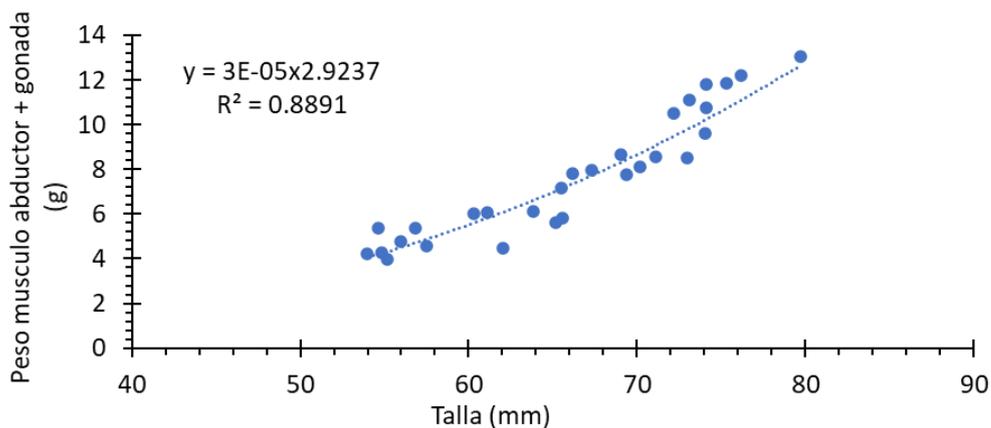


Anexo 4. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 20 ind/piso según fecha de evaluación.

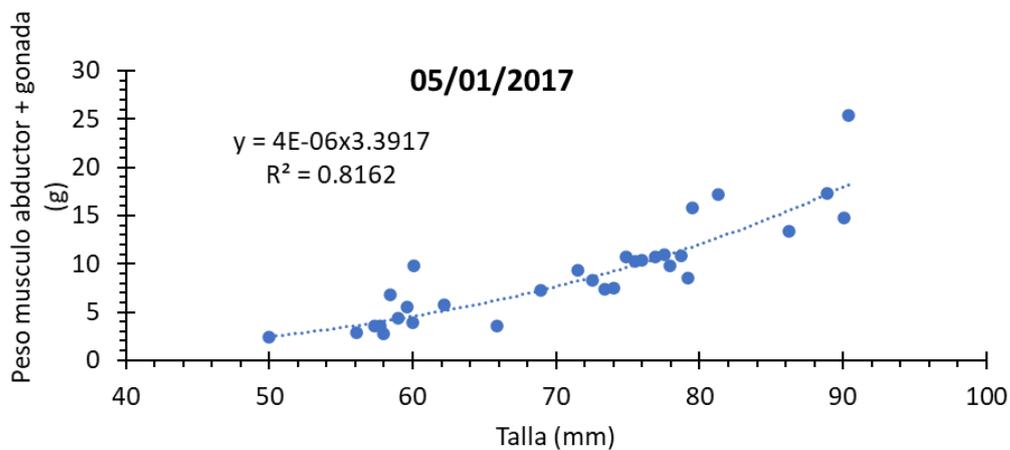
14/10/2016



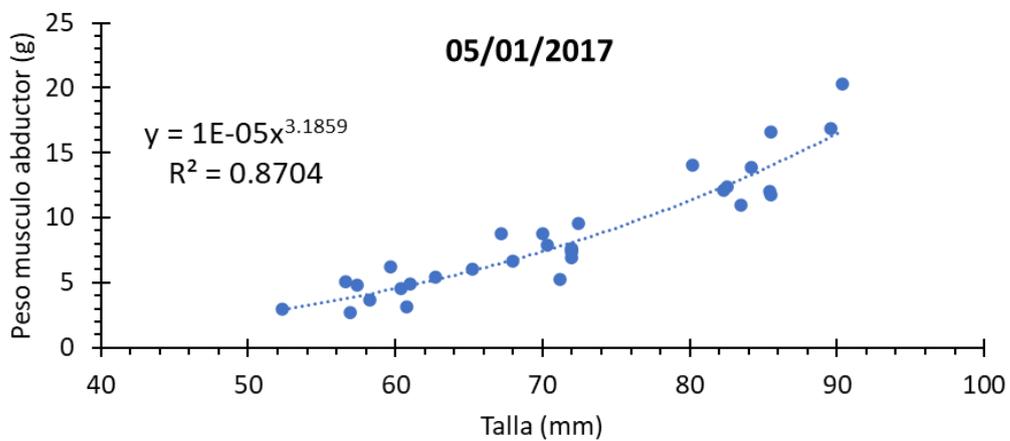
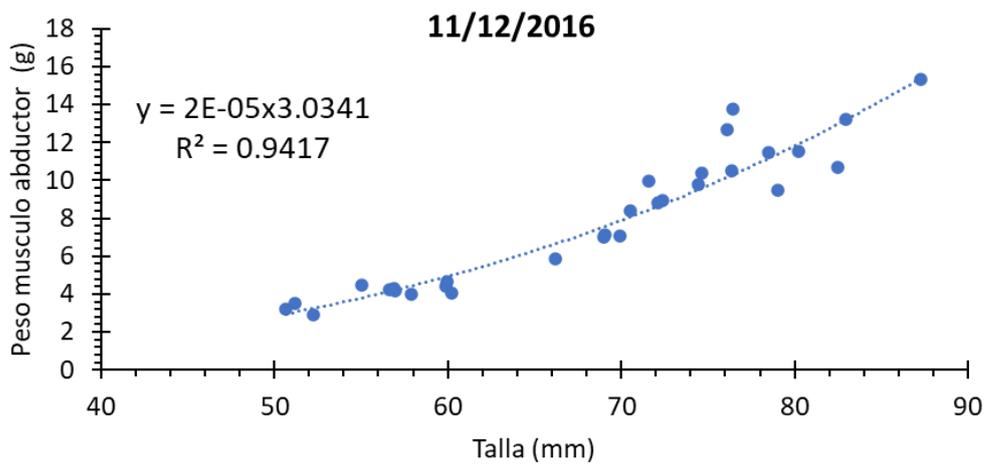
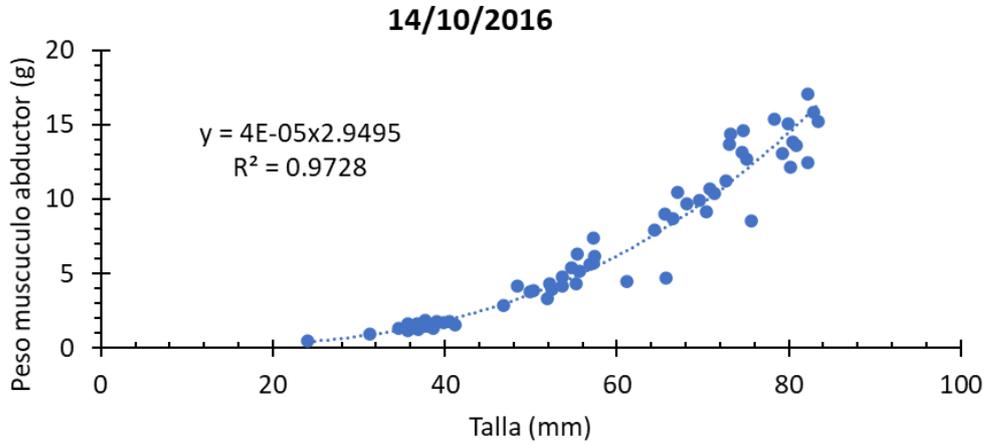
11/12/2016



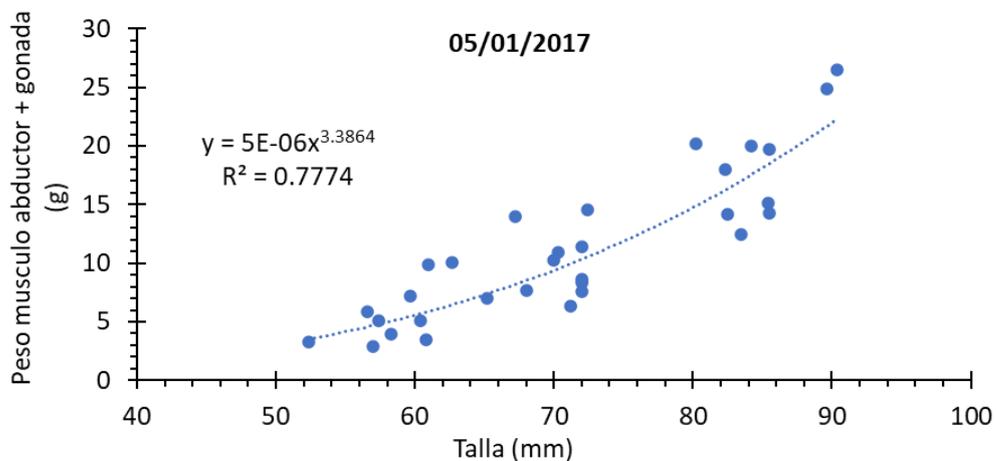
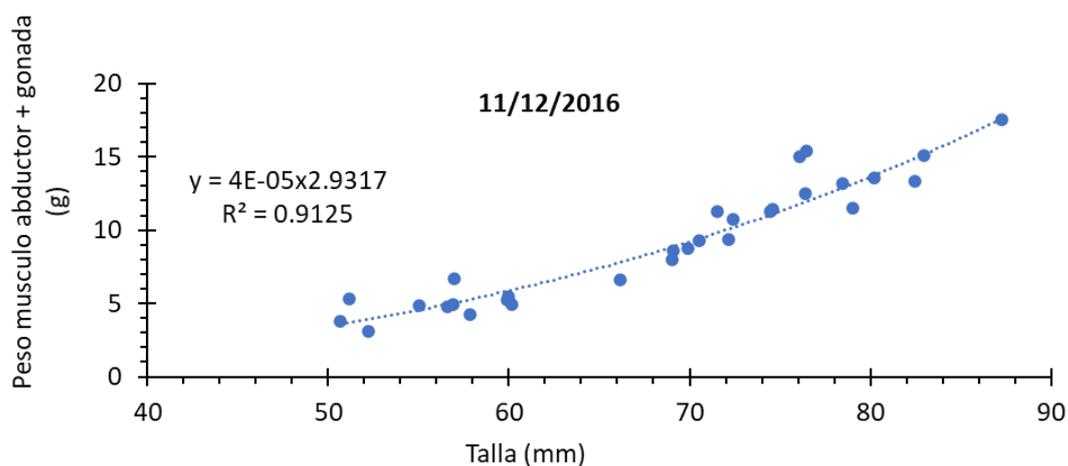
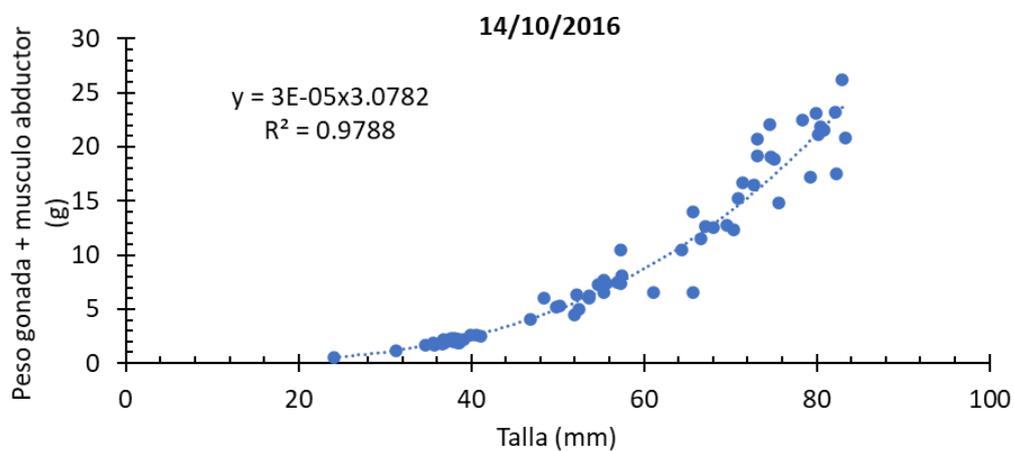
05/01/2017



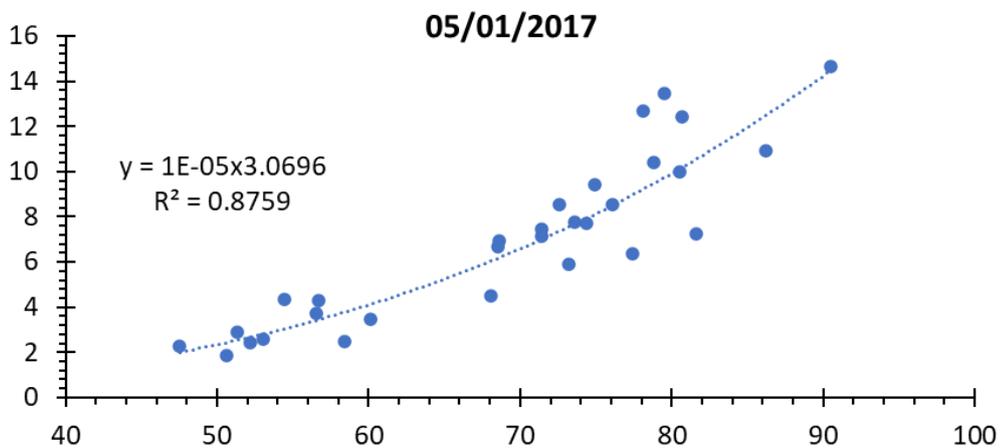
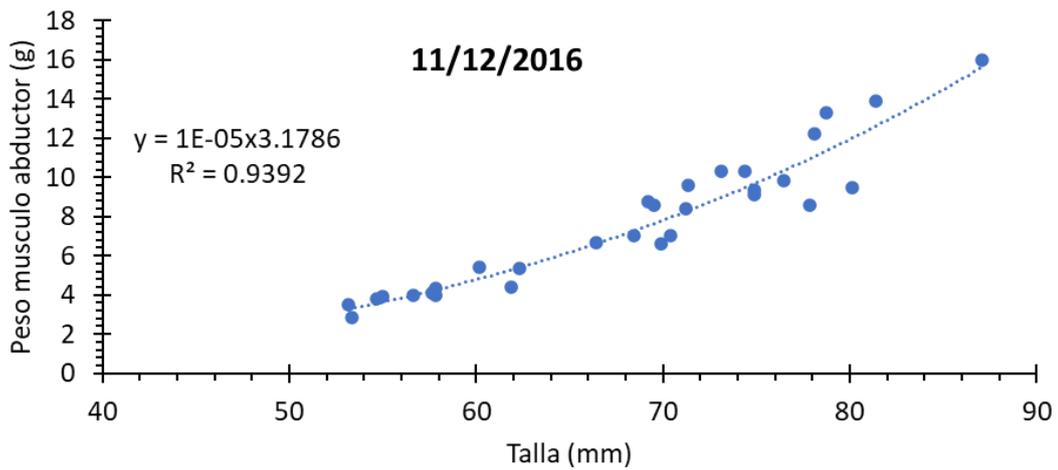
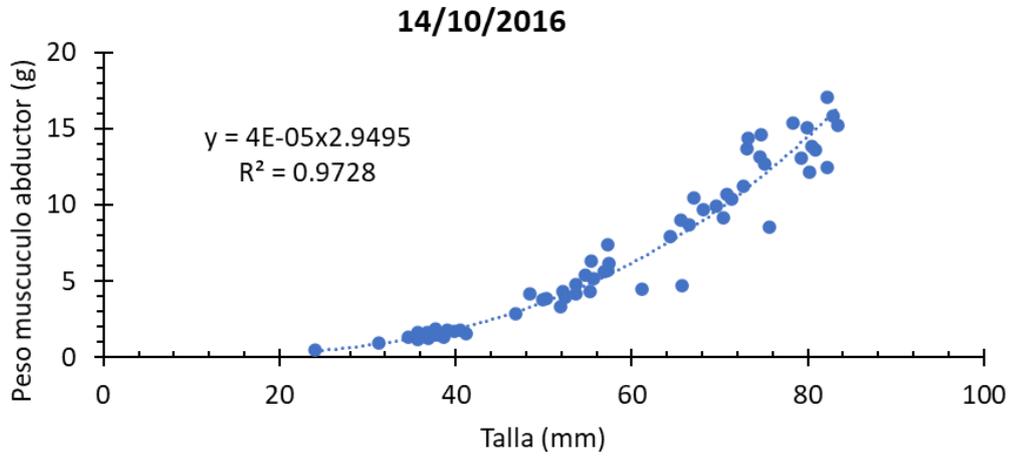
Anexo 5. Relación peso músculo abductor - talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 40 ind/piso según fecha de evaluación.



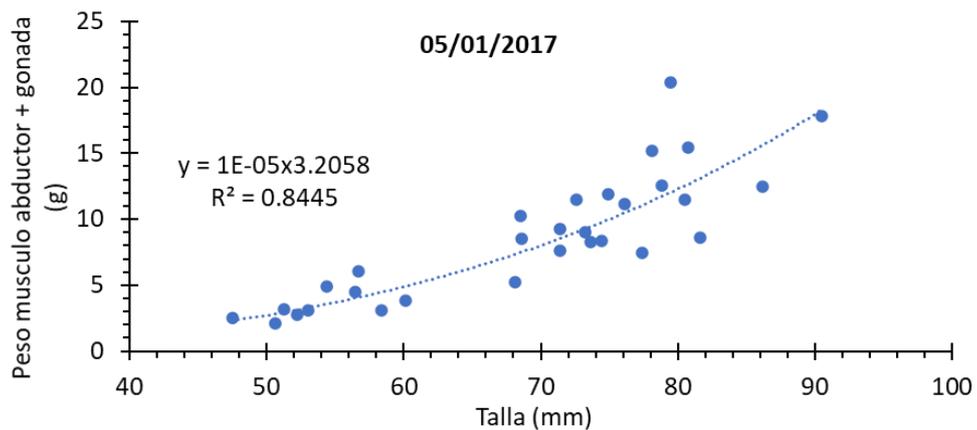
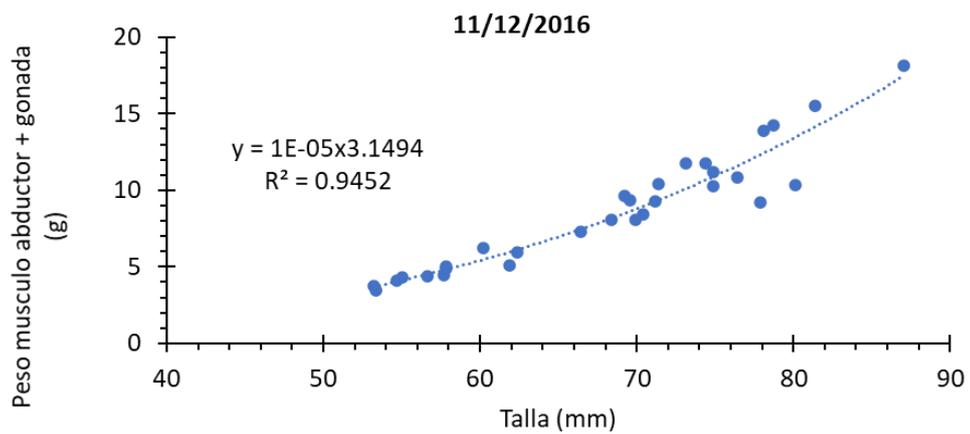
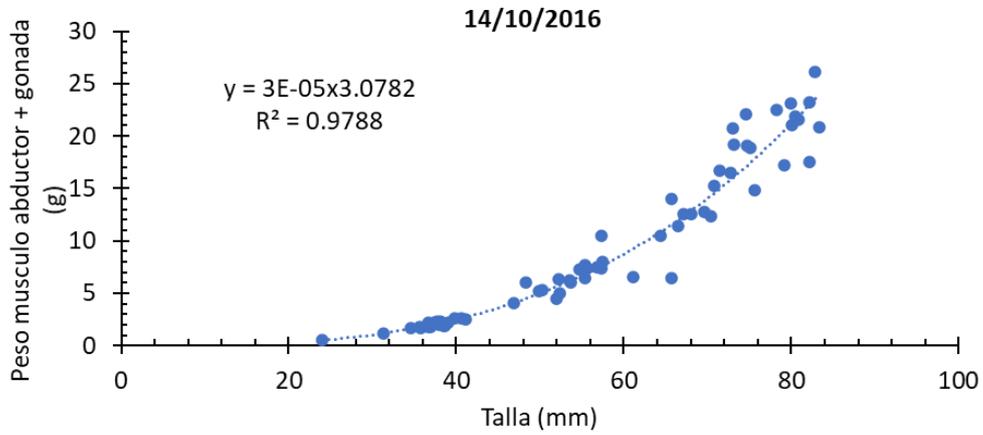
Anexo 6. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 40 ind/piso según fecha de evaluación.



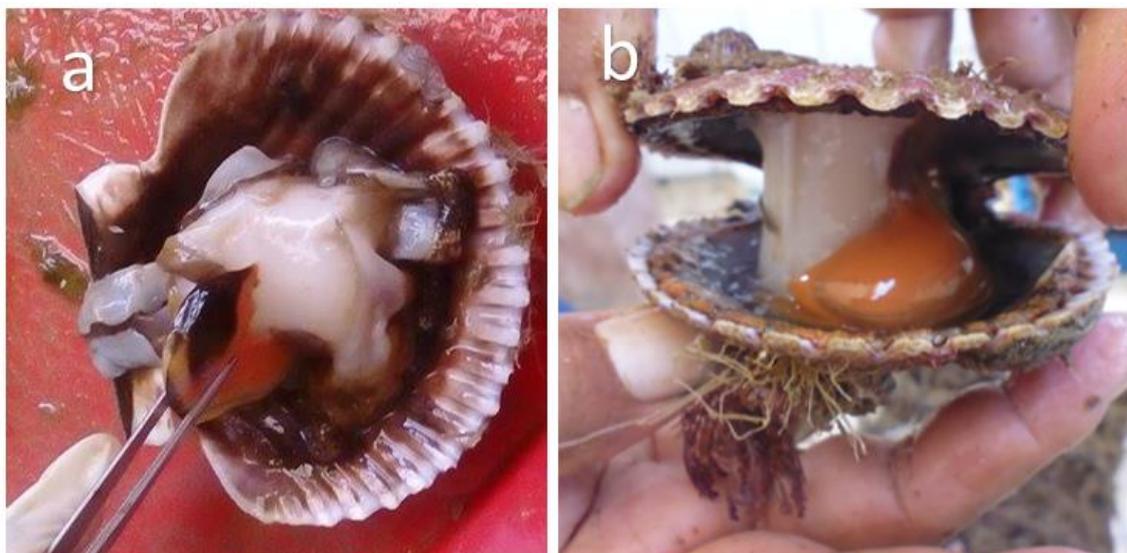
Anexo 7. Relación peso músculo abductor - talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 60 ind/piso según fecha de evaluación.



Anexo 8. Relación peso músculo abductor + gónada - talla de Adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a una densidad de 60 ind/piso según fecha de evaluación.



Anexo 9. Muestra de coloración de gónadas de individuos adultos *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.



Anexo 10. Precio de venta de músculo abductor según código obtenido mediante entrevistas a jefes de campo y empresarios.

| Músculo abductor | | | | |
|------------------|--------------------------|--------------|-------------|------------------------|
| CODIGO | N° piezas promedio/Libra | S. Chiri (1) | L. Ysla (2) | Precio promedio (US\$) |
| .10-20 | 15 | 14.26 | 19.20 | 16.73 |
| .20-30 | 25 | 13.33 | 19.20 | 16.26 |
| .30-40 | 35 | 12.4 | 18.58 | 15.49 |
| .40-50 | 45 | 11.78 | 17.96 | 14.87 |
| .50-60 | 55 | 11.16 | 17.34 | 14.25 |
| .60-80 | 70 | 10.54 | 15.17 | 12.86 |
| .80-100 | 90 | 8.06 | 13.31 | 10.69 |
| .100-120 | 110 | 4.96 | 14.86 | 9.91 |

(1) Jefe de producción de empresa privada situada en Playa Atenas.

(2) Investigador y empresario con producción situada en Sechura.

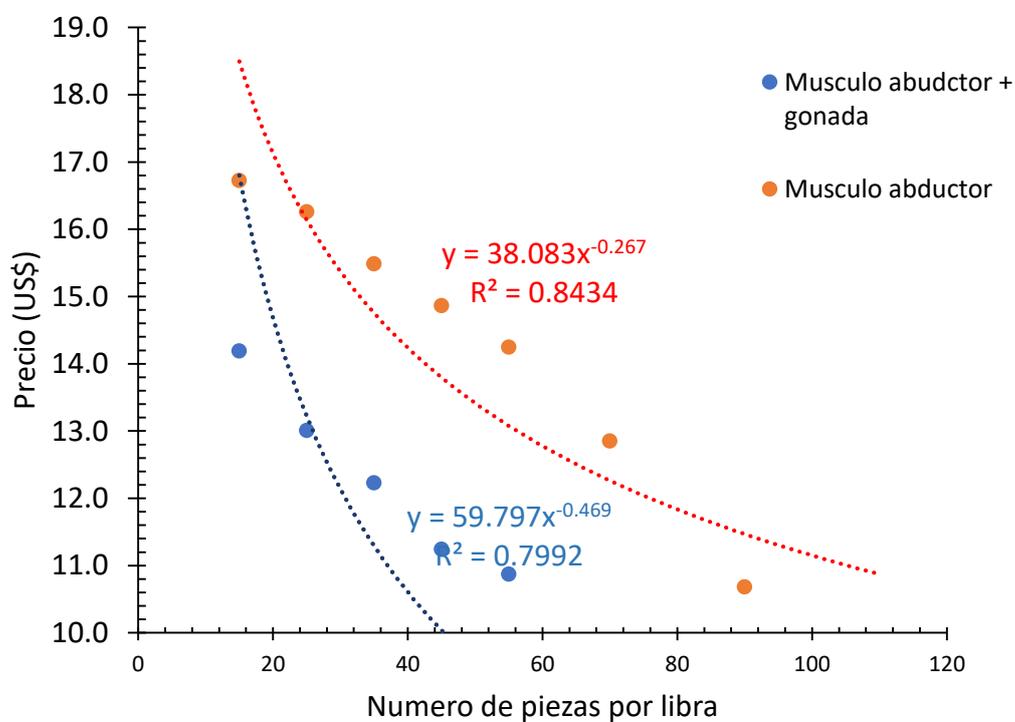
Anexo 11. Precio de músculo abductor + gónadas según código obtenido mediante entrevistas a jefes de campo y empresarios.

| Músculo abductor + gónada | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|--------------|----------------------|-------------|------------------------|
| CODIGO | N° piezas promedio/ Libra | S. Chirl (1) | Mendo et all..(2010) | L. Ysla (2) | Precio promedio (US\$) |
| 10-20 | 15 | 13.10 | 14 | 15.48 | 14.19 |
| 20-30 | 25 | 12.79 | 12 | 14.24 | 13.01 |
| 30-40 | 35 | 12.57 | 10.5 | 13.62 | 12.23 |
| 40-50 | 45 | 11.24 | 9.5 | 13.00 | 11.25 |
| 50-60 | 55 | 11.24 | 9 | 12.38 | 10.87 |
| 60-80 | 70 | 9.7 | | | 9.70 |
| 80-100 | 90 | 6.19 | | | 6.19 |
| 100-120 | 110 | 5.42 | | | 5.42 |

(1) Jefe de producción empresa privada situada en Playa Atenas

(2) Investigador y empresario con producción situada en Sechura.

Anexo 12. Coeficientes de la relación entre el número de piezas y el precio sea para músculo abductor o músculo abductor + gónada.



Anexo 13. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos sometidos a una densidad de 10 ind/piso.

| Edad (mes) | Edad (años) | Talla (mm) | Peso músculo abductor (gr) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa (Kg) | Código (Piezas /libra) | Precio (US\$/Libra) | Valor de la producción (US\$) |
|------------|-------------|------------|----------------------------|-----------------------------|--------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.00 | 0.12 | 9600000 | 1171 | 3717.8 | 4.24 | 10951 |
| 3 | 0.25 | 31.47 | 1.21 | 9118761 | 11057 | 374.1 | 7.83 | 190854 |
| 4 | 0.33 | 44.31 | 3.50 | 8661646 | 30314 | 129.6 | 10.39 | 694424 |
| 5 | 0.42 | 54.31 | 6.58 | 8227446 | 54106 | 69.0 | 12.30 | 1466790 |
| 6 | 0.50 | 62.11 | 9.96 | 7815012 | 77873 | 45.5 | 13.74 | 2358861 |
| 7 | 0.58 | 68.18 | 13.31 | 7423253 | 98770 | 34.1 | 14.84 | 3231976 |
| 8 | 0.67 | 72.91 | 16.38 | 7051132 | 115509 | 27.7 | 15.69 | 3995551 |
| 9 | 0.75 | 76.60 | 19.09 | 6697666 | 127848 | 23.8 | 16.34 | 4606642 |
| 10 | 0.83 | 79.48 | 21.40 | 6361918 | 136122 | 21.2 | 16.85 | 5056565 |
| 11 | 0.92 | 81.72 | 23.32 | 6043001 | 140927 | 19.5 | 17.24 | 5356824 |
| 12 | 1.00 | 83.46 | 24.90 | 5740071 | 142922 | 18.2 | 17.55 | 5528494 |
| 13 | 1.08 | 84.82 | 26.18 | 5452327 | 142731 | 17.3 | 17.78 | 5595427 |
| 14 | 1.17 | 85.88 | 27.20 | 5179007 | 140894 | 16.7 | 17.97 | 5580470 |
| 15 | 1.25 | 86.71 | 28.02 | 4919388 | 137860 | 16.2 | 18.11 | 5503693 |
| 16 | 1.33 | 87.35 | 28.67 | 4672784 | 133985 | 15.8 | 18.22 | 5381805 |
| 17 | 1.42 | 87.85 | 29.19 | 4438542 | 129546 | 15.5 | 18.31 | 5228222 |
| 18 | 1.50 | 88.24 | 29.59 | 4216042 | 124756 | 15.3 | 18.37 | 5053436 |
| 19 | 1.58 | 88.55 | 29.91 | 4004696 | 119774 | 15.2 | 18.43 | 4865480 |
| 20 | 1.67 | 88.78 | 30.16 | 3803944 | 114717 | 15.0 | 18.47 | 4670398 |
| 21 | 1.75 | 88.97 | 30.35 | 3613256 | 109671 | 14.9 | 18.50 | 4472664 |
| 22 | 1.83 | 89.11 | 30.51 | 3432127 | 104698 | 14.9 | 18.52 | 4275534 |
| 23 | 1.92 | 89.23 | 30.62 | 3260078 | 99838 | 14.8 | 18.54 | 4081335 |
| 24 | 2.00 | 89.31 | 30.72 | 3096653 | 95122 | 14.8 | 18.56 | 3891690 |

Anexo 14. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+gónada para los individuos sometidos a una densidad de 10 ind/piso.

| Edad (mes) | Edad (años) | Talla (mm) | Peso músculo abductor + gónada (gr) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa (Kg) | Codigo (Piezas /libra) | Precio (US\$/Libra) | Valor de la producción (US\$) |
|------------|-------------|------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.00 | 0.2 | 9600000 | 1598 | 2725.3 | 1.46 | 5156 |
| 3 | 0.25 | 31.47 | 1.8 | 9118761 | 15965 | 259.1 | 4.41 | 155341 |
| 4 | 0.33 | 44.31 | 5.2 | 8661646 | 44935 | 87.4 | 7.35 | 727667 |
| 5 | 0.42 | 54.31 | 9.9 | 8227446 | 81463 | 45.8 | 9.95 | 1786353 |
| 6 | 0.50 | 62.11 | 15.2 | 7815012 | 118460 | 29.9 | 12.15 | 3171892 |
| 7 | 0.58 | 68.18 | 20.4 | 7423253 | 151327 | 22.3 | 13.96 | 4656009 |
| 8 | 0.67 | 72.91 | 25.2 | 7051132 | 177886 | 18.0 | 15.42 | 6048549 |
| 9 | 0.75 | 76.60 | 29.5 | 6697666 | 197634 | 15.4 | 16.60 | 7232491 |
| 10 | 0.83 | 79.48 | 33.2 | 6361918 | 211020 | 13.7 | 17.54 | 8157816 |
| 11 | 0.92 | 81.72 | 36.2 | 6043001 | 218934 | 12.5 | 18.28 | 8821453 |
| 12 | 1.00 | 83.46 | 38.7 | 5740071 | 222394 | 11.7 | 18.86 | 9247373 |
| 13 | 1.08 | 84.82 | 40.8 | 5452327 | 222372 | 11.1 | 19.32 | 9471736 |
| 14 | 1.17 | 85.88 | 42.4 | 5179007 | 219720 | 10.7 | 19.68 | 9533451 |
| 15 | 1.25 | 86.71 | 43.7 | 4919388 | 215145 | 10.4 | 19.96 | 9468985 |
| 16 | 1.33 | 87.35 | 44.8 | 4672784 | 209216 | 10.1 | 20.18 | 9309988 |
| 17 | 1.42 | 87.85 | 45.6 | 4438542 | 202374 | 9.9 | 20.36 | 9082628 |
| 18 | 1.50 | 88.24 | 46.2 | 4216042 | 194957 | 9.8 | 20.49 | 8807810 |
| 19 | 1.58 | 88.55 | 46.8 | 4004696 | 187221 | 9.7 | 20.60 | 8501820 |
| 20 | 1.67 | 88.78 | 47.1 | 3803944 | 179354 | 9.6 | 20.68 | 8177087 |
| 21 | 1.75 | 88.97 | 47.5 | 3613256 | 171493 | 9.6 | 20.74 | 7842931 |
| 22 | 1.83 | 89.11 | 47.7 | 3432127 | 163735 | 9.5 | 20.79 | 7506225 |
| 23 | 1.92 | 89.23 | 47.9 | 3260078 | 156150 | 9.5 | 20.83 | 7171953 |
| 24 | 2.00 | 89.31 | 48.0 | 3096653 | 148785 | 9.4 | 20.86 | 6843651 |

Anexo 15. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos sometidos a una densidad de 20 ind/piso

| Edad (mes) | Edad (años) | Lt (mm) | Peso Cayo (g) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa (Kg) | Codigo (Piezas /libra) | Precio (US\$/Libra) | Valor de la produccion (US\$) |
|-------------------|--------------------|----------------|----------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.0 | 0.10 | 9600000 | 933 | 4669.4 | 3.99 | 8204 |
| 3 | 0.25 | 31.7 | 1.00 | 9152321 | 9146 | 453.9 | 7.44 | 149930 |
| 4 | 0.33 | 44.5 | 2.85 | 8725518 | 24891 | 159.0 | 9.84 | 539923 |
| 5 | 0.42 | 54.1 | 5.26 | 8318618 | 43791 | 86.2 | 11.59 | 1118693 |
| 6 | 0.50 | 61.5 | 7.83 | 7930694 | 62068 | 58.0 | 12.88 | 1762664 |
| 7 | 0.58 | 67.1 | 10.26 | 7560860 | 77592 | 44.2 | 13.85 | 2368887 |
| 8 | 0.67 | 71.4 | 12.43 | 7208272 | 89575 | 36.5 | 14.57 | 2878083 |
| 9 | 0.75 | 74.6 | 14.27 | 6872127 | 98038 | 31.8 | 15.12 | 3268296 |
| 10 | 0.83 | 77.1 | 15.78 | 6551657 | 103403 | 28.7 | 15.54 | 3541387 |
| 11 | 0.92 | 78.9 | 17.01 | 6246132 | 106227 | 26.7 | 15.85 | 3711382 |
| 12 | 1.00 | 80.4 | 17.98 | 5954854 | 107067 | 25.2 | 16.09 | 3796708 |
| 13 | 1.08 | 81.4 | 18.74 | 5677160 | 106415 | 24.2 | 16.27 | 3815810 |
| 14 | 1.17 | 82.3 | 19.34 | 5412415 | 104679 | 23.5 | 16.40 | 3785075 |
| 15 | 1.25 | 82.9 | 19.80 | 5160017 | 102181 | 22.9 | 16.51 | 3718103 |
| 16 | 1.33 | 83.4 | 20.16 | 4919388 | 99169 | 22.5 | 16.58 | 3625707 |
| 17 | 1.42 | 83.7 | 20.43 | 4689981 | 95828 | 22.2 | 16.64 | 3516227 |
| 18 | 1.50 | 84.0 | 20.64 | 4471272 | 92298 | 22.0 | 16.69 | 3395953 |
| 19 | 1.58 | 84.2 | 20.80 | 4262762 | 88679 | 21.8 | 16.72 | 3269544 |
| 20 | 1.67 | 84.4 | 20.93 | 4063975 | 85042 | 21.7 | 16.75 | 3140393 |
| 21 | 1.75 | 84.5 | 21.02 | 3874459 | 81439 | 21.6 | 16.77 | 3010937 |
| 22 | 1.83 | 84.6 | 21.09 | 3693780 | 77905 | 21.5 | 16.79 | 2882892 |
| 23 | 1.92 | 84.7 | 21.15 | 3521527 | 74464 | 21.5 | 16.80 | 2757444 |
| 24 | 2.00 | 84.7 | 21.19 | 3357307 | 71131 | 21.4 | 16.81 | 2635388 |

Anexo 16. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+gónada para los individuos sometidos a una densidad de 20 ind/piso

| Edad (mes) | Edad (años) | Talla (mm) | Peso músculo abductor + gónada (gr) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa (Kg) | Código (Piezas /libra) | Precio (US\$/Libra) | Valor de la producción (US\$) |
|------------|-------------|------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.00 | 0.1 | 9600000 | 986 | 4416.1 | 1.46 | 3182 |
| 3 | 0.25 | 31.73 | 1.0 | 9152321 | 9570 | 433.8 | 4.41 | 93114 |
| 4 | 0.33 | 44.46 | 3.1 | 8725518 | 26628 | 148.6 | 7.35 | 431207 |
| 5 | 0.42 | 54.14 | 5.8 | 8318618 | 48017 | 78.6 | 9.95 | 1052945 |
| 6 | 0.50 | 61.50 | 8.8 | 7930694 | 69667 | 51.6 | 12.15 | 1865417 |
| 7 | 0.58 | 67.10 | 11.8 | 7560860 | 88956 | 38.6 | 13.96 | 2736996 |
| 8 | 0.67 | 71.36 | 14.5 | 7208272 | 104642 | 31.2 | 15.42 | 3558095 |
| 9 | 0.75 | 74.59 | 16.9 | 6872127 | 116433 | 26.8 | 16.60 | 4260903 |
| 10 | 0.83 | 77.06 | 19.0 | 6551657 | 124573 | 23.9 | 17.54 | 4815878 |
| 11 | 0.92 | 78.93 | 20.7 | 6246132 | 129562 | 21.9 | 18.28 | 5220392 |
| 12 | 1.00 | 80.35 | 22.2 | 5954854 | 131970 | 20.5 | 18.86 | 5487453 |
| 13 | 1.08 | 81.44 | 23.3 | 5677160 | 132348 | 19.5 | 19.32 | 5637244 |
| 14 | 1.17 | 82.26 | 24.2 | 5412415 | 131179 | 18.7 | 19.68 | 5691730 |
| 15 | 1.25 | 82.89 | 25.0 | 5160017 | 128866 | 18.2 | 19.96 | 5671646 |
| 16 | 1.33 | 83.36 | 25.6 | 4919388 | 125734 | 17.7 | 20.18 | 5595103 |
| 17 | 1.42 | 83.73 | 26.0 | 4689981 | 122039 | 17.4 | 20.36 | 5477166 |
| 18 | 1.50 | 84.00 | 26.4 | 4471272 | 117976 | 17.2 | 20.49 | 5329942 |
| 19 | 1.58 | 84.21 | 26.7 | 4262762 | 113694 | 17.0 | 20.60 | 5162923 |
| 20 | 1.67 | 84.37 | 26.9 | 4063975 | 109305 | 16.9 | 20.68 | 4983407 |
| 21 | 1.75 | 84.49 | 27.1 | 3874459 | 104889 | 16.8 | 20.74 | 4796909 |
| 22 | 1.83 | 84.58 | 27.2 | 3693780 | 100505 | 16.7 | 20.79 | 4607539 |
| 23 | 1.92 | 84.66 | 27.3 | 3521527 | 96197 | 16.6 | 20.83 | 4418308 |
| 24 | 2.00 | 84.71 | 27.4 | 3357307 | 91993 | 16.6 | 20.86 | 4231389 |

Anexo 17. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos sometidos a una densidad de 40 ind/piso

| Edad (mes) | Edad(años) | Lt (mm) | Peso Cayo (g) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa (Kg) | Codigo (Piezas /libra) | Precio (dolares/libra) | Valor de la producción (US\$) |
|------------|------------|---------|---------------|-----------------------------|--------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.00 | 0.09 | 9600000 | 881 | 4942.8 | 4.24 | 8237 |
| 3 | 0.25 | 30.53 | 0.81 | 9110390 | 7339 | 563.1 | 7.83 | 126679 |
| 4 | 0.33 | 42.54 | 2.22 | 8645752 | 19191 | 204.4 | 10.39 | 439619 |
| 5 | 0.42 | 51.82 | 4.06 | 8204810 | 33290 | 111.8 | 12.30 | 902489 |
| 6 | 0.50 | 58.99 | 6.03 | 7786356 | 46956 | 75.2 | 13.74 | 1422336 |
| 7 | 0.58 | 64.53 | 7.94 | 7389244 | 58641 | 57.2 | 14.84 | 1918875 |
| 8 | 0.67 | 68.82 | 9.66 | 7012386 | 67737 | 47.0 | 15.69 | 2343069 |
| 9 | 0.75 | 72.13 | 11.15 | 6654747 | 74217 | 40.7 | 16.34 | 2674199 |
| 10 | 0.83 | 74.69 | 12.41 | 6315348 | 78357 | 36.6 | 16.85 | 2910743 |
| 11 | 0.92 | 76.67 | 13.44 | 5993259 | 80550 | 33.7 | 17.24 | 3061797 |
| 12 | 1.00 | 78.20 | 14.28 | 5687597 | 81200 | 31.8 | 17.55 | 3140983 |
| 13 | 1.08 | 79.39 | 14.95 | 5397524 | 80677 | 30.3 | 17.78 | 3162752 |
| 14 | 1.17 | 80.30 | 15.48 | 5122245 | 79289 | 29.3 | 17.97 | 3140455 |
| 15 | 1.25 | 81.01 | 15.90 | 4861005 | 77288 | 28.5 | 18.11 | 3085520 |
| 16 | 1.33 | 81.55 | 16.23 | 4613089 | 74869 | 27.9 | 18.22 | 3007271 |
| 17 | 1.42 | 81.98 | 16.49 | 4377817 | 72181 | 27.5 | 18.31 | 2913068 |
| 18 | 1.50 | 82.30 | 16.69 | 4154544 | 69336 | 27.2 | 18.37 | 2808574 |
| 19 | 1.58 | 82.55 | 16.85 | 3942658 | 66419 | 26.9 | 18.43 | 2698066 |
| 20 | 1.67 | 82.75 | 16.97 | 3741579 | 63487 | 26.7 | 18.47 | 2584712 |
| 21 | 1.75 | 82.90 | 17.06 | 3550755 | 60586 | 26.6 | 18.50 | 2470822 |
| 22 | 1.83 | 83.02 | 17.14 | 3369663 | 57743 | 26.5 | 18.52 | 2358052 |
| 23 | 1.92 | 83.11 | 17.19 | 3197806 | 54980 | 26.4 | 18.54 | 2247559 |
| 24 | 2.00 | 83.18 | 17.24 | 3034715 | 52310 | 26.3 | 18.56 | 2140132 |

Anexo 18. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+gónada para los individuos sometidos a una densidad de 40 ind/piso

| Edad (mes) | Edad (años) | Talla (mm) | Peso músculo abductor + gónada (gr) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa MA (Kg) | Codigo (Piezas /libra) | Precio (US\$/Libra) | Valor de la produccion (US\$) |
|------------|-------------|------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.00 | 0.1 | 9600000 | 1158 | 3759.2 | 1.46 | 3738 |
| 3 | 0.25 | 30.53 | 1.2 | 9110390 | 11198 | 369.0 | 4.41 | 108956 |
| 4 | 0.33 | 42.54 | 3.6 | 8645752 | 31025 | 126.4 | 7.35 | 502413 |
| 5 | 0.42 | 51.82 | 6.8 | 8204810 | 55700 | 66.8 | 9.95 | 1221421 |
| 6 | 0.50 | 58.99 | 10.3 | 7786356 | 80454 | 43.9 | 12.15 | 2154240 |
| 7 | 0.58 | 64.53 | 13.8 | 7389244 | 102267 | 32.8 | 13.96 | 3146550 |
| 8 | 0.67 | 68.82 | 17.1 | 7012386 | 119757 | 26.6 | 15.42 | 4072021 |
| 9 | 0.75 | 72.13 | 19.9 | 6654747 | 132645 | 22.8 | 16.60 | 4854216 |
| 10 | 0.83 | 74.69 | 22.4 | 6315348 | 141274 | 20.3 | 17.54 | 5461515 |
| 11 | 0.92 | 76.67 | 24.4 | 5993259 | 146262 | 18.6 | 18.28 | 5893285 |
| 12 | 1.00 | 78.20 | 26.1 | 5687597 | 148301 | 17.4 | 18.86 | 6166505 |
| 13 | 1.08 | 79.39 | 27.4 | 5397524 | 148046 | 16.5 | 19.32 | 6305902 |
| 14 | 1.17 | 80.30 | 28.5 | 5122245 | 146068 | 15.9 | 19.68 | 6337753 |
| 15 | 1.25 | 81.01 | 29.4 | 4861005 | 142836 | 15.4 | 19.96 | 6286510 |
| 16 | 1.33 | 81.55 | 30.1 | 4613089 | 138728 | 15.1 | 20.18 | 6173299 |
| 17 | 1.42 | 81.98 | 30.6 | 4377817 | 134034 | 14.8 | 20.36 | 6015519 |
| 18 | 1.50 | 82.30 | 31.0 | 4154544 | 128979 | 14.6 | 20.49 | 5827029 |
| 19 | 1.58 | 82.55 | 31.4 | 3942658 | 123729 | 14.5 | 20.60 | 5618592 |
| 20 | 1.67 | 82.75 | 31.6 | 3741579 | 118407 | 14.3 | 20.68 | 5398398 |
| 21 | 1.75 | 82.90 | 31.9 | 3550755 | 113103 | 14.2 | 20.74 | 5172574 |
| 22 | 1.83 | 83.02 | 32.0 | 3369663 | 107880 | 14.2 | 20.79 | 4945618 |
| 23 | 1.92 | 83.11 | 32.1 | 3197806 | 102783 | 14.1 | 20.83 | 4720781 |
| 24 | 2.00 | 83.18 | 32.2 | 3034715 | 97840 | 14.1 | 20.86 | 4500357 |

Anexo 19. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor para los individuos sometidos a una densidad de 60 ind/piso.

| Edad (mes) | Edad(años) | Lt (mm) | Peso Cayo (g) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa (Kg) | Codigo (Piezas /libra) | Precio (dolares/libra) | Valor de la producción (US\$) |
|------------|------------|---------|---------------|-----------------------------|--------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.0 | 0.08 | 9600000 | 775 | 5621.7 | 4.24 | 7242 |
| 3 | 0.25 | 29.5 | 0.64 | 9096457 | 5814 | 709.7 | 7.83 | 100350 |
| 4 | 0.33 | 40.8 | 1.73 | 8619325 | 14947 | 261.6 | 10.39 | 342402 |
| 5 | 0.42 | 49.7 | 3.17 | 8167220 | 25918 | 142.9 | 12.30 | 702618 |
| 6 | 0.50 | 56.7 | 4.75 | 7738830 | 36724 | 95.6 | 13.74 | 1112422 |
| 7 | 0.58 | 62.1 | 6.29 | 7332909 | 46147 | 72.1 | 14.84 | 1510017 |
| 8 | 0.67 | 66.4 | 7.72 | 6948280 | 53645 | 58.8 | 15.69 | 1855616 |
| 9 | 0.75 | 69.8 | 8.98 | 6583826 | 59132 | 50.5 | 16.34 | 2130659 |
| 10 | 0.83 | 72.4 | 10.06 | 6238488 | 62770 | 45.1 | 16.85 | 2331736 |
| 11 | 0.92 | 74.5 | 10.97 | 5911264 | 64832 | 41.4 | 17.24 | 2464348 |
| 12 | 1.00 | 76.1 | 11.71 | 5601204 | 65618 | 38.7 | 17.55 | 2538212 |
| 13 | 1.08 | 77.3 | 12.32 | 5307407 | 65410 | 36.8 | 17.78 | 2564255 |
| 14 | 1.17 | 78.3 | 12.82 | 5029021 | 64456 | 35.4 | 17.97 | 2552938 |
| 15 | 1.25 | 79.1 | 13.21 | 4765236 | 62958 | 34.3 | 18.11 | 2513451 |
| 16 | 1.33 | 79.7 | 13.53 | 4515288 | 61081 | 33.5 | 18.22 | 2453462 |
| 17 | 1.42 | 80.2 | 13.78 | 4278450 | 58951 | 32.9 | 18.31 | 2379136 |
| 18 | 1.50 | 80.6 | 13.98 | 4054035 | 56665 | 32.5 | 18.37 | 2295301 |
| 19 | 1.58 | 80.9 | 14.13 | 3841391 | 54297 | 32.1 | 18.43 | 2205659 |
| 20 | 1.67 | 81.1 | 14.26 | 3639900 | 51901 | 31.8 | 18.47 | 2112998 |
| 21 | 1.75 | 81.3 | 14.36 | 3448979 | 49516 | 31.6 | 18.50 | 2019378 |
| 22 | 1.83 | 81.4 | 14.43 | 3268071 | 47170 | 31.4 | 18.52 | 1926300 |
| 23 | 1.92 | 81.5 | 14.49 | 3096653 | 44884 | 31.3 | 18.54 | 1834833 |
| 24 | 2.00 | 81.6 | 14.54 | 2934226 | 42669 | 31.2 | 18.56 | 1745719 |

Anexo 20. Valores obtenidos del modelo simplificado de Thompson y Bell para determinar la biomasa y valor de producción en base al peso de músculo abductor+gónada para los individuos sometidos a una densidad de 60 ind/piso

| Edad (mes) | Edad (años) | Talla (mm) | Peso músculo abductor + gónada (gr) | Sobrevivientes (individuos) | Biomasa MA (Kg) | Código (Piezas /libra) | Precio (US\$/Libra) | Valor de la producción (US\$) |
|------------|-------------|------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 2 | 0.17 | 15.00 | 0.1 | 9600000 | 799 | 5453.1 | 1.46 | 2577 |
| 3 | 0.25 | 29.46 | 0.9 | 9096457 | 7779 | 530.4 | 4.41 | 75687 |
| 4 | 0.33 | 40.80 | 2.5 | 8619325 | 21610 | 180.9 | 7.35 | 349946 |
| 5 | 0.42 | 49.69 | 4.8 | 8167220 | 38835 | 95.4 | 9.95 | 851598 |
| 6 | 0.50 | 56.65 | 7.2 | 7738830 | 56101 | 62.6 | 12.15 | 1502169 |
| 7 | 0.58 | 62.12 | 9.7 | 7332909 | 71285 | 46.7 | 13.96 | 2193289 |
| 8 | 0.67 | 66.40 | 12.0 | 6948280 | 83418 | 37.8 | 15.42 | 2836397 |
| 9 | 0.75 | 69.76 | 14.0 | 6583826 | 92310 | 32.4 | 16.60 | 3378130 |
| 10 | 0.83 | 72.39 | 15.7 | 6238488 | 98209 | 28.8 | 17.54 | 3796675 |
| 11 | 0.92 | 74.46 | 17.2 | 5911264 | 101556 | 26.4 | 18.28 | 4091969 |
| 12 | 1.00 | 76.08 | 18.4 | 5601204 | 102841 | 24.7 | 18.86 | 4276246 |
| 13 | 1.08 | 77.34 | 19.3 | 5307407 | 102528 | 23.5 | 19.32 | 4367098 |
| 14 | 1.17 | 78.34 | 20.1 | 5029021 | 101019 | 22.6 | 19.68 | 4383116 |
| 15 | 1.25 | 79.12 | 20.7 | 4765236 | 98644 | 21.9 | 19.96 | 4341541 |
| 16 | 1.33 | 79.73 | 21.2 | 4515288 | 95669 | 21.4 | 20.18 | 4257225 |
| 17 | 1.42 | 80.21 | 21.6 | 4278450 | 92298 | 21.0 | 20.36 | 4142365 |
| 18 | 1.50 | 80.59 | 21.9 | 4054035 | 88686 | 20.7 | 20.49 | 4006651 |
| 19 | 1.58 | 80.88 | 22.1 | 3841391 | 84949 | 20.5 | 20.60 | 3857586 |
| 20 | 1.67 | 81.11 | 22.3 | 3639900 | 81174 | 20.3 | 20.68 | 3700860 |
| 21 | 1.75 | 81.29 | 22.4 | 3448979 | 77421 | 20.2 | 20.74 | 3540714 |
| 22 | 1.83 | 81.43 | 22.6 | 3268071 | 73734 | 20.1 | 20.79 | 3380250 |
| 23 | 1.92 | 81.55 | 22.7 | 3096653 | 70144 | 20.0 | 20.83 | 3221692 |
| 24 | 2.00 | 81.63 | 22.7 | 2934226 | 66670 | 20.0 | 20.86 | 3066604 |

Anexo 21. Valores del Análisis de la varianza (ANOVA) obtenido con la tasa de crecimiento (mm/día) de pre adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de los Órganos, Piura

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
|---|------|----------------|-------------------|--------|---------|
| Tasa de crecimiento (mm/día) | 338 | 0.61 | 0.6 | 37.06 | |
| de Análisis de la Variancia (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 5.71 | 6 | 0.95 | 84.96 | <0.0001 |
| Densidad (tratamiento) | 1.84 | 4 | 0.46 | 41.17 | <0.0001 |
| Muestreos (Bloque) | 3.57 | 2 | 1.79 | 159.41 | <0.0001 |
| Error | 3.71 | 331 | 0.01 | | |
| Total | 9.42 | 337 | | | |

Anexo 22. Resultado de la prueba de comparación de medias (según LSD Fisher) de la tasa de crecimiento de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

**Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03586
Error: 0.0112 gl: 331**

| Densidad (ind/piso) | Medias | n | E.E. | |
|---------------------|--------|----|------|---|
| 100 | 0.38 | 66 | 0.01 | A |
| 200 | 0.33 | 71 | 0.01 | B |
| 400 | 0.29 | 71 | 0.01 | C |
| 600 | 0.2 | 68 | 0.01 | D |
| 800 | 0.18 | 62 | 0.01 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 23. Resultados del Análisis de variancia (ANOVA) obtenido con mortalidad de pre adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de los Organos, Piura.

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------|----|----------------|-------------------|-------|
| % MORTALIDAD | 75 | 0.83 | 0.81 | 50.03 |

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-----------------|----------|----|---------|-------|---------|
| Modelo. | 36892.59 | 8 | 4611.57 | 39.31 | <0.0001 |
| DENSIDAD | 4749.05 | 4 | 1187.26 | 10.12 | <0.0001 |
| FECHA | 32143.54 | 4 | 8035.88 | 68.51 | <0.0001 |
| Error | 7741.92 | 66 | 117.3 | | |
| Total | 44634.5 | 74 | | | |

Anexo 24. Resultado de la prueba de comparación de medias (según LSD Fisher) del % de mortalidad de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.89596

Error: 117.3018 gl: 66

| DENSIDAD | Medias | n | E.E. | | |
|------------|--------|----|------|---|---|
| 100 | 12.27 | 15 | 2.8 | A | |
| 200 | 13.83 | 15 | 2.8 | A | B |
| 400 | 20.8 | 15 | 2.8 | | B |
| 600 | 29.26 | 15 | 2.8 | | C |
| 800 | 32.08 | 15 | 2.8 | | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 25. Valores del Análisis de variancia (ANOVA) obtenidos con la tasa de crecimiento de la primera evaluación (11/11/2016) del experimento de adultos en *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---|------|-----|----------|--------|---------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 5.07 | 5 | 1.01 | 231.28 | <0.0001 |
| Rango Tall | 4.74 | 2 | 2.37 | 540.38 | <0.0001 |
| Densidad | 0.25 | 3 | 0.08 | 19 | <0.0001 |
| Error | 1.11 | 254 | 4.40E-03 | | |
| Total | 6.18 | 259 | | | |

Anexo 26. Resultado de la prueba de comparación de medias para la primera evaluación (del 14/10/16 al 11/11/16) (según LSD Fisher) de la tasa de crecimiento de adultos de *A. purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura.

| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.02430 | | | | | | |
|--|--------|----|------|---|---|---|
| Error: 0.0044 gl: 254 | | | | | | |
| Densidad | Medias | n | E.E. | | | |
| 10 | 0.26 | 78 | 0.01 | A | | |
| 20 | 0.24 | 80 | 0.01 | | B | |
| 60 | 0.22 | 68 | 0.01 | | B | |
| 40 | 0.16 | 34 | 0.01 | | | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | | |

Anexo 27. Valores del Análisis de variancia (ANOVA) obtenidos con la tasa de crecimiento de la segunda evaluación (10/12/2016) del experimento de adultos en *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---|------|-----|--------|--------|---------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 0.61 | 5 | 0.12 | 74.79 | <0.0001 |
| Densidad | 0.05 | 3 | 0.02 | 10.23 | <0.0001 |
| Rango Tall | 0.54 | 2 | 0.27 | 165.24 | <0.0001 |
| Error | 0.34 | 210 | 0.0016 | | |
| Total | 0.95 | 215 | | | |

Anexo 28. Resultado de la prueba de comparación de medias para la segunda evaluación (10/12/2016) (según LSD Fisher) de la tasa de crecimiento de adultos de *Argopecten purpuratus* sometidos a diferentes densidades en la zona de Los Órganos, Piura

| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01539 | | | | | |
|--|---------------|----------|-------------|----------|----------|
| Error: 0.0016 gl: 210 | | | | | |
| Densidad | Medias | n | E.E. | | |
| 10 | 0.11 | 57 | 0.01 | A | |
| 20 | 0.1 | 50 | 0.01 | A | |
| 60 | 0.09 | 61 | 0.01 | | B |
| 40 | 0.07 | 48 | 0.01 | | B |
| <i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</i> | | | | | |

Anexo 29. Resultados del Análisis de variancia (ANOVA) obtenidos con el porcentaje de individuos muertos de la primera evaluación del experimento de adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos, Piura.

| Variable | N | R² | R² Aj | CV |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|--------------|
| Mortalidad (%) | 36 | 0.33 | 0.22 | 68.48 |

| Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo | 558.36 | 5 | 111.67 | 2.92 | 0.0289 |
| Rango talla | 365.39 | 2 | 182.69 | 4.78 | 0.0158 |
| Densidad | 192.97 | 3 | 64.32 | 1.68 | 0.1917 |
| Error | 1146.61 | 30 | 38.22 | | |
| Total | 1704.97 | 35 | | | |

Anexo 30. Tasa de crecimiento promedio de individuos pre adultos de *Argopecten purpuratus* marcados que fueron sometidos a diferentes densidades en Los Órganos, Piura.

| Fecha | Tasa de crecimiento (mm/día) | | | | |
|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 100 ind/piso | 200 ind/piso | 400 ind/piso | 600 ind/piso | 800 ind/piso |
| 28/10/2016 | 0.52 | 0.50 | 0.43 | 0.32 | 0.25 |
| 22/11/2016 | 0.43 | 0.31 | 0.27 | 0.18 | 0.22 |
| 07/12/2016 | 0.24 | 0.16 | 0.16 | 0.10 | 0.09 |
| 21/12/2016 | 0.02 | 0.02 | 0.12 | 0.02 | 0.01 |
| 08/01/2017 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.00 | 0.02 |
| PROMEDIO | 0.26 | 0.22 | 0.22 | 0.12 | 0.12 |

Anexo 31. Bioincrustaciones alrededor de las valvas de *Argopecten purpuratus* provenientes de la bahía de Sechura



Anexo 32. Pescador artesanal con habilidades de buceo haciendo mantenimiento a las linternas de cultivo.



Anexo 33. Embarcación del gremio utilizada para guardianía y labores en campo.



Anexo 34. Captación de *pteria sterna* en linternas de cultivo y incrustación sobre la valva de *Argopecten purpuratus*.



Anexo 35. Instalación de experimento de pre Adultos de *Argopecten purpuratus* en Los Órganos.



Anexo 36. Voluntarios del Gremio de pescadores “SAN PEDRO DE LOS ORGANOS”, y equipo de profesores de la UNALM.

